



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AGRONÔMICO E
NUTRICIONAL DO SORGO BRS 716 EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS E IDADES DE CORTE NO SEMIÁRIDO
MINEIRO**

ÍCARO DANIEL ALVES DOS SANTOS SOUZA

2021

ÍCARO DANIEL ALVES DOS SANTOS SOUZA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AGRONÔMICO E NUTRICIONAL DO SORGO BRS 716 EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E IDADES DE CORTE NO SEMIÁRIDO MINEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior

Janaúba
2021

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

Souza, Ícaro Daniel Alves dos Santos

S725a Avaliação de desempenho agrônômico e nutricional do
sorgo BRS 716 em diferentes espaçamentos e idades de corte
no semiárido mineiro [manuscrito] / Ícaro Daniel Alves dos
Santos Souza. – 2021.
45 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros –
Janaúba, 2021.

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

1. Biomassa. 2. Silagem. 3. Sorgo Pesquisa. 4. Valor
nutricional. I. Rocha Júnior, Vicente Ribeiro. II. Universidade
Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 636.62

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração-UNIMONTES/PRPG/PPGZ-2021

Montes Claros, 20 de dezembro de 2021.

ÍCARO DANIEL ALVES DOS SANTOS SOUZA

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AGRONÔMICO E NUTRICIONAL DO SORGO BRS 716 EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E IDADES DE CORTE NO SEMIÁRIDO MINEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 17 de dezembro de 2021.

Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior/Presidente /UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/Membro Interno/UNIMONTES

Dr. João Paulo Sampaio Rigueira/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dra. Leidy Darmony de Almeida Rufino/Membro Externo/EPAMIG

JANAÚBA, MINAS GERAIS – BRASIL/2021



Documento assinado eletronicamente por **Vicente Ribeiro Rocha Junior, Professor(a)**, em 20/12/2021, às 11:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leidy Darmony de Almeida Rufino, Usuário Externo**, em 20/12/2021, às 15:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Usuário Externo**, em 20/12/2021, às 15:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Sampaio Rigueira, Professor(a)**, em 20/12/2021, às 17:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do

[Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **39802942** e o código **CRCA3EAC274**.

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA.....	6
RESUMO GERAL.....	7
GENERAL ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
<i>A cultura do sorgo</i>	11
<i>O sorgo biomassa BRS 716</i>	12
<i>Características Agronômicas</i>	3
<i>Características Nutricionais</i>	4
<u>Manejo da cultura do sorgo biomassa para produção de silagem</u>	5
3 REFERÊNCIAS.....	17
4. CAPÍTULO 1 – <u>Avaliação de desempenho agronômico e nutricional do sorgo brs 716 em diferentes espaçamentos e idades de corte no semiárido mineiro</u>	1
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	1
4.1 INTRODUÇÃO.....	2
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.3 RESULTADOS.....	29
4.4 DISCUSSÃO.....	0
4.5 CONCLUSÃO.....	33
4.6 AGRADECIMENTOS.....	33
4.7 REFERÊNCIAS.....	33
5 TABELAS.....	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Semina: Ciências Agrárias.
Link:<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/about/submissions#authorGuidelines>

RESUMO GERAL

SOUZA, Ícaro Daniel Alves Dos Santos. **Avaliação de Desempenho Agrônômico e Nutricional do Sorgo BRS 716 em Diferentes Espaçamentos e Idades de Corte no Semiárido Mineiro.** 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.¹

O sorgo biomassa BRS 716, forrageira de elevada produtividade, é uma excelente opção para produção de forragem em regiões semiáridas. No entanto, estudos sobre o melhor manejo, espaçamento de plantio e idade de corte, para maximizar sua utilização como fonte de alimentos para ruminantes são escassos. Objetivou-se avaliar as características agrônômicas e nutricionais do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idades de corte em região semiárida do Brasil. Foram avaliados três espaçamentos entre linhas de plantio (45, 70 e 90 cm; parcelas) e quatro idades de corte (70, 100, 130 e 160 dias; subparcelas) seguindo o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas 3 x 4, com oito blocos. A área útil da parcela foi de 3 x 15 m. A variação da fertilidade do solo da área foi o fator de blocagem. Houve interação do espaçamento de plantio e as idades de corte estudadas ($P < 0,05$) sobre a altura das plantas ($P=0,01$), produção de matéria seca (PMS; $P < 0,01$) e proporção de material senescente ($P=0,01$). A PMS ($36,61 \text{ t ha}^{-1}$) verificada na idade de 160 dias e espaçamento de 90 cm foi 41,40% superior a PMS verificada na mesma idade e nos espaçamentos de 45 e 70 cm (média de $21,45 \text{ t ha}^{-1}$). À medida que aumentou a idade de corte houve redução no teor de proteína bruta ($P < 0,01$), degradabilidade potencial ($P < 0,01$) e degradabilidade efetiva ($P < 0,01$) da matéria seca e aumentou o teor de carboidratos não fibrosos ($P < 0,01$), nutrientes digestíveis totais ($P < 0,01$) e a fração prontamente solúvel ($P < 0,01$) da matéria seca. Considerando-se as características produtivas e nutricionais do sorgo biomassa BRS 716 manejado na região semiárida, recomenda-se o espaçamento entre linhas de plantio de 90 cm e a idade de corte de 160 dias após o plantio.

Palavras-chave: Altura. Cinética ruminal. Rendimento de matéria seca. *Sorghum bicolor*.

¹Comitê de Orientação: Prof. Vicente Ribeiro Rocha Júnior—Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador). Prof. Flávio Pinto Monção (Bolsista PNP/UNIMONTES) (Co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, Ícaro Daniel Alves Dos Santos. **Evaluation of Agronomic and Nutritional Performance of BRS 716 Sorghum at Different Spacing and Cutting Ages in the Semiarid Region of Minas Gerais.** 2021. Dissertation (Master's Degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil. ¹

The BRS 716 biomass sorghum, a high-yield forage, is excellent choices for forage production in semiarid regions are scarce. This study aimed to evaluate the agronomic and nutritional characteristics of BRS 716 biomass sorghum managed at different planting spacings and cutting ages in a semiarid region of Brazil. Three spacings between planting lines (45, 70 and 90 cm; plots) and four of cutting ages (70, 100, 130 and 160 days; subplots) were evaluated following a randomized block design in a 3 x 4 split plot scheme, with eight blocks. The useful area of the parcel was 3 x15 m. The variation in soil fertility in the area was the blocking factor. There was interaction of planting spacing and cutting ages studied ($P < 0,05$) on plant height ($P = 0,01$), dry matter production (PMS; $P < 0,01$) and proportion of senescent material ($P=0,01$). The PMS ($36,61\text{t ha}^{-1}$) verified at the age of 160 days and spacing of 90 cm was 41.40% higher than the PMS verified at the same age and in the spacing of 45 and 70 cm (average of 21.45 t ha^{-1}). As cutting age increased, there was a reduction in crude protein content ($P < 0,01$), potential degradability ($P < 0,01$) and effective degradability ($P < 0,01$) of dry matter and increased non-fibrous carbohydrate content ($P < 0,01$), total digestible nutrients ($P < 0,01$) and the readily soluble fraction ($P < 0,01$) of dry matter. Considering the productive and nutritional characteristics of the BRS 716 biomass sorghum managed in the semiarid region, it is recommended that the spacing between planting lines be 90 cm and the cutting age 160 days after planting.

Keywords: Dry matter yield. Height. Ruminant kinetics. *Sorghum bicolor*.

¹**Guidance committee:** Prof. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Department of Agricultural Sciences/ UNIMONTES (Advisor); Prof. Flávio Pinto Monção - Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo biomassa é uma das plantas que melhor atende a demanda por produção de biocombustíveis renováveis, por apresentar um processo fotossintético eficiente, podendo igualar às culturas como da cana de açúcar. Adaptabilidade aos fatores climáticos, utilização eficiente dos recursos hídricos disponíveis e alta produção de biomassa, são os destaques desta cultura (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2008).

Entre os exemplares de sorgo, o biomassa, vem ocupando lugar de destaque em pesquisas e tecnologias como excelente alternativa na produção de energia e também com grande potencial de massa produzida, chegando a mais de 120 t ha¹ de matéria verde. Essa cultivar apresenta ciclo com cerca de 180 dias, porte de até 6,0 m e adaptação às condições climáticas, principalmente na região semiárida (EMBRAPA, 2015).

Quanto a composição químico-bromatológica do sorgo biomassa, Borges et al. (2014) relataram teores médios de matéria mineral de 3,96%, de proteína bruta de 5,07%, e de fibra em detergente neutro de 66,94%, para híbridos cultivados sob sistema de irrigação. Segundo Lanza (2017), o sorgo biomassa (BRS 716) produz 2,5 vezes mais massa verde e três vezes mais massa seca, e proporciona cerca de 94% da qualidade forrageira do sorgo forrageiro BRS 655, considerando os teores de fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, lignina, celulose, hemicelulose, conteúdo celular e nutrientes digestíveis totais.

Já Caxito (2017) avaliou o desempenho agrônomico e a qualidade nutricional de silagens de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro cultivados em regime de sequeiro na região semiárida de Minas Gerais e observou que os genótipos do grupo biomassa apresentaram maiores desempenhos produtivos de matéria verde e matéria seca e melhor eficiência de uso da água em relação aos demais tipos de sorgo. Apresentando resultados positivos de produção e digestibilidade da matéria seca disponível do sorgo biomassa em relação ao sacarino e forrageiro.

Considerando-se as particularidades do sorgo biomassa frente aos genótipos de sorgo forrageiro, que apresentam características próprias, para produção de silagem com bom perfil fermentativo, e a pouca disponibilidade de trabalhos que descrevem o perfil fermentativo da silagem do sorgo biomassa, faz-se necessário à

identificação do ponto de ensilagem mais adequado para este tipo de sorgo, visando à produção de silagem de melhor qualidade.

