



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DESEMPENHO AGRONÔMICO E ENSILABILIDADE DE
GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES PROPÓSITOS
CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE
MATO GROSSO

MARIA ANTONIA BORTOLUCCI DA ROSA

Sinop, Mato Grosso
Maior de 2021

MARIA ANTONIA BORTOLUCCI DA ROSA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ENSILABILIDADE DE
GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES PROPÓSITOS
CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE
MATO GROSSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira

Coorientadores: Prof. Dr. Flávio Dessaune Tardin

Prof. Dr. Arthur Behling Neto

Sinop, Mato Grosso

Maio de 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

R788d Rosa, Maria Antonia Bortolucci da.
Desempenho agronômico e ensilabilidade de genótipos de sorgo de diferentes propósitos cultivados em primeira safra no norte de Mato Grosso / Maria Antonia Bortolucci da Rosa. -- 2021
xiii, 73 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Dalton Henrique Pereira.

Co-orientadora: Flávio Dessaune Tardin.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2021.

Inclui bibliografia.

1. produtividade. 2. silagem. 3. Sorghum bicolor. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM [NOME DO PPG]

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESEMPENHO AGRONÔMICO E ENSILABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES PROPÓSITOS, CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE MATO GROSSO"

AUTOR (A): MESTRANDO (A) Maria Antonia Bortolucci da Rosa

Dissertação defendida e aprovada em 28/05/2021.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor(a) Dalton Henrique Pereira (Presidente Banca / Orientador)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
 2. Doutor(a) Flávio Dessaune Tardin (Examinador Interno)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
 3. Doutor(a) ARTHUR BEHLING NETO (Examinador Interno)
INSTITUIÇÃO: Embrapa Milho e Sorgo
 4. Doutor(a) Rafael Augusto da Costa Parrella (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: Embrapa Milho e Sorgo
 5. Doutor(a) Bruno Carneiro e Pedreira (Examinador Suplente)
INSTITUIÇÃO: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL
- SINOP 28/05/2021.



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Augusto da Costa Parrella, Usuário Externo**, em 02/06/2021, às 14:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Dessaune Tardin, Usuário Externo**, em 10/06/2021, às 19:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **DALTON HENRIQUE PEREIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 11/06/2021, às 08:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ARTHUR BEHLING NETO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 11/06/2021, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3535279** e o código CRC **7C353C19**.

*Aos meus pais, José Antonio e Maria Helena, que sempre lutaram para me proporcionar
melhores condições de estudo e me ensinaram a importância do conhecimento.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço Deus, pela vida e pela fé, que me guia em todos os momentos.

Ao meu esposo Lucas, pelo apoio incondicional durante essa jornada. Sua ajuda e incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui e para dar continuidade nesse caminho.

Aos meus pais, Maria Helena e José Antonio e aos meus irmãos, Rodrigo e Zezé, por todo apoio e por sempre acreditarem no meu potencial, as vezes mais que eu mesma. Carrego um pouco de cada um em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira, pela confiança ao me permitir ser sua orientada sem me conhecer. Obrigada pela oportunidade com este projeto, os ensinamentos e a orientação.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Flávio Dessaune Tardin, por toda a ajuda e acolhimento desde o início. Agradeço pelos ensinamentos sem esquecer o bom humor e o lado humano de cada um. A você, minha admiração e respeito.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Arthur Behling Neto, pelo auxílio em todas as etapas deste trabalho e pelo exemplo de profissional.

Aos colegas do PPGZ, as amizades que o mestrado me proporcionou em diferentes épocas: Thaís e Mayara, obrigada pelas longas conversas e os lanches. A Denise e Leandro, por estarem sempre dispostos a me ajudar e passar o conhecimento de vocês, obrigada!

A Juliana Souza, minha fiel companheira de experimento e mestrado. Sua ajuda e amizade foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Obrigada por todo apoio, colheitas e análises, sempre compartilhando os problemas e risadas, mesmo quando a vontade era de desistir!

As minhas queridas ajudantes de laboratório, Janaine, Tainara F., Anielen e Jezyka por toda a ajuda e bom humor nos infinitos dias de análises. Vocês contribuíram para que esses momentos fossem menos exaustivos.

Aos “estagiários do Tardin”: Jéssica, Murilo e Felipe, obrigada por toda ajuda na condução e colheitas do experimento, sempre com um sorriso no rosto mesmo debaixo do sol escaldante!