Outro fator importante na produção de forragem, principalmente do sorgo biomassa é o espaçamento de sementeira entre linhas. Martinkoski e Vogel (2013) relataram que a redução do espaçamento propicia melhor distribuição espacial de plantas de sorgo e melhor produção de forragem, aliada à maior cobertura do solo. Quanto maior é a densidade de sementeira associada ao menor espaçamento de sementeira entre linhas, maior será a quantidade de plantas nascidas e estas vão competir por luz, aumentando a altura e com menor diâmetro de colmo (Albuquerque, Pinho, Rodrigues, & Brant, 2011). Com isso, têm-se maior risco por tombamento das plantas, dificultando o manejo operacional de colheita. Em contrapartida, o incremento no espaçamento de sementeira entre linhas pode favorecer o desenvolvimento de plantas daninhas nas entrelinhas, além de favorecer o espessamento do colmo do sorgo dificultando o manejo de colheita, aumentando o tamanho de partícula e afetando a qualidade da silagem.

O norte de Minas Gerais caracteriza-se por baixos índices pluviométricos e irregularidade na distribuição das chuvas, e tem em sua economia grande participação da pecuária. Tendo em vista a escassez de estudos e a busca de melhorias para máxima produtividade de recursos forrageiros para alimentação de ruminantes, objetivou-se com esse estudo avaliar o desempenho agrônomico e nutricional do sorgo BRS 716 em diferentes espaçamentos e idades de corte no semiárido mineiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do sorgo

O sorgo pertencente à família Poaceae, gênero *Sorghum* e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Origina-se de regiões de clima tropical, possivelmente africana, sendo uma planta intolerante a baixas temperaturas, de modo que no Brasil seu cultivo passa a ser ideal em regiões com temperatura média superior a 20° C, favorável ao crescimento e desenvolvimento da cultura (Ribas, 2008).

O sorgo tem é uma opção como planta forrageira para pastagem e comumente para silagem, sendo utilizado na produção de grãos para fabricação de ração e cobertura do solo no sistema de plantio direto. A cultura ajusta-se ao déficit hídrico e às condições de baixa fertilidade dos solos, condições essas impróprias para muitas culturas, tornando-a uma alternativa para alimentação animal (Ribas, 2008).

Nas ciências agrícolas, o sorgo é dividido em grupos, sendo eles: granífero, forrageiro, vassoura, sacarino e biomassa. O granífero é uma variedade de porte baixo e seu produto principal é o grão, usado na produção de ração animal em substituição ao milho. O forrageiro é uma planta de porte alto, sendo utilizada na fabricação de silagem. O sorgo vassoura, que possui uma estrutura denominada panícula é usado na produção de vassouras artesanais. O sacarino é utilizado pelas usinas para produção de etanol. E o biomassa tem como destaque sua utilização na geração de energia (Buso, 2011).

O sorgo é uma planta C4, ou seja, sua fotossíntese é uma adaptação contra a fotorrespiração que é muito comum em ambientes quentes e secos, fazendo com que a planta seja mais eficiente, e apresente altas taxas fotossintéticas quando

comparadas as plantas C3 em condições de elevadas temperaturas, luminosidade e deficiência de recursos hídricos (EMBRAPA, 2009).

Para o sorgo, existem diferentes respostas à duração do período luminoso do dia, podendo ser classificados como sensíveis e insensíveis ao fotoperiodismo. O sorgo sensível é uma planta de dias curtos, seu florescimento ocorre em períodos do ano com noites longas, ou seja, quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, compreendendo o período entre 21 de março e 22 de setembro na maior parte do Brasil (Pereira Filho et al., 2013). Contribuindo para que plantas cultivadas em épocas de dias longos apresentem maior ciclo vegetativo e conseqüentemente maior produção de matéria verde.

A cultura do sorgo acaba por se destacar pela sua rusticidade e por sua tolerância a falta prolongada de água, sendo tais características favoráveis ao aumento de áreas plantadas em território brasileiro, principalmente em regiões de baixa pluviosidade, a exemplo do norte de Minas Gerais, respondendo bem ao suprimento de adubação, podendo chegar a superar em produtividade o próprio milho, nestas condições (Resende, Coelho, Rodrigues, Santos, 2009).

Na década de 90, a área plantada de sorgo teve aumento expressivo no Brasil, na região Centro Oeste com o sorgo granífero, que contribuiu expressivamente para o aumento da produção nacional, partindo de uma produção média de 50 mil toneladas no início dos anos 90, para mais de 500 mil toneladas no final da mesma década (Duarte, 2010). Esse incremento na produção se deu devido a três fatores. Criação do grupo pró-sorgo que objetivou fomentar a produção de sorgo no Brasil, divulgando as potencialidades da cultura, outro fator foi o incremento do sorgo no sistema de plantio direto, servindo de rotação para o cultivo da soja, produzir boa palhada, o último diz respeito à importância da safra de inverno na região central do Brasil (EMBRAPA, 2015).

O sorgo biomassa BRS 716

O sorgo é uma cultura que fornece energia na dieta de ruminantes, principalmente pela digestão da fração fibrosa pelos microrganismos do rúmen, sendo esta uma finalidade também atribuída ao sorgo biomassa (Parrella, Menezes, Rodrigues, Tardin, Schaffert, 2014). O sorgo biomassa vem se destacando pelo seu

alto potencial produtivo e boa qualidade de fibras, resultado esse conseguido por meio do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (Naik et al., 2010).

De acordo com Parrella (2010), o sorgo biomassa apresenta um ciclo de 180 dias e alta taxa de rendimento por área (hectares), sendo uma matéria-prima promissora para alimentação animal. O sorgo biomassa possibilita a mecanização agrícola desde o preparo do solo para seu plantio até a sua colheita, o que lhe confere alta capacidade de produção de biomassa, devido à redução de perdas do material colhido (Schuck et al., 2014).

Pereira et al. (2012), ao estudarem o sorgo biomassa, constataram que o mesmo apresenta-se altamente sensível ao fotoperíodo, fazendo com que a cultura tenha inicialmente seu desenvolvimento da gema floral após cinco meses depois da semeadura, ampliando assim o ciclo vegetativo, possibilitando que a planta produza maior quantidade de biomassa por área quando comparada a cultivares insensíveis ou menos sensíveis ao fotoperíodo.

O período considerado mais crítico para o sorgo biomassa, é durante o florescimento, fase essa com duração de duas a três semanas, sendo que em condições normais a diferenciação da gema floral inicia-se em geral de 30 a 40 dias após a germinação, sendo que em regiões de clima quente, a exemplo do norte do Estado de Minas Gerais, Brasil, o florescimento em geral ocorre com 55 a 70 dias após a germinação, sendo esse retardo vantajoso para a produção de biomassa (Magalhães, 2015).

Características agronômicas do sorgo biomassa

De acordo com Valente (1997), a produtividade mínima para o sorgo biomassa deve ser de 36,61 t de MS ha⁻¹, uma vez que, à medida que a produção por hectare reduz, o custo de produção eleva, tornando-se economicamente inviável para produção de massa forrageira.

De acordo com a Embrapa (2014), o sorgo biomassa BRS 716 supera as médias de produção de massa seca chegando até 50 t MSha⁻¹, quando comparado as cultivares de sorgo forrageiro comercial existente no mercado, que estão em torno de 15 a 20 t MS ha⁻¹ (Skonieskl et al., 2010).

Para Wight, Hons, Storlin, Provin e Shahandeh, (2012) a altura de plantas pode ser um indicador de produção de matéria seca em híbridos de sorgo, dado que possuem maior período vegetativo em função da sensibilidade ao fotoperíodo, como resultado as plantas de sorgo crescem mais, contribuindo para uma maior produção de massa verde.

Lanza et al. (2016) observaram que a altura das plantas aumentou com relação ao avanço dos dias após emergência (DAE), com acréscimo intensificado em altura das plantas na época entre 45 e 60 DAE, com taxa de crescimento por dia variando de 2,93 para 9,96 cm dia⁻¹ e a porcentagem de crescimento das plantas nesse período aumentou de 11,86 para 40,32%. Os resultados em valores de altura de plantas em épocas diferentes, no qual apresentaram taxa crescimento linear, conforme Figura a seguir, corroboram com os valores verificados por Borém, Pimentel e Parrella (2014) que relataram o crescimento da planta de sorgo em função dos dias após a semeadura.

Gomes, Pitombeira, Neiva e Cândido (2006) analisando altura de planta de sorgo forrageiro de onze cultivares, obtiveram valores de 1,52 a 4,11 m.

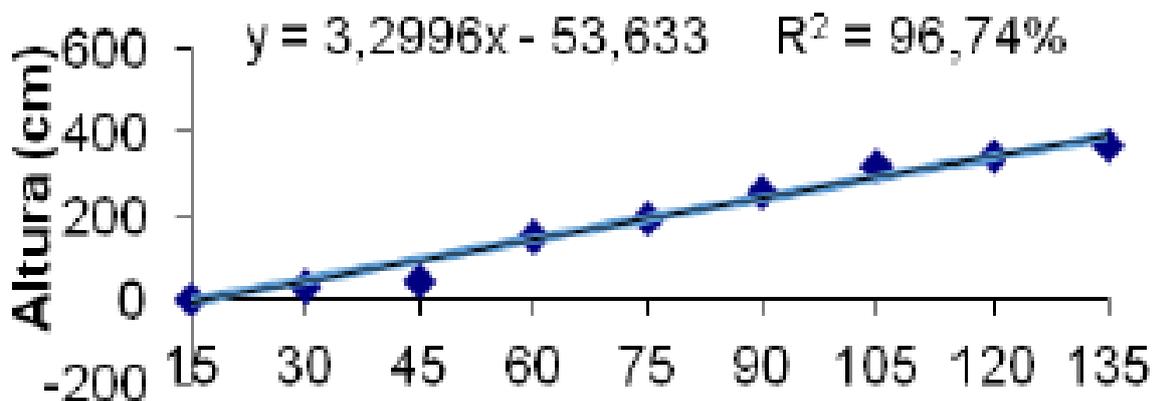


Figura 1. Dias após germinação com intervalo de análise de 15 a 15 dias, com relação à altura de crescimento (cm) do sorgo forrageiro.

Fonte: Lanza et al. (2016)

Características nutricionais do sorgo

Lanza (2017), ao analisar a composição nutricional do sorgo BRS 716, verificou valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) de 60,49%, variando de 59,83 a 60,97%, demonstrando assim, a aptidão forrageira desta cultivar para alimentação de animais ruminantes.