Aos membros do Grupo de Pesquisa em Pecuária Integrada (GEPI), aos mestrandos Artur e Adriano, os graduandos Lázaro, Dhuliely, Maria Eduarda, Tainara W., Adriele, Elen e Mateus, pela ajuda e por me fazer sempre buscar e compartilhar por novos conhecimentos.

A Embrapa Milho e Sorgo, nas pessoas dos pesquisadores Flávio D. Tardin, Rafael Augusto da Costa Parrella e José Avelino Santos Rodrigues, por ceder os genótipos desenvolvidos em seu programa de melhoramento genético de sorgo.

A Embrapa Agrossilvipastoril por ceder o local para realização desse trabalho. Aos funcionários, Fábio, pela ajuda e paciência no laboratório. Ao Cledir e Walcir pela ajuda na condução do experimento. Obrigada a todos que contribuíram de alguma forma.

A Universidade Federal de Mato Grosso e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia por permitir a realização deste mestrado.

As instituições de fomento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pela bolsa de mestrado e recursos para realização desta pesquisa.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram e participaram desse projeto. Aprendi muito com vocês!

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

Nascida em onze de novembro de 1987, no município de Araras, São Paulo, Maria Antonia Bortolucci da Rosa é filha de Maria Helena Sotta Bortolucci e José Antonio Bortolucci. Concluiu os estudos a nível médio em 2005, no Centro Universitário Adventista (atual UNASP), campus Engenheiro Coelho/SP. Em 2010 ingressou para o curso de bacharelado em Engenharia Agrônômica na UniPinhal, em Espírito Santo do Pinhal/SP, concluindo seus estudos em 2014. Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFMT/Campus de Sinop em 2019 e desenvolveu pesquisas relacionadas a produção e conservação de forragem de diferentes genótipos de sorgo, sobre o que trata sua dissertação.

ROSA, MARIA ANTONIA BORTOLUCCI da. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, maio de 2021, 73 f. **Desempenho agrônômico e ensilabilidade de genótipos de sorgo de diferentes propósitos cultivados em primeira safra no Norte de Mato Grosso.** Orientador: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira. Coorientadores: Prof. Dr. Flávio Dessaune Tardin e Prof. Dr. Arthur Behling Neto.

RESUMO - A demanda por cultivares de sorgo de melhor qualidade e produtividade estimula o surgimento de inúmeros genótipos com características específicas de porte, ciclo e aptidão, que têm influência marcante na produtividade e no valor nutritivo da silagem produzida. Diante deste cenário, objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico e a ensilabilidade de cultivares experimentais e comerciais de sorgo de diferentes aptidões. O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril e na UFMT em Sinop/MT. Foram avaliados diferentes genótipos com enfoque em características como altura, produção, proporções físicas das plantas e fatores intrínsecos que podem influenciar o processo fermentativo da silagem, como capacidade tampão, carboidratos solúveis, matéria seca, coeficiente de fermentação e as características bromatológicas da forragem. Assim, oito híbridos experimentais da Embrapa (os forrageiros 15F30005 e 15F30006, os sacarinos CMSXS 5027, 5030, 5043 e 5045 e os biomassa 2019B008 e CMSXS 7501 *bmr*) e sete comerciais (os forrageiros BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS Ponta Negra, o sacarino BRS 511, e os biomassa BRS 716 e AGRI-002E) em delineamento de blocos casualizados, com 15 tratamentos e três repetições. Os dados foram agrupados e avaliados pelo método proposto por Scott-Knott ($P < 0,05$), exibindo diferença entre os genótipos para todas as variáveis, exceto para população de plantas. O grupo com florescimento mais precoce foi composto por BRS 659 e BRS 511, com 70 e 69 dias, respectivamente, e como mais tardio, o CMSXS 7501 *bmr*, com 136 dias. Em relação à altura de plantas, o grupo composto por 2019B008, BRS 716 e AGRI-002E foi considerado mais alto, com 5,27 m de média. Para folha, destacou-se o cultivar Volumax, com 202,1 g kg⁻¹ MS, para colmo, o grupo com maior proporção, constituído por BRS 511, CMSXS 5043, CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008, com média de 797,9 g kg⁻¹ MS. Para panícula, gerou-se quatro grupos, com BRS 658 e BRS 659 com a maior proporção, de 397,8 g kg⁻¹ MS. As maiores produtividades em matéria verde foram pertencentes ao grupo formado por BRS 716 e CMSXS 5043, com média de 101,9 Mg ha⁻¹. Para produção em matéria seca, os cultivares AGRI-002E e BRS 716 compuseram o grupo de maior média,