Ribeiro, Rocha, Mizubuti e Silva (2002) observaram valores de 63,59%; 72,16% e 74,02% de NDT para as silagens de sorgo, milho e girassol, respectivamente.

De acordo Lanza (2017), o sorgo biomassa tem se tornado uma alternativa de utilização em função da elevada produtividade e qualidade de biomassa produzida (Tabela 1). A FDA é um parâmetro para indicativo da qualidade da silagem, sendo que maior valor implica em menor qualidade e digestibilidade do material ensilado, juntamente com a FDN, que representa o melhor indicativo para teor de fibra do alimento.

Tabela 1. Composição bromatológica em cinco genótipos de sorgo

Ge nó tip os	Hemicelul ose (%)	Fibra em detergente ácido (%)	Fibra em detergente neutro (%)	Li g n i n a (%))
20	26,88	52,00	78,88	7

15				,
B				2
46				6
BR	26,65	51,91	78,56	6
S				,
65				5
5				5
20	26,95	53,10	80,04	7
15				,
B3				1
6				9
20	26,78	50,95	77,73	6
15				,
B				9
41				5
BR	27,44	53,51	80,75	7,
S				1
71				9
6				

Fonte: Adaptado de Lanza (2017).

Manejo da cultura de sorgo biomassa para produção de silagem

Albuquerque et al. (2010) avaliaram os espaçamentos de 50; 70; 90; e 110 cm e populações de 100.000, 150.000, 200.000 e 250.000 plantas ha⁻¹ para as variedades de sorgo em diferentes locais do Estado de Minas Gerais, observaram que o aumento da população em até 250.000 plantas ha⁻¹ foi notório para produtividade de massa verde, no entanto, sem que houvesse aumento na massa de colmo produzida por hectare, devido a redução dos espaçamentos.

Emygdio et al. (2011) obtiveram maior produção de colmos por hectare para a variedade de sorgo sacarino, quando plantados em espaçamento entre linhas de 50 cm, independentemente do total de plantas, comparado aos espaçamentos de 70, 90 e 110 cm.

Lanza et al. (2016) observaram que a produtividade de massa verde teve comportamento quadrático devido ao aumento das doses disponibilizadas via adubação nitrogenada em cobertura, com valor de 80 kg ha⁻¹ e adubação potássica em cobertura de 100 kg ha⁻¹, estimado aos 83 DAE, variando de 61,25 a 69,5 t de MV ha⁻¹, para alcance da produtividade adequada. Já Damasceno, Parrella, Souza, Simeone e Schaffert (2010) verificaram em análise da produção de massa verde em híbridos de sorgo biomassa variação de 17,72 a 135,28 t de MV ha⁻¹.

Lanza et al. (2016) analisaram que a produtividade de matéria seca apresentou comportamento quadrático em relação ao aumento das doses de adubação nitrogenada incluídas à medida que iriam sendo realizadas, onde o valor máximo em produção foi obtido aos 67 DAE para essa fonte de adubo, com uma variação entre 18,6 e 92,4 t de MS ha⁻¹. No que se refere ao quesito adubação potássica, fonte do adubo utilizado, foram observadas variações de 18,60 e 24,82 t de MS ha⁻¹ aos 113 DAE.

Para Ramos et al. (2021), o sorgo biomassa BRS 716, mesmo apresentando teor de matéria seca e digestibilidade da silagem inferior ao sorgo forrageiro cultivar Volumax, pode ser uma alternativa em substituição de até 100% do sorgo forrageiro na dieta de vacas mestiças em lactação.

Conforme resultados apresentados por Queiroz, Rocha Júnior, Rufino, Soares e Cordeiro (2021), o sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes idades e espaçamentos de plantio, visando à produção de silagem, apresentou melhor resultado para qualidade da silagem com o espaçamento de 70 cm aos 160 dias de idade, sendo este, o período mais adequado para sua colheita em função da elevação no teor de matéria seca, tendo demonstrado bom padrão fermentativo do material ensilado, com menores perdas da matéria seca e melhor característica nutricional.

3 REFERÊNCIAS

- Albuquerque, C. J. B., Parrella, R. A. da C., Tardin, F. D., Brant, R. S., Simoes, D. A., Fonseca Junior, W. B., [Oliveira, R. M. de](#) & [Silva, K. M. de J.](#) (2010). Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de MinasGerais. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.
- Albuquerque, C. J. B., Pinho, R. G. V., Rodrigues, J. A. S. & Brant, R. D. S. (2011). Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de minas gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(3), 494-501. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300009>
- Borém, A., Pimentel, L. & Parrella R. (2014). *Sorgo do plantio à colheita*. Viçosa, MG: Editora UFV.
- Buso, W. H. D., Morgado, H. S., Silva, L. B., França, F. de S. (2011). Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 5 (1145).
- Damasceno, C. M. B., Parrella, R. A. C., Souza, V. F. de, Simeone, M. L. F. & Schaffert, R. E. (2013). Análise morfoagronômica e bioquímica de um painel de sorgo energia para características relacionadas à qualidade da biomassa. *Circular Técnica*, 190.

- Duarte, J. O. (2010). Cultivo do sorgo: mercado e comercialização. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27071/1/Mercado-comercializacao.pdf>> Acesso em: 05 mar. 2021.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -EMBRAPA. (2008). Cultivo de Sorgo. Online. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/clima.htm - Embrapa ,2008>Acesso em 15 de mar. 2021.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2009). Sistemas de Produção (5ed.), Brasília: EMBRAPA Sorgo.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013). Cultivo do sorgo (9ed.), Brasília: EMBRAPA Sorgo.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2015). Sistema de produção (9ed.), Brasília: EMBRAPA Sorgo.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). Caracterização Morfoagronômica e Bromatológica de Genótipos de Sorgo para a Produção de Biomassa, Brasília: EMBRAPA Sorgo.
- Emygdio, B. M. Rosa, A. P. S. A. Da, Oliveira, A. C. B. de, Parrella, R. A. da C., Schaffert, R. E. & May, A.(2011). Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para a produção de etanol sob diferentes densidadesde plantas. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2011. 22p.
- Gomes, S. O., Pitombeira, J. B., Neiva, J. N. M. & Cândido, M. J. D. (2006). Comportamento agrônomico e composição químico-bromatológica de cultivares de sorgo forrageiro no estado do Ceará.*Revista Ciência Agronômica*, 37 (2), 221-227.
- Lanza, A. L. L., Borges, I. D., Júniade, P. L., Oliveira, K. W., Magalhães, A. G. F. & Resende, F. T. A. (2016). Análise de crescimento de plantas de sorgo biomassa (BRS 716). XXXI Congresso nacional de Milho e Sorgo: Milho e sorgo: inovações, mercado e segurança alimentar.
- Lanza, A. L. (2017). *Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS716) em diferentes épocas de corte e estratégias de cobertura*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, MG, Brasil.
- Magalhães, P. C., Souza, T. C. & Schaffert, R. E. (2015). Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). *Cultivo do sorgo*. (9ed.) Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. Disponível em:

- <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_d=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column_1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaold=8301&p_r_p_996514994_topicold=9203>. Acesso em: 26 maio. 2021.
- Martinkoski, L. & Vogel, G. F. (2013). Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem. *Revista Verde*, 8 (5), 177 – 187.
- Parrella, R. A. C., Rodrigues, J. A. S., Tardin, F. D., Damasceno, C. M. B. & Schaffert, R. E. (2010). Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo.
- Parrella, R. A. C., Menezes, C. B., Rodrigues, J. A. S., Tardin, F. D. & Schaffert, R. E. (2014). *Sorgo do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, 2014. 275p.
- Pereira, G. A., Parrella, R. A. C., Parrella, N. N. L. D., Sousa, V. F., Chaffert, R. E. & Costa, R. K. (2012). Desempenho Agronômico de Híbridos de Sorgo Biomassa. XXIX Congresso nacional de milho e sorgo. Águas de Lindóia.
- Pereira Filho, I. A., Parrella, R. A. C., Moreira, J. A. A., May, A., Souza, V. F. & Cruz, J. C. (2013). Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* L. MOENCH] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12, 118 -127. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p118-127
- PIONEER. Análise bromatológica. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/milho/silagem/analise-bromatologica>>. Acesso em: 27 maio. 2021.
- Queiroz, F. E. (2020). *Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa*. Dissertação Mestrado, Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG, Brasil.
- Queiroz, F. E., Rocha Júnior, V. R., Rufino, L. D. A., Soares, A. S. & Cordeiro, M. W. S. (2021). Effect of row spacing and maturity at harvest on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional characteristics of biomass sorghum (BRS 716) silage in the semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50. doi: 10.37496/rbz5020200254
- Ramos, J. C. P., Rocha Júnior, V. R., Monção, F. P., Parrella, R. A. C., Caxito, A. M., Cordeiro, M. W. S., Hora, F. F. & Pires, D. A. A. (2021). Effect of replacing forage sorghum silage with

- biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein × Zebu lactating cows. *Tropical Animal Health and Production*, 53 (1). doi: 10.1007/s11250-020-02503-3
- Resende, A. V., Coelho, A. M., Rodrigues, J. A. S. & Santos, F. C. (2009). *Adução maximiza o potencial produtivo do sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).
- Ribas, P. M. (2008). *Importância Econômica do Sorgo*. IN: Rodrigues, J. A. S., Ferreira, M. T. R., Coelho, E. A., Pinheiro, L. R. Cultivo do Sorgo. (4 ed.) Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Versão Eletrônica disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/index.htm>>. Acesso em: 14 Nov. 2021.
- Ribas, M. N. (2010). *Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com Capim-sudão, normais e mutantes BMR-Portadores de nervura marrom*. Tese Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Ribeiro, E. L. A., Rocha, M. A., Mizubuti, I. Y. & Silva, L. D. F. (2002). Silagem de girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zeamays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ovelhas em confinamento. *Ciência Rural*, 32,299-302. 2002. doi: 10.1590/S0103-84782002000200019
- Skonieski, F. R., Nornberg, J. L., Azevedo, E. B., David, D. B., Kessler, J. D. & Menegaz, A. L. (2010). Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 32 (1). doi: 10.4025/actascianimsci.v32i1.7200
- Schuck, D. A., Tardin, F. D., Schanfranski, N. O., Diel, F. A., Morales, M. M., Silva, V. Q. R. da, Parella, R. A. C. & Silva, A. F. da. (2014). Productive behavior of biomass sorghum hybrids (*Sorghum bicolor*) for energy production in Sinop - MT. In: Genetics and plant breeding meeting of Ro de Janeiro, Campos Goytacazes. [S.l.]: SBMP: UENF, p. 57.
- Torres, M. (2014). Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia. Brasília, DF: Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2246665/sorgo-biomassa-e-otima-opcao-para-geracao-de-energia>>. Acesso em: 27 maio. 2021.
- Valente, J. O. (1997). Introdução. In: Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). Manejo cultural do sorgo para forragem (Embrapa CNPMS. Circular técnica, 17). 1997.

Wight, J. P., Hons, F. M., Storlin, J. O., Provin, T. L. & Shahandeh, H. (2012). Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. *Biomass and Bioenergy*, 46, 593-604. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.06.036

4 CAPÍTULO 1 -Desempenho Agrônomo e Nutricional do Sorgo BRS 716 em Diferentes Espaçamentos e Idades de Corte no Semiárido Mineiro

Yield and nutritional value of biomass sorghum (BRS 716) managed in different row spacing and maturity at harvest in the semiarid region of Brazil

RESUMO: Objetivou-se avaliar as características agrônomicas e nutricionais do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte em região semiárida do Brasil. Foram avaliados três espaçamentos entre linhas de plantio (45, 70 e 90 cm; parcelas) e quatro de idades de corte (70, 100, 130 e 160 dias; subparcelas) seguindo o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas 3 x 4 com oito blocos. A área útil da parcela foi de 3 x15 m. A variação da fertilidade do solo da área foi o fator de blocagem. Houve interação do espaçamento de plantio e as idades de corte estudadas ($P < 0,05$) sobre a altura das plantas ($P=0,01$), produção de matéria seca

(PMS; $P < 0,01$) e proporção de material senescente ($P=0,01$). A PMS ($36,61 \text{ t ha}^{-1}$) verificada na idade de 160 dias e espaçamento de 90 cm foi 41,40% superior a PMS verificada na mesma idade e nos espaçamentos de 45 e 70 cm (média de $21,45 \text{ t ha}^{-1}$). A medida de que aumentou a idade de corte houve redução no teor de proteína bruta ($P < 0.01$), degradabilidade potencial ($P < 0.01$) e degradabilidade efetiva ($P < 0.01$) da matéria seca e aumentou o teor de carboidratos não fibrosos ($P < 0.01$), nutrientes digestíveis totais ($P < 0.01$) e a fração prontamente solúvel ($P < 0.01$) da matéria seca. Considerando-se as características produtivas e nutricionais do sorgo biomassa BRS 716 manejado na região semiárida para produção de silagem, recomenda-se o espaçamento entre linhas de plantio de 90 cm e a idade de corte de 160 dias após o plantio.

Palavras-chave: Altura. Rendimento de matéria seca. Sorghum bicolor. Cinética ruminal.

ABSTRACT: The objective was to evaluate the agronomic and nutritional characteristics of BRS 716 biomass sorghum managed at different planting spacing and cutting age in a semi-arid region of Brazil. Three spacings between planting lines (45, 70 and 90 cm; plots) and four of cutting ages (70, 100, 130 and 160 days; subplots) were evaluated following a randomized block design in a 3 x 4 split-plot design. With eight blocks. The useful area of the plot was 3 x 15 m. The variation of soil fertility in the area was the blocking factor. There was an interaction between planting spacing and cutting ages studied ($P < 0.05$) on plant height ($P = 0.01$), dry matter production (PMS; $P < 0.01$) and proportion of senescent material ($P=0.01$). The PMS (36.6 t ha^{-1}) verified at the age of 160 days and 90 cm spacing was 41.40% higher than the PMS verified at the same age and at 45 and 70 cm spacings (average of 21.45 t ha^{-1}). As the cutting age increased, there was a reduction in crude protein content ($P < 0.01$), potential degradability ($P < 0.01$) and effective degradability ($P < 0.01$) of dry matter and an increase in non-fibrous carbohydrates ($P < 0.01$), total digestible nutrients ($P < 0.01$) and the readily soluble fraction ($P < 0.01$) of dry matter. Considering the productive and nutritional characteristics of BRS 716 biomass sorghum managed in the semi-arid region for silage production, it is recommended to have a spacing between planting lines of 90 cm and a cutting age of 160 days after planting.

Keywords: Height. Dry matter yield. Bicolor sorghum. Ruminalkinetics.

4.1 INTRODUÇÃO

O sorgo tem é uma opção de planta forrageira para pastagem e comumente para produção de silagem, sendo utilizado na produção de grãos para fabricação de ração e cobertura do solo no sistema de plantio direto. A cultura ajusta-se bem ao déficit hídrico e às condições de baixa fertilidade dos solos, condições essas impróprias para muitas culturas que são exigentes em nutrientes e recurso hídrico, tornando-a uma alternativa para alimentação animal (Ribas, 2010).

O sorgo pertencente à família Poaceae, gênero *Sorghum* e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Origina-se de regiões de clima tropical, possivelmente africana, sendo uma planta intolerante a baixas temperaturas, de modo que no Brasil seu cultivo passa a ser ideal em regiões com temperatura média superior a 20° C, favorável ao crescimento e desenvolvimento da cultura (Ribas, 2010).

Quanto a composição químico-bromatológica do sorgo biomassa, Borges et al. (2014) relataram teores médios de matéria mineral de 3,96%, de proteína bruta de 5,07%, e de fibra em detergente neutro de 66,94%, para híbridos cultivados sob sistema de irrigação. Segundo Lanza (2017), o sorgo biomassa (BRS 716) produz 2,5 vezes mais massa verde e 3 vezes mais massa seca, e proporciona cerca de 94% da qualidade forrageira do sorgo forrageiro BRS 655, considerando os teores de fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, lignina, celulose, hemicelulose, conteúdo celular e Nutrientes Digestíveis Totais.

Outro fator importante na produção de forragem, principalmente do sorgo biomassa é o espaçamento de semeadura entre linhas. Martinkoski e Vogel (2013) relataram que a redução do espaçamento propicia melhor distribuição espacial de plantas de sorgo e melhor produção de forragem, aliada à maior cobertura do solo. Quanto maior é a densidade de semeadura associada ao menor espaçamento de semeadura entre linhas, maior será a quantidade de plantas nascidas e estas vão competir por luz, aumentando a altura e com menor diâmetro de colmo (Albuquerque et al., 2011).

No Brasil como a produção de bovinos é predominantemente a pasto, o estudo de plantas com características forrageiras para serem utilizadas no período

seco do ano, assume caráter mais relevante, e a escassez de informações quanto ao desempenho de cultivares de biomassa e o manejo da lavoura de sorgo com objetivo de produzir forragem, em condições semiáridas, justifica a realização deste estudo.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar as características estruturais, produtivas e nutricionais do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte em uma região semiárida.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Declaração de ética

Os procedimentos de cuidado e manejo dos animais utilizados no experimento estavam de acordo com diretrizes do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foram aprovados pelo Comitê de Ética, Bioética e Bem-Estar Animal (CEBEA) da Universidade Estadual de Montes Claros, (protocolo nº, 173).

Local do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES, no município de Janaúba (coordenadas geográficas: 15°52'38 "S, 43°20'05" W), Minas Gerais, no período de 13/11/2018 a 27/04/2019. O clima da região, segundo a classificação de Koppe-Geiger (1948) é do tipo Aw, com chuvas de verão e períodos de secos bem definidos no inverno.

A precipitação média anual é de 876 mm, com temperatura média anual de 24 °C. O clima é tropical mesotérmico, quase megatérmico, devido à altitude, sub-úmido e semiárido, com chuvas irregulares, causando longos períodos de seca. Os dados climáticos durante o período experimental podem ser verificados na Figura 2.

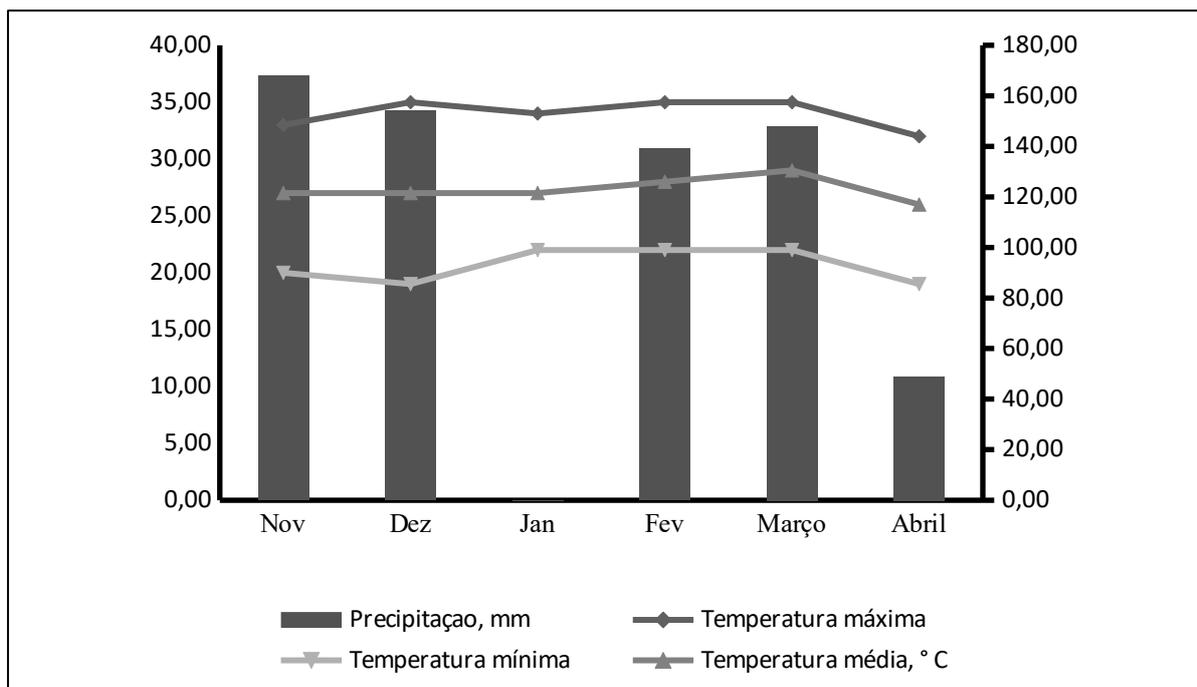


Figura 2. Dados climáticos durante o período experimental. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia [INMET] (2020).