com 28,77 Mg ha⁻¹. Os BRS 716, AGRI-002E, BRS 658 e 659 obtiveram maiores teores de matéria seca, com 297,7 g kg⁻¹ MS. Para capacidade tampão, o BRS 511 obteve menor teor, de 16,2 g kg⁻¹ MS. Para carboidratos solúveis, os BRS 511 e CMSXS 5030 apresentaram a maior média, de 391,7 g kg⁻¹ MS. Dentre as características bromatológicas, destaca-se os materiais CMSXS 5043, 5045, AGRI-002E, BRS 716 e 2019B008 com a maior média para fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, com 687,4 g kg⁻¹ MS. Para proteína bruta, destacam-se BRS 658 e 659 com a maior média, 70,9 g kg⁻¹ MS. Para carboidratos não fibrosos, os maiores teores ficaram com o grupo composto por BRS 511, CMSXS 5027 e 5030, com 443,2 g kg⁻¹ MS de média. Para nutrientes digestíveis totais o grupo de maior média, com 639,31 g kg⁻¹ de MS foi composto pelos sacarinos BRS 511, CMSXS 5027 e CMSXS 5030. Todos os genótipos se mostraram passíveis de serem ensilados e produzirem silagens de adequado padrão fermentativo.

Palavras-chave: produtividade, silagem, *Sorghum bicolor*.

ROSA, MARIA ANTONIA BORTOLUCCI da. Master's Dissertation (Animal Science), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, maio de 2021, 73f. **Agronomic performance and ensilability of sorghum genotypes for different purposes cultivated in the first harvest in northern Mato Grosso.** Adviser: Prof. Dr. Dalton Henrique Pereira. Co-advisers: Prof. Dr. Flávio Dessaune Tardin e Prof. Dr. Arthur Behling Neto.

ABSTRACT - The demand for sorghum cultivars of better quality and productivity stimulates the emergence of numerous genotypes with specific characteristics of size, cycle, and aptitude, which have a marked influence on the productivity and nutritional value of the silage produced. In this scenario, the objective was to evaluate the agronomic performance and ensilability of experimental and commercial sorghum cultivars of different aptitudes. The experiment was conducted at Embrapa Agrossilvipastoril and at UFMT in Sinop/MT. Different genotypes were evaluated focusing on characteristics such as height, production, physical proportions of plants and intrinsic factors that may influence the silage fermentation process, such as buffering capacity, soluble carbohydrates, dry matter, fermentation coefficient and forage bromatological characteristics. Thus, eight experimental hybrids from Embrapa (forages 15F30005 and 15F30006, saccharine CMSXS 5027, 5030, 5043 and 5045 and biomass 2019B008 and CMSXS 7501 *bmr*) and seven commercial hybrids (forages BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS Ponta Negra, saccharine BRS 511, and biomass BRS 716 and AGRI-002E) in a randomized block design, with 15 treatments and three replications. Data were grouped and evaluated by the method proposed by Scott-Knott ($P < 0.05$), showing differences between genotypes for all variables, except for plant population. The group with the earliest flowering was composed of BRS 659 and BRS 511, with 70 and 69 days, respectively, and as a later one, CMSXS 7501 *bmr*, with 136 days. Regarding plant height, the group consisting of 2019B008, BRS 716 and AGRI-002E was considered taller, with an average of 5.27 m. For leaves, the cultivar Volumax, with 202.1 g kg⁻¹ DM, stood out, for stem, the group with the highest proportion, constituted by BRS 511, CMSXS 5043, CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 and 2019B008, with an average of 797.9 g kg⁻¹ MS. For panicle, four groups were generated, with BRS 658 and BRS 659 with the highest proportion, 397.8 g kg⁻¹ DM. The highest yields in green matter belonged to the group formed by BRS 716 and CMSXS 5043, with an average of 101.9 Mg ha⁻¹. For dry matter production, cultivars AGRI-002E

and BRS 716 formed the group with the highest average, with 28.77 Mg ha⁻¹. The BRS 716, AGRI-002E, BRS 658 and 659 had higher dry matter contents, with 297.7 g kg⁻¹ DM. For buffer capacity, BRS 511 had the lowest content, of 16.2 g kg⁻¹ DM. For soluble carbohydrates, BRS 511 and CMSXS 5030 had the highest average, 391.7 g kg⁻¹ DM. Among the bromatological characteristics, the materials CMSXS 5043, 5045, AGRI-002E, BRS 716 and 2019B008 stand out with the highest average for insoluble fiber in neutral detergent corrected for ash and protein, with 687.4 g kg⁻¹ MS. For crude protein, BRS 658 and 659 stand out with the highest average, 70.9 g kg⁻¹ DM. For non-fibrous carbohydrates, the highest contents were in the group composed of BRS 511, CMSXS 5027 and 5030, with 443.2 g kg⁻¹ DM on average. For total digestible nutrients, the group with the highest average, with 639.31 g kg⁻¹ of DM, was composed of saccharine BRS 511, CMSXS 5027 and CMSXS 5030. All genotypes proved to be able to be ensiled and produce silages with an adequate fermentation pattern.

Keywords: productivity, silage, *Sorghum bicolor*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
1.1 A cultura do sorgo.....	03
1.2 Processo de ensilagem.....	09
1.3 Silagem de sorgo.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
2 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES PROPÓSITOS CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE MATO GROSSO.....	33
RESUMO.....	33I
INTRODUÇÃO.....	34M
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
3 ENSILABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES PROPÓSITOS CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE MATO GROSSO.....	52
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
CONCLUSÃO.....	68
CONCLUSÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui aproximadamente 213,7 milhões de cabeças de bovinos, sendo o país com o maior rebanho do mundo. O país ocupa também a primeira colocação em exportações, com 2,5 milhões toneladas equivalentes de carcaça (TEC) exportadas. Contudo, é o segundo colocado em produção de carne, tornando-se responsável por 10,5 milhões de TEC, atrás dos EUA, com 12,3 milhões de TEC (ABIEC, 2020).

Segundo a Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2020) 8,51% da área total do país, que somam 72,5 milhões de hectares (ha), são ocupados por culturas agrícolas. Porém, existem ainda 82 milhões de hectares com aptidão agrícola fora do Bioma Amazônia, correspondendo a 9,63% da área.

Do montante de cabeças de bovinos no Brasil, o estado de Mato Grosso se destaca com 13,98%. O estado possui uma área de 90,3 milhões de ha, onde aproximadamente 9,8 milhões de ha são destinados a lavouras e 23,1 milhões de ha a pastagens, extensivas ou intensivas. Existem ainda as áreas de integração lavoura-pecuária, que somam um total de 891,7 mil ha (IBGE, 2017; 2021).

Apesar da extensa área agricultável, sabe-se que algumas regiões do país passam por períodos de sazonalidade climática, onde ocorre uma baixa disponibilidade de forragem com consequentemente diminuição da qualidade desse alimento, fazendo com que o desempenho animal seja reduzido, pois a maior parte do rebanho bovino nacional é criada em sistemas extensivos, tendo o pasto como principal alimento. Desta forma, para minimizar esse impacto e tornar independente o processo de produção e utilização da forragem, surge como alternativa a produção de silagem (Stella et al., 2016).

O processo de ensilagem consiste em criar um ambiente totalmente anaeróbico, favorecendo o crescimento de bactérias ácido lácticas (BAL). As BALs são responsáveis por

fermentar os carboidratos solúveis, sendo os principais glicose e frutose, dando origem aos ácidos orgânicos, especialmente o lactato. O ácido gerado tem como finalidade reduzir o pH do meio e isto faz com que a multiplicação de microrganismos indesejáveis diminua. Este processo é dividido em quatro fases: aeróbia, fermentação ativa, estável e descarga (Mc Donald et al., 1981; Kung Jr., 2002).

Dentre as plantas forrageiras, o milho e o sorgo são considerados as culturas mais utilizadas para produção de silagem (Souza, 2008). O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) possui metabolismo C4 com elevadas taxas fotossintéticas. Seus diferentes genótipos, em sua maioria são sensíveis ao fotoperíodo e possuem maior tolerância a períodos secos que outros cereais. Também conseguem se adaptar a solos de baixa fertilidade e com presença de alumínio, contudo, respondem a melhorias de fertilidade e disponibilidade hídrica, quando comparados ao milho, por exemplo (Magalhães et al., 2008; Rodrigues et al., 2015).