O experimento foi realizado em uma área plana (25 m x 100 m) com sorgo Biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), estabelecido em solo vermelho-amarelo distrófico com textura argilosa com as seguintes características químicas: pH em CaCl_2 , 6,3; P (Mehlich), 21,2 mg dm^{-3} ; K (Mehlich), 110 mg dm^{-3} ; Na (Mehlich), 0,3 cmolc dm^{-3} ; Ca^{2+} , 3,9 cmolc dm^{-3} ; Mg^{2+} , 1,1 cmolc dm^{-3} ; Al^{3+} , 0,0 cmolc dm^{-3} ; H + A1 (acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1}), 1,2 cmolc dm^{-3} ; soma de bases 5,5 cmolc dm^{-3} ; Capacidade de troca de cátions, 6,7 cmolc dm^{-3} ; Saturação de base (V), 82%. Amostras de solo foram coletadas para análise 70 dias antes do plantio.

Tratamentos e delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas 3 x 4, sendo três espaçamentos entre linhas (45, 70 e 90 cm; parcelas) e quatro de idades de corte (70, 100, 130 e 160 dias; subparcelas) com oito blocos, perfazendo um totalizando 96 parcelas com 5,0 x 25,0 m cada e área útil de 3x15 m. A variação da fertilidade do solo da área foi o fator de blocagem. As idades de rebrota foram escolhidas devido ao alto crescimento do sorgo biomassa BRS 716, conforme adaptado de Monção et al (2019 ab). Os espaçamentos foram definidos

conforme experimento de May et al. (2016).

Plantio e manejo do sorgo

O plantio do sorgo biomassa foi realizado com sementes doadas pela Embrapa Milho e Sorgo no ano de 2018. Uma aração e duas gradagens foram realizadas como preparo do solo, antes do plantio, para uniformização da área. Durante a fase de plantio aplicou-se adubo NPK (4-14-08) conforme recomendação da análise de solo para cultura do sorgo.

O controle de plantas daninhas e insetos foram realizados por meio de capinas manual e aplicação de inseticidas, respectivamente, utilizando pulverizador acoplado ao trator. Após a colheita, em cada idade de corte, foi feita adubação de manutenção (100 kg/ha) com nitrogênio e potássio (N-P-K; 20-00-20) por meio da fertirrigação (adaptado de Mota et al., 2010).

Mensurações das características estruturais e produtividade

A altura das plantas foi mensurada em três pontos por parcela utilizando uma trena, graduada em metros, no momento da colheita em cada idade, medindo-se do solo até a inserção do limbo foliar da última folha das plantas. Após cada idade de rebrota pré-estabelecida, uma moldura metálica de 1 m² foi utilizada para coletar manualmente as amostras da forragem, 10 cm do solo, e estimar a produção de matéria verde (PMV) por área. A PMV foi estimada com base no número e espaçamento das linhas. As amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante. A produção de matéria seca foi estimada com base na PMV multiplicado pelo teor de matéria pré-seca (MS) em cada idade de rebrota.

Composição químico-bromatológica e cinética ruminal

A forragem pré-seca foi então analisada quanto aos teores de matéria seca (DM, 934,01), cinzas (942,05), extrato etéreo (EE; 920,39) e proteína bruta (CP, 978,04), conforme descrito pela AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas pelo método sequencial de acordo com o sum determinador de fibras TECNAL® TE-149 (Piracicaba, SP, Brasil)

usando alfa amilase e sem sulfito de sódio. A celulose foi solubilizada em ácido sulfúrico a 72% e o conteúdo de lignina foi obtido a partir da diferença de peso resultante (Goering & Van Soest, 1970). Os carboidratos totais (CT) foram obtidos pela seguinte fórmula: $CT = 100 - (\% CP + \% \text{ cinza} + \% EE)$ de acordo com a metodologia descrita por Sniffen, O'Connor & Van Soest, (1992). Os nutrientes digestíveis totais foram estimados de acordo com [NRC] (2001).

Para a avaliação da cinética de degradação ruminal da MS, FDN e FDA das silagens de sorgo biomassa, foram utilizados quatro novilhos mestiços, com peso médio de 500 ± 70 kg e canulados no rúmen. Os animais receberam 4,0 kg de concentrado em duas porções iguais de manhã e à tarde, além de dietas à base de silagem de sorgo biomassa. A técnica de degradabilidade *in situ* foi realizada usando sacos de tecido não tecido de 7,5 x 15 cm (TNT, peso 100) com uma porosidade aproximada de 60 μm , de acordo com Casali et al. (2009); o número de amostras foi determinado a partir da razão de 20 mg de MS.cm⁻² de área de superfície do saco (Nocek, 1988).

As amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à cânula. Os sacos referentes ao tempo zero não foram incubados no rúmen, mas foram lavados em água corrente, à semelhança dos sacos incubados. Todas as amostras foram retiradas e lavadas em água fria, visando paralização da fermentação ruminal. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufas a 55°C durante 72 horas e após, resfriado em dessecador e pesados. Os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não tecido (TNT), recolhidos no rúmen foram analisados quanto aos teores de MS, FDN e FDA conforme metodologias supracitadas. A porcentagem de degradação foi calculada pela proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de Gauss-Newton, por meio do software SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC), conforme a equação proposta por (Orskov & McDonald, 1979): $Y = a + b(1 - e^{-ct})$, em que: Y = degradação acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de degradação quando t = 0, que corresponde à fração solúvel em água do componente nutritivo analisado; b = potencial da degradação da

fração insolúvel em água do componente nutritivo analisado; $a+b$ = degradação potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa de degradação por ação fermentativa de b ; t = tempo de incubação.

Depois de calculados, os coeficientes a , b e c foram aplicados à equação proposta por Ørskov e McDonald (1979): $DE=a+(b \times c/c+k)$, em que: DE = degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = taxa de passagem do alimento. Assumiram-se taxas de passagem de partículas no rúmen estimadas em 2, 5 e 8% h^{-1} , conforme sugerido pelo AFRC(1993). Os valores de desaparecimento verificados no tempo zero (“fração a ”) foram utilizados para estimar o tempo de colonização (TC) da MS, FDN e FDA de acordo com Goeset al. (2017), onde os parâmetros “ a ”, “ b ”, e “ c ” foram obtidos pelo algoritmos de Gauss-Newton: $TC = [-\ln(a'-a-b)/c]$.

A degradabilidade da FDN e FDA foram estimadas utilizando-se o modelo proposto por Mertens e Loften (1979): $Rt = B \times e^{-ct} + I$, em que Rt = fração degradada no tempo t ; B =fração insolúvel potencialmente degradável e I = fração indigestível. Após os ajustes da equação de degradação da FDN, foi feito a padronização de frações, conforme proposto por Waldo et al. (1972), utilizando-se as equações: $B_p = B/(B+I) \times 100$; $I_p = I/(B+I) \times 100$, em que: B_p = fração potencialmente degradável padronizada (%); I_p = fração indigestível padronizada (%); B =fração insolúvel potencialmente degradável e I = fração indigestível. No cálculo da degradabilidade efetiva da FDN e FDA foi utilizado o modelo: $DE= B_p \times c/(c+k)$, em que B_p é a fração potencialmente degradável (%) padronizada.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância usando os procedimentos MIXED, REG e IML do SAS, versão 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). O procedimento UNIVARIATE foi utilizado para detectar outliers ou valores influentes e examinar a normalidade dos resíduos. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{k(ij)} = \mu + E_i + B_j + e_{ij} + IC_k + E_i \times IC_j + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = A observação referente espaçamento de plantio na subparcela “ k ” da idade de corte na parcela “ i ” no bloco “ j ”;

μ = constante associada a todas as observações;

E_i = Efeito do espaçamento de plantio “i”, com $i = 1, 2$ e 3 ;

B_j = Efeito do bloco “j”, com $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ e 8 ;

e_{ij} = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ_2 .

IC_k = Efeito da idade de corte “k”, com “k” = $1, 2, 3$ e 4 ;

$E_i \times IC_j$ = Efeito da interação do nível “i” do espaçamento de plantio com o nível “k” da idade de corte;

e_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações (Y_{ijk}), independente, que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ_2 .

Quando significativas pelo teste de F, as médias dos espaçamentos de plantio e as interações foram comparadas pelo Teste de Tukey. As comparações entre as idades de corte foram realizadas pela decomposição da soma dos quadrados em contrastes lineares ortogonais e efeitos quadráticos, com ajustes subsequentes das equações de regressão. Para todos os procedimentos estatísticos, $\alpha = 0,05$ foi utilizado como limite máximo tolerável para erro do tipo III.

O ensaio da degradabilidade ruminal da MS, FDN e FDA foi conduzido em delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas sendo 12 tratamentos (parcelas) e 10 tempos de incubação (subparcelas) e quatro blocos. A variação de peso corporal de cada animal foi o fator de blocagem. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ij} + P_k + T_i \times P_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{k(ij)}$ = A observação referente ao tempo (P) na subparcela k do tratamento (T) i no bloco j;

μ = constante associada a todas as observações;

T_i = Efeito do tratamento “i”, com $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ e 12 ;

B_j = Efeito do bloco j, com $j = 1, 2, 3$ e 4 ;

e_{ij} = erro experimental associado às parcelas que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ_2 ;

P = Efeito do tempo de incubação k, com $k=1,2,3,4,5,6,7,8,9$ e 10 ;

TP_{ik} = Efeito da interação do nível i de tratamento com o nível k do tempo de incubação;

e_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância δ_2 .