Classificado conforme suas finalidades e características agronômicas, são cultivados no Brasil cinco tipos de sorgo, sendo eles: granífero, biomassa, sacarino, forrageiro (silageiro/corte e pastejo) e vassoura (Rodrigues et al., 2015).

Desse modo, a escolha do genótipo para produção de silagem é feita com base no propósito que foi desenvolvido e características agronômicas, levando-se em conta o comportamento das cultivares como alta produção de forragem, maior proporção de folhas, *stay green*, alta produtividade de grãos e digestibilidade de fibra, resistência a pragas, doenças e ao acamamento e manejo mecanizável (Rodrigues et al., 2014).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho agrônomico de 15 genótipos de sorgo de diferentes propósitos e sua ensilabilidade, visando identificar novos materiais produtivos com potencial de serem lançados no mercado e passíveis de recomendação para produção de silagens de qualidade no Norte de Mato Grosso.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A CULTURA DO SORGO

Originário do continente africano, o sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma gramínea (*Poaceae*) e pode ter sido domesticada muito antes do que constam os registros sobre sua produção. Diversos fatores podem ter colaborado para sua disseminação, como o clima local, que contribuiu para alterações de áreas de cultivo e intensificação do cultivo de cereais para consumo, o processo de migração de pessoas e a criação de rotas comerciais, cerca de 5.000 anos atrás (Mann et al., 1983).

Sua domesticação iniciou-se pela seleção humana com a colheita de toda a inflorescência e a utilização desta semente como grão, selecionando as plantas que possuíam maiores panículas e com mais grãos, resultando em diferentes pressões de seleção que causaram mudanças alélicas em apenas dois *loci*. Esta mudança inicial resultou em alterações drásticas nas próprias plantas e em como elas são usadas (Mann et al., 1983).

Snowden (1936) considerou que o sorgo tem centros de origem separados para os diferentes tipos, com a raça selvagem *aethiopicum* dando origem às raças durra e bicolor, *arundinaceum* à guiné e *verticilliflorum* a kafirs.

Apesar de ser uma cultura antiga, somente a partir do fim do século passado houve um amplo desenvolvimento em regiões agrícolas do mundo. Nos países em crescimento, o sorgo, principalmente o granífero, destina-se à alimentação humana, enquanto nos países desenvolvidos sua utilização é basicamente como alimento animal (Garcia et al, 1987).

O sorgo é uma planta autógama, de metabolismo C4, dias curtos e com altas taxas fotossintéticas. A grande maioria requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento (Magalhães et al., 2008). Também é classificado como sensível

ao fotoperiodismo, que pode ser definido como a resposta do crescimento à duração dos períodos com e sem luz.

Por ser uma planta de dias curtos, floresce em noites longas, ou seja, no caso de genótipos tropicais, quando os dias têm menos de 12 horas e 20 minutos (Paul, 1990; Bello, 1997). Isso ocorre porque a gema apical permanece em seu estado vegetativo até que a duração dos dias decresça o bastante para que se diferencie em gema floral, evento conhecido como fotoperíodo indutivo (Magalhães et al., 2008).

Por sua origem tropical, é uma das culturas mais sensíveis a baixas temperaturas. A temperatura mínima de crescimento e atividade fotossintética para a maioria tipos de sorgo é 16°C (Doggett, 1970; Rhykerd, et al., 1960).

A planta de sorgo possui maior tolerância ao déficit hídrico e o excesso de umidade no solo, quando comparado com a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo (Magalhães et al., 2008). Isso acontece através de dois mecanismos: o escape e a tolerância.

A tolerância está a um nível bioquímico e relacionada a genes que codificam proteínas presentes na parede celular, associadas à expansão da célula, que fazem com que haja flexibilidade e com isso, as folhas terão uma desidratação mais lenta, evitando que se perca a integridade celular. Já o escape está relacionado ao sistema radicular que é muito alongado e dispõe de inúmeras raízes secundárias e pelos absorventes, fazendo com que se torne eficaz na retirada de água do solo. Contudo, o déficit hídrico pode interferir na produtividade, principalmente quando ocorre na fase de florescimento ou enchimento dos grãos (Rodrigues et al., 2015).