Quando significativas pelo teste de F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Scott-Knott. As comparações entre os tempos de incubação foram realizadas pela decomposição da soma dos quadrados em contrastes lineares ortogonais e efeitos quadráticos, com ajustes subsequentes das equações de regressão. Para todos os procedimentos estatísticos, $\alpha = 0,05$ foi utilizado como limite máximo tolerável para erro do tipo III.

4.3 RESULTADOS

Houve interação da idade de corte com espaçamento de plantio sobre a altura das plantas ($P=0,01$). Nas idades de 70 e 160 dias não houve diferença na altura entre os espaçamentos, com média de 1,15 metros com 70 dias e 3,83 metros com 160 dias. Nas idades de 100 e 130 dias, as menores alturas foram verificadas no espaçamento de 70 cm. Nos espaçamentos de plantio, 45, 70 e 90 cm, à medida que aumentou um dia na idade de corte, houve incremento linear de 0,0277; 0,0272 e 0,0303 metros na altura das plantas, respectivamente (Tabelas 1 e 2).

Para produção de massa seca (PMS) (Tabelas 1), houve interação de idade de corte com espaçamento de plantio. Aos 70 dias, a menor PMS foi verificada com o espaçamento de 90 cm (4900 kg/ha). Já aos 100 dias, a PMS foi semelhante entre espaçamentos, com média de 11896 kg/ha. Aos 130 dias de idade, o espaçamento de 70 cm foi superior ao espaçamento de 45 cm e semelhante ao de 90 cm. Todavia, aos 160 dias, a maior PMS foi observada com o espaçamento de 90 cm (36 kg/ha; $p<0,01$). Para o teor de MS da planta inteira não houve interação da idade de corte com o espaçamento, e o teor de MS aumentou linearmente com a idade da planta. Maiores teores de MS foram verificados com os espaçamentos de 45 e 70 cm, em relação ao de 90 cm (Tabela 1).

A porcentagem de colmo por diferentes espaçamentos de plantio 45, 70 e 90 cm vão aumentando com relação ao aumento da idade da planta, ao contrário das folhas que diminuem com o aumento da idade.

Aos 70 dias de idade a percentagem de matéria senescente foi maior para o espaçamento de 30 cm.

A idade de corte do sorgo biomassa influenciou os teores de matéria seca, cinzas, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos ($P < 0,05$) (Tabela 3). A matéria seca e carboidratos totais ajustaram-se ao modelo de regressão linear crescente com aumento. Cinzas e proteína bruta ajustaram-se ao modelo de regressão linear decrescente com redução.

Em relação aos componentes fibrosos da silagem de sorgo biomassa (Tabela 3), os teores de fibra em detergente neutro ($P < 0,01$), lignina ($P < 0,01$) e fibra em detergente ácido apresentaram efeito quadrático. No que se refere aos carboidratos totais seguiram o modelo de regressão linear crescente. Já nos nutrientes digestíveis totais e nos carboidratos não fibrosos observou um decréscimo até os 130 dias de plantio para os espaçamentos de plantio de 45, 70 e 90 cm. O espaçamento de plantio não influenciou os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e NDT.

Houve interação do espaçamento de plantio e as idades de corte sobre a fração B ($P < 0,01$), degradabilidade potencial (DP; $P = 0,03$), fração indigestível (FI; $P = 0,03$) e degradabilidade efetiva ($P = 0,01$) da MS (Tabela 4). Para Fração A, houve comportamento quadrático à medida que aumentou a idade de corte. O espaçamento de plantio não modificou os componentes da cinética ruminal da MS do sorgo biomassa BRS 716.

Houve interação dos espaçamentos de plantio e idade de corte do sorgo biomassa sobre a fração Bp ($P < 0,01$), taxa de degradação da fração Bp "c" ($P < 0,01$), degradabilidade efetiva ($P < 0,01$) e fração indegradável ($P < 0,01$) da fração fibrosa do sorgo biomassa BRS 716 (Tabela 5).

Para a fração Bp, as médias ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão a medida que aumentou a idade de corte. As menores médias para a Fração Bp foram verificadas pelo ponto de mínima nas idades de 137,8; 132,5 e 127,22 dias de corte nos espaçamentos de 45, 70 e 90 cm, respectivamente (Tabela 6). Quando avaliado 70 e 130 dias após plantio, a maior fração Bp foi verificada no espaçamento de 70 cm. Quando manejado com 160 dias, a maior média foi observada no espaçamento de 90 cm. Para degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro

dentro da idade de corte de 70 dias, as maiores médias foram verificadas nos espaçamentos de plantio de 45 e 90 cm, média de 41,66%, sendo esta 28,15% superior à média observada no espaçamento de plantio de 70 cm. Dentro das idades de corte 100, 130 e 160 dias não houve diferença entre os espaçamentos de plantio sobre a degradabilidade efetiva, média de 25,82% ($k=5\%/hora$).

4.4 DISCUSSÃO

A altura das plantas é o resultado da relação entre fatores genéticos e ambientais (Shukla, Felderhoff, Saballos, Vermerris, 2017). Em condições edafoclimáticas adequadas, as células dos fitômeros das plantas se multiplicam em função da maturidade fisiológica com intuito de expor as lâminas foliares à luz, o que modifica a altura das plantas e a proporção dos componentes da parede e conteúdo celular e relaciona-se positivamente com o acúmulo de biomassa pela planta (Shukla et al., 2017; Leal et al., 2020). O potencial para crescimento do sorgo biomassa BRS 716 foi favorecido no espaçamento entre linhas de plantio de 90 cm devido à entrada de luz no interior do dossel forrageiro. Com base nas equações de regressão, o cultivo de sorgo biomassa no espaçamento de 90 cm entre linhas de plantio proporcionou crescimento diário da planta de 3 cm, enquanto nos espaçamentos de 45 e 70 cm foi verificado 2 cm. Essa é uma análise importante porque plantas com maior crescimento atinge precocemente a maturidade fisiológica, o que pode ser um risco para tombamento do dossel se colhido tardiamente. Apesar do maior crescimento do sorgo quando plantado com 90 cm entre linhas em relação aos demais espaçamentos, com 160 dias de idade de corte não foi verificado diferença entre as alturas das plantas, média de 3,8 metros. O aumento na altura da planta em função da idade de corte modificou sua estrutura com maior proporção de colmo e matéria senescente em detrimento das folhas.

Dada a correlação positiva entre a altura e PMS (Lealet et al., 2020), justificam-se os melhores resultados de PMS nas maiores alturas e idades de corte. A PMS verificada ($36,61 t ha^{-1}$) na idade de 160 dias e espaçamento de 90 cm foi 41,40% superior a PMS verificada na mesma idade e nos espaçamentos de 45 e 70 cm (média de $21,45 t/ha$). Esses resultados justificam o potencial produtivo do sorgo biomassa BRS 716 que mesmo cultivado nos espaçamentos de 45 e 70 cm produziu

mais matéria seca que os híbridos tradicionalmente cultivados no Brasil como o Volumax (PMS de 19 t/ha) e BRS 655 (PMS de 13 t/ha) considerando 120 dias de plantio e espaçamento entre linhas de plantio de 70 cm conforme Castro et al. (2015). Em relação ao espaçamento de plantio, May, Souza, Gravina, Fernandes (2016) observaram aumento de 33,6% na PMS do sorgo biomassa quando reduziu o espaçamento entre linhas de plantio de 110 cm para 50 cm. Essas flutuações de resultados podem ocorrer em função do estande de plantas na área, sendo que em menores espaçamentos é possível aumentar o número de plantas na área. Nessa pesquisa, independente do espaçamento de plantio, foi planejado densidade de 140 mil plantas/hectare. A medida que a planta atingiu a maturidade fisiológica, houve aumento diário na PMS de 117,38; 167,39 e 338,02 kg/ha nos espaçamentos de 45, 70 e 90 cm, respectivamente. As altas PMS observadas no presente estudo justificam a possibilidade de se utilizar o sorgo biomassa com material forrageiro em regiões semiáridas. Como o curto período de chuvas é distribuído de forma irregular deve-se, nessas regiões, otimizar a produtividade de forragem por área.

A medida que a planta atinge a maturidade fisiológica ocorrem mudanças nos componentes fibrosos em detrimento do conteúdo celular, rico em nutrientes de maior digestibilidade (Monção et al., 2019a). Essas mudanças foram verificadas nesta pesquisa com incremento no teor de matéria seca e fibras em função da idade de corte. Kung Júnior et al. (2018) recomendaram teor de matéria seca de 25% para gramíneas forrageiras serem ensiladas. Nesta pesquisa, a partir de 160 dias de idade foi possível verificar esse teor de matéria seca que é importante para evitar perdas por efluentes. McDonald, Henderson, Heron (1991) afirmaram que, quando há adequada quantidade de carboidratos solúveis, teores de MS de 20% são suficientes para garantir boa fermentação. Desta forma, é possível ensilar o sorgo biomassa com 130 dias de idade corte, mas para evitar perdas de MS é importante usar aditivos sequestrantes de umidade ou use a técnica de pré-murcha para aumentar o teor de matéria seca da massa para ensilagem (Mucket al., 2018). O uso de aditivos como farelos (acima de 88% de MS) durante a ensilagem de gramíneas com elevada umidade pode aumentar os custos de produção. Contudo, melhora a fermentação e o valor nutricional da silagem, além de antecipar a rebrota do sorgo e evitar o

tombamento do dossel que pode acontecer em alturas acima de 2,5 metros. Quando colhido com 160 dias de idade, o sorgo biomassa apresentou florescimento devido à sensibilidade ao fotoperíodo. De acordo com Parrela et al. (2010), o florescimento do sorgo biomassa só ocorre após o fotoperíodo indutivo, que é de 12 horas e 20 minutos.

Apesar da presença da panícula de sorgo na idade de 160 dias, houve efeito de diluição sobre os teores de cinzas, proteínas e fibras. A FDN e FDA apresentaram comportamento quadrático de regressão, apesar de ter aumentado linearmente até os 115,25 dias e 115,72, respectivamente, como ponto de máxima. Devido à maior quantidade de carboidratos não fibrosos presente nos grãos de sorgo colhido com 160 dias, houve aumento no teor de carboidratos totais e nutrientes digestíveis totais da planta. Contudo, as médias dessas variáveis apresentaram comportamento quadrático de regressão. Esse comportamento também foi verificado na fração prontamente solúvel da matéria seca (fração "a"). Isso aconteceu porque a presença de grãos elevou o teor de carboidratos solúveis e outros componentes solúveis da planta colhida com 160 dias. Isso é importante porque as frações solúveis dos alimentos contribuem para a produção dos ácidos graxos de cadeia curta e ramificada no rúmen, sendo a principal fonte de energia para os ruminantes. A fração "b" caracterizada como fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável também foi modificada com a presença da panícula, elevando a degradabilidade potencial da matéria seca da planta inteira colhida com 160 dias em relação as idades de 100 e 130 dias. A fração "b" está relacionada, na sua maioria, com a extensão da degradação da fração fibrosa da forragem. A antecipação da colheita do sorgo biomassa para 130 dias é favorável pela rebrota, contudo, a cinética ruminal da MS e FDN permite inferir na obtenção de massa com menor potencial de degradação.

4.5 CONCLUSÃO

Considerando-se as características produtivas e nutricionais do sorgo biomassa BRS 716 manejado na região semiárida, recomenda-se o espaçamento entre linhas de plantio de 90 cm e a idade de corte de 160 dias após o plantio.

4.6 AGRADECIMENTOS

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

4.7 REFERÊNCIAS

- Agricultural and Food Research Council. (1993). *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford: CAB International.
- Albuquerque, C. J. B., Jardim, R. B., Alves, D. D., Guimarães, A. S. & Porto, E. M. V. (2013). Características agronômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12 (2), 164- 182.
- Association of officialAnalyticalChemists. (1990). International [AOAC]. *Official Methods of Analysis*, 12ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- Batista, V. A. P. (2016). *Avaliação bioenergética de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil.
- Casali, A. O., Detmann, E., Valadares Filho, S. C., Pereira, J. C., Cunha, M., Detmann, K. S. C. & Paulino, M. F. (2009). Estimation of fibrous compounds contents in ruminant feeds with bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:130-138. doi: 10.1590/S1516-35982009000100017
- Castro, F. M. R., Bruzi, A. T., Nunes, J. A.R., Parella, R. A. C., Lombardi G. M. R., Albuquerque C. J. B. & Lopes M. (2015). Agronomic and energetic potential of biomass sorghum Genotypes. *American Journal of Plant Sciences*, v. 6, p. 1862-1873. doi: 10.4236/ajps.2015.611187
- Caxito, A. M. (2017). *Desempenho agrônômico e qualidade nutricional de silagens de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro em região semiárida*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, MG, Brasil.
- Goering, H. K., Van Soest, P. J. (1970). *Forage fiber analysis: apparatus, reagents, procedures and some applications*. Washington: USDA.

- Goes, R. H. T. B., Patussi, R. A., Gandra, J. R., Branco, A. F., Cardoso, T. J. L., Oliveira, M. V. M., Oliveira, R. T. & Souza, C. J. S. (2017). The crambe (*Crambe by ssinica* Hochst) byproducts, can be used as a source of non-degradable protein in the rumen. *Bioscience Journal*, 33:113-120. doi: 10.14393/BJ-v33n1a2017-33105
- Instituto Nacional de Meteorologia [INMET]. (2019). *Estações e Dados/Dados meteorológicos*. Acessado em 10 de Fevereiro de 2019 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>
- Kung Júnior, L., Shaver, R. D., Grant, R. J. & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101:4020–4033. doi: 10.3168/jds.2017-13909
- Lanza, A. L. L. (2017). Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS 716) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João Del-Rei. Sete Lagoas, MG, Brasil.
- Lanza, A. L., Borges, I. D., Lara, J. P., Brandão, L. M., Abreu, A. L. & Oliveira, K. W. (2016). Características agrônômicas do sorgo biomassa submetidas a diferentes doses de nitrogênio e potássio em cobertura. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo "Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar".
- Leal, D. B., Monção, F. P., Rocha Júnior, V. R., Carvalho, C. C. S., Alencar, A. M. S., Moura, M. M. A. & Rigueira, J. P. S. (2020). Correlações entre as características produtivas e nutricionais do capim-BRS capiaçu manejado na região semiárida. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, 6(4), 18951-18960. doi: 10.34117/bjdv6n4-168.
- May, A., Silva, D. D. & Santos, F. C. (2013). Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo.
- May, A., Souza, V. F., Gravina, G. A., Fernandes, P. G. (2016). Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciência Rural*, 46:434-439. doi: 10.1590/0103-8478cr20141133
- Martinkoski, L. & Vogel, G. F. (2013). Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem. *Revista Verde*, 8 (5), 177 – 187.
- McDonald, P., Henderson, A. R. & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications.
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., Moura, M. M. A., Rocha Júnior, V. R., Mesquita, V. G., Leal, D. B., Maranhão, C. M. A., Albuquerque, C. J. B. & Chamone, J. M.

- A. (2019a). Yield and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. *Semina Ciências Agrárias*, 41, 745-755. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., Sales, E. C. J., Leal, D. B., Silva, M. F. P., Gomes, V. M., Chamone, J. M. A., Alves, D. D., Carvalho, C. C. S., Murta, J. E. J. & Rocha Júnior, V. R. (2019). Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and Production*, 51,1-7. doi: 10.1007/s11250-019-02012-y
- Muck, R. E., Nadeau, M. G., McAllister, T. A., Contreras Govea, F. E., Santos, M. C. & Kung, L., Jr. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980-4000. doi: 10.3168/jds.2017-13839
- Nocek, J.E. (1988). Métodos in situ e outros para estimar a digestibilidade da proteína e energia ruminal: uma revisão. *Journal of Dairy Science*, 71(8), 2051-2069.
- Parrella, R. A. C., Rodrigues, J. A. S., Tardin, F. D., Damasceno, C. M. B., Schaffert, R. E. (2010). Desenvolvimento de híbridos de tãorgo desenvolvimento ao fotoperíodo para alta produtividade de biomassa. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 28). Sete Lagoas, MG: EMBRAPA Milho e Sorgo.
- Piassa, A. A. P. (2016). *Avaliação agrônômica de cultivares de sorgo biomassa*. Monografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
- Rodrigues, B. H. N., Andrade, A. C., Magalhães, J. A. (2011). Teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido de cinco gramíneas tropicais irrigadas e adubadas em Parnaíba, Piauí. *Embrapa Meio-Norte-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* (INFOTECA-E).
- Rodrigues, B. M. (2018). Composição bromatológica de genótipos de sorgo no município de São João del-Rei. 39f. Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, Brasil.
- Ribas, M. N. (2010). Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com Capim-sudão, normais e mutantes BMR-Portadores de nervura marrom. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG, Brasil.
- Shukla, S., Felderhoff, T. J., Saballos, A. & Vermerris, W. (2017). A relação entre a altura da planta e o acúmulo de açúcar nas hastes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Field Crops Research*, 203(1), 181-191. doi: 10.1016/j.fcr.2016.12.004.
- Sniffen, C. J., O'Connor, D. J., Van Soest, P. J. (1992). A net carbohydrate and protein system

for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70 (12), 3562-3577.

Souza, L. F., Parrella, R. A. C., Santos, C. V., Souza, V. F.; Parrella, N. N. L. D. & Schaffert, R. E. (2016). Desempenho produtivo de híbridos de sorgo biomassa em diferentes ambientes. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

5 TABELA

Tabela 1. Características estruturais e produtivas do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte na região semiárida

Item	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Altura, metros	45	1,18 A	2,27 A	2,63 AB	3,83 A					
	70	1,15 A	1,77 B	2,40 B	3,66 A	0,08	<0,01	0,29	0,01	0,01
	90	1,07 A	2,28 A	2,85 A	3,91 A					
PMS, t/ha	45	9,61 A	12,12 A	14,68 B	20,88 B					
	70	6,6 AB	12,17 B	18,13 AB	22,03 B	1,06	<0,01	0,85	<0,01	<0,01
	90	4,9 B	11,30 B	21,10 A	36,61 A					
Matéria seca, %	45	14,04	15,87	20,06	26,84					
	70	14,54	14,71	21,38	27,03	0,59	<0,01	<0,01	<0,01	0,10
	90	13,40	14,15	17,55	25,91					
Colmo, %	45	76,32	80,51	78,02	81,50					
	70	75,10	80,55	79,55	82,11	1,15	<0,01	<0,01	0,93	0,09
	90	71,78	81,95	80,23	82,26					
Folha, %	45	21,97	18,62	16,68	13,55					
	70	23,44	18,24	15,72	12,86	0,38	<0,01	<0,01	0,95	0,49
	90	22,64	17,23	16,32	14,02					
Material Senescente, %	45	1,70 B	0,87 A	5,29 A	4,95 A					
	70	1,45 B	1,21 A	4,73 A	5,03 A	0,89	<0,01	0,09	0,90	0,01
	90	5,59 A	0,82 A	3,44 A	3,71 A					
Relação Lâmina: Colmo	45	0,29	0,23	0,21	0,16	0,01	<0,01	<0,01	0,92	0,56

70	0,31	0,22	0,19	0,15
90	0,32	0,21	0,20	0,17

ESP- espaçamento de plantio; PMS - Produção de matéria seca; erro padrão da média; probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Tabela 2. Equações de regressão das características estruturais e produtivas do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte na região semiárida

Item	ESP	Idade de Corte (dias)				R ²	P<t
		70	100	130	160		
Altura, metros	45		$\hat{y} = 0,0277x - 0,708$		0,9647	<0,01	
	70		$\hat{y} = 0,0272x - 0,883$		0,9648	<0,01	
	90		$\hat{y} = 0,0303x - 0,957$		0,9835	<0,01	
PMS, kg/ha	45		$\hat{y} = 117,38x + 707,32$		0,9561	<0,01	
	70		$\hat{y} = 167,39x - 4694$		0,9862	<0,01	
	90		$\hat{y} = 338,02x - 20736$		0,9735	<0,01	
MS, %	45						
	70		$\hat{y} = 0,1342x + 3,415$		0,8626	<0,01	
	90						
Colmo, %	45						
	70		$\hat{y} = 0,0698x + 71,133$		0,6467	<0,01	
	90						
Folha, %	45						
	70		$\hat{y} = -0,098x + 28,878$		0,9636	<0,01	
	90						
Material Senescente, %	45		$\hat{y} = 0,0472x - 2,2293$		0,6644	<0,01	
	70		$\hat{y} = 0,0475x - 2,3613$		0,8021	<0,01	
	90		$\hat{y} = -0,0101x + 4,5477$		0,0395	<0,01	
Relação Lâmina: Colmo	45						
	70		$\hat{y} = -0,0015x + 0,398$		0,92	<0,01	
	90						

ESP - espaçamento de plantio; PMS - Produção de matéria seca; EPM - erro padrão da média; P - probabilidade.

Tabela 3. Composição química do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte na região semiárida

Item, %	ESP	Idade de Corte (dias)				Média	EPM	P-valor			
		70	100	130	160			IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Matéria seca	45	13,86	15,55	19,92	26,83	19,04 A					
	70	14,38	14,36	21,42	26,92	19,27 A	0,65	<0,01	<0,01	0,01	0,07
	90	15,94	13,78	17,46	25,63	18,20 B					
Cinzas	45	10,71 A	7,37 AB	8,07 A	4,09 A						
	70	10,36 A	9,43 A	7,70 A	4,01 A		0,37	<0,01	<0,01	0,41	0,01
	90	10,39 A	8,86 B	8,16 A	4,04 A						
Proteína bruta	45	6,79	5,80	4,47	3,22	5,07 B					
	70	8,22	6,29	5,71	2,98	5,80 AB	0,22	<0,01	0,34	<0,01	0,14
	90	7,38	6,44	6,37	4,63	6,20 A					
Fibra em detergente neutro	45	62,66	67,89	69,28	61,78						
	70	61,30	65,55	70,56	58,30		1,53	0,58	<0,01	0,36	0,08
	90	62,85	65,50	65,20	63,32						
Fibra em detergente ácido	45	41,01	43,70	44,69	39,02						
	70	39,17	39,49	46,54	35,38		1,09	0,90	<0,01	0,40	0,40
	90	37,43	43,63	44,69	41,61						
Lignina	45	7,60	8,50	11,30	7,92						
	70	7,86	7,80	10,54	8,84		0,94	0,42	0,02	0,98	0,41
	90	6,61	9,70	9,30	9,18						
Carboidratos totais	45	78,72	81,41	82,41	88,38	82,73 A	0,36	<0,01	<0,01	0,01	0,19
	70	75,73	78,82	81,36	89,12	81,26 B					

	90	76,92	80,09	81,43	87,46	81,47 AB					
	45	16,06 A	13,51 A	13,13 AB	26,60 AB						
Carboidratos não fibrosos	70	14,43 A	13,27 A	10,79 B	30,81 A		1,51	<0,01	0,02	0,99	0,01
	90	14,06 A	14,58 A	16,22 A	24,13 B						
	45	49,58	51,12	49,86	54,40						
Nutrientes digestíveis totais	70	53,09	51,77	49,26	55,76		0,88	<0,01	<0,01	0,07	0,09
	90	52,30	50,16	49,57	52,48						

ESP - espaçamento de plantio; PMS - Produção de matéria seca; EPM - erro padrão da média; P - probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 4. Degradabilidade ruminal da matéria seca do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte na região semiárida

Item, %	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Fração a	45	18,27	15,49	11,72	22,15					
	70	22,54	15,1	13,71	21,39	0,95	0,53	<0,01	0,11	0,21
	90	16,02	15,58	13,58	17,53					
Fração b	45	59,26 A	42,85 A	37,24 A	44,25 A					
	70	51,39 B	42,79 A	42,30 A	41,48 A	2,22	<0,01	0,01	0,60	<0,01
	90	57,29 AB	45,98 A	28,05 B	46,86 A					
Taxa de degradação c, %/h	45	5,00	6,25	2,00	2,25					
	70	2,25	6,00	6,00	7,75	0,01	0,57	0,50	0,34	0,06
	90	5,75	2,50	9,50	5,00					
Degradabilidade potencial	45	77,54 A	58,34 A	48,96 AB	66,41 A					
	70	73,93 A	57,90 A	56,02 A	62,87 A	2,62	<0,01	<0,01	0,30	0,03
	90	73,32 A	61,56 A	41,63 B	64,40 A					
Fração indegradável	45	60,59 A	45,76 A	29,87 B	43,67 A					
	70	49,92 B	45,08 A	42,18 A	51,17 A	2,62	<0,01	<0,01	0,3	0,03
	90	56,93 AB	39,72 A	35,22 AB	50,68 A					
Degradabilidade efetiva	45	47,98 A	37,08 A	22,22 B	35,16 A					
	70	38,74 A	36,46 A	33,57 A	43,18 A	2,9	<0,01	<0,01	0,51	0,01
	90	44,95 A	30,25 A	30,42 AB	40,80 A					

ESP - espaçamento de plantio; PMS - Produção de matéria seca; erro padrão da média; probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo

teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 5. Cinética ruminal da fração fibrosa do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte na região semiárida

Item, %	ESP	Idade de Corte (dias)				EPM	P-valor			
		70	100	130	160		IdadeL	IdadeQ	Esp	Idade x Esp
Fração Bp	45	64,71 AB	40,85 A	24,92 B	34,40 B	3,73	<0,01	0,01	0,11	<0,01
	70	68,32 A	36,70 A	46,68 A	35,32 B					
	90	51,93 B	49,19 A	19,07 B	50,47 A					
Taxa de degradação c, %/h	45	3,49 A	5,50 A	2,80 B	7,25 A	<0,1	0,02	0,07	0,03	<0,01
	70	1,49 B	6,70 A	1,85 B	8,00 A					
	90	3,99 A	2,99 B	9,52 A	1,88 B					
Degradabilidade efetiva	45	42,47 A	29,31 A	20,00 A	28,23 A	2,62	<0,01	0,01	0,34	<0,01
	70	29,93 B	28,15 A	22,45 A	31,81 A					
	90	40,86 A	31,23 A	15,99 A	25,25 A					
Ip	45	27,45 A	20,86 A	15,02 A	20,99 AB	3,73	<0,01	0,01	0,11	<0,01
	70	16,11 B	20,49 A	12,62 A	24,29 A					
	90	30,55 A	19,74 A	12,91 A	14,23 B					

ESP - espaçamento de plantio; PMS - Produção de matéria seca; erro padrão da média; probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 6. Equações de regressão para cinética ruminal da matéria seca e fração fibrosa do sorgo biomassa BRS 716 manejado em diferentes espaçamentos de plantio e idade de corte na região semiárida

Item, %	ESP	Idades de corte (dias)				R ²	P<t
		70	100	130	160		
<i>Matéria seca</i>							
Fração a	45						
	70		$y = 0,004x^2 - 0,82x + 58,29$		0,8	<0,01	
	90						
Fração b	45		$y = 0,006x^2 - 1,66x + 144,03$		0,99	<0,01	
	70		$y = -0,10x + 56,07$		0,71	<0,01	
	90		$y = 0,008x^2 - 2,09x + 160,65$		0,79	<0,01	
Degradabilidade potencial	45		$y = 0,010x^2 - 2,48x + 202,39$		0,97	<0,01	
	70		$y = 0,006x^2 - 1,58x + 153,02$		0,99	<0,01	
	90		$y = 0,010x^2 - 2,36x + 194,18$		0,76	<0,01	
Fração indegradável	45		$y = 0,008x^2 - 2,05x + 166,75$		0,9	0,01	
	70		$y = 0,004x^2 - 0,88x + 93,246$		0,91	<0,01	
	90		$y = 0,009x^2 - 2,16x + 160,36$		0,99	<0,01	
Degradabilidade efetiva, (k=5%/h)	45		$y = 0,007x^2 - 1,70x + 136,18$		0,85	<0,01	
	70		$y = 0,003x^2 - 0,72x + 73,95$		0,83	<0,01	
	90		$y = 0,007x^2 - 1,64x + 125,61$		0,99	<0,01	
<i>Fibra em detergente neutro</i>							
Fração Bp	45		$y = 0,009x^2 - 2,48x + 194,24$		0,98	<0,01	
	70		$y = 0,006x^2 - 1,59x + 148,98$		0,72	<0,01	
	90		$y = 0,009x^2 - 2,29x + 170,64$		0,47	>0,05	
Taxa de degradação c, %/h	45		$y = 0,001x^2 - 0,13x + 9,67$		0,42	>0,05	
	70		$y = 0,0003x^2 - 0,01x + 2,04$		0,33	>0,05	
	90		$y = -0,002x^2 + 0,42x - 17,79$		0,32	>0,05	
Degradabilidade efetiva (k=5%/h)	45		$y = 0,006x^2 - 1,54x + 121,84$		0,96	<0,01	
	70		$y = 0,003x^2 - 0,71x + 65,55$		0,63	<0,01	
	90		$y = 0,005x^2 - 1,41x + 115,62$		0,86	<0,01	
I _p	45		$y = 0,003x^2 - 0,88x + 72,96$		0,92	<0,01	
	70		$y = 0,002x^2 - 0,41x + 36,49$		0,35	>0,05	
	90		$y = 0,003x^2 - 0,96x + 81,51$		0,9955	<0,01	

ESP - espaçamento entre linhas de plantio; PMS - Produção de matéria seca; R² - Coeficiente de determinação; probabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico e nutricional do sorgo biomassa BRS 716 em diferentes espaçamentos de plantio e idades de corte para maximizar sua utilização em produtividade e busca pelo ponto ideal do perfil fermentativo da silagem do sorgo biomassa para produção de silagem em quantidade e qualidade.

O estudo destacou fatores e análises que justifica o uso do sorgo BRS 716 devido ao seu potencial forrageiro, sendo uma excelente alternativa na nutrição de bovinos.