Quando comparado com o milho, produz mais sobre estresse hídrico, murcha menos e é capaz de se recuperar de murchas prolongadas (Magalhães et al., 2008). Devido a essa maior resistência ao déficit hídrico, possui uma janela de plantio maior em relação a outros cereais,

podendo ser implantado do início da estação chuvosa até o fim do mês de março, utilizando o estado do Mato Grosso como referência (Conab, 2020).

As condições de fertilidade do solo constituem um fator importante para que ocorra um desenvolvimento adequado e conseqüentemente uma boa produtividade. O Brasil possui em sua grande maioria Latossolos, Argissolos e Neossolos, ocupando aproximadamente 70% do território nacional. Por volta de 58% da área são ocupados por Latossolos e Argissolos, geralmente áreas de baixa fertilidade e com alta saturação por alumínio (Embrapa, 2011).

É uma cultura mais tolerante a solos com baixa fertilidade e alguns materiais possuem o gene SbMATE, que confere tolerância a solos com presença de alumínio. (Bernardino et al., 2016). No entanto, tendem a responder positivamente a melhorias na fertilidade, especialmente ao controle da toxidez de alumínio (Rodrigues et al., 2015).

Entre suas características está o perfilhamento, que é influenciado pelo grau de dominância apical, que por sua vez, é regulado por fatores hormonais, ambientais e genéticos, podendo o perfilho ser basal ou axilar, sendo que as vantagens e desvantagens variam de acordo com o tipo de sorgo e seu propósito (Rodrigues et al., 2015).

Outro atributo é o *stay green*, em tradução livre do inglês, “permanecer verde”. Trata-se de um traço genético da planta que permanece verde mesmo quando a panícula já se encontra em adiantado estágio de maturação. É muito influenciado pelo ambiente e pode trazer duas vantagens básicas: a primeira está ligada à translocação de carboidratos por um período maior, já que as plantas têm possibilidade de realizar fotossíntese e aumentar o rendimento de grãos; a segunda é manter a planta ereta, ou seja, evitar o tombamento ou acamamento, uma vez que estruturas de caules verdes fazem que as plantas se tornem mais resistentes (Silva et al. 2008).

Alguns genótipos, como os forrageiros, possuem a capacidade de rebrotação. Em alguns casos, a produção de forragem pode chegar a 40 a 60% do primeiro corte. Isso ocorre porque após a colheita, a planta conserva vivo o seu sistema radicular. Essa característica tem vantagens

quando o sorgo é utilizado para produção de forragem ou pastejo dos animais. Também pode contribuir para o aumento de resíduos sobre o solo, além de manter ativo o sistema radicular, promovendo a estabilidade física do solo (Rodrigues et al., 2015).

O gênero *Sorghum* contém o glicosídeo cianogênico durrina e o composto p-dihidroxi mandelonitrilo, que quando ingerido por ruminantes, na presença de enzimas B-glicosidases produzem açúcar e o produto cianogênico correspondente. Quando é triturada, o glicosídeo e as enzimas que estão na planta entram em contato, liberando o cianeto, que quando ingerido, combina-se com a hemoglobina para formar a cianohemoglobina, impossibilitando o transporte de oxigênio (Tokarnia et al., 2000; Radostits et al., 2000; Cereda, 2003). Quando utilizado como pastejo direto, precauções devem ser tomadas quanto ao risco de intoxicação dos animais pois a durrina concentra-se mais nas folhas superiores das plantas. Geralmente não há risco de intoxicação quando as plantas alcançam 60 cm de altura (Rodrigues et al., 2015;).

De acordo com a CONAB (2021b), a área total de sorgo granífero é estimada em 842,4 mil hectares e deverá apresentar um aumento de 0,8% em relação ao ano agrícola anterior. Em produção, estima-se que o Brasil produza 2,76 milhões de mega gramas (Mg) de grãos nesta safra, aumento de 10,5% em relação à safra passada. No estado de Mato Grosso, observa-se aumento de 5,8% na área destinada ao cultivo na safra 2020/21, passando de 46,6 mil ha para 49,3 mil ha.

Existem cinco tipos de sorgo cultivados no Brasil, classificados de acordo com sua finalidade e características agronômicas. O tipo granífero compreende plantas de porte baixo (inferior a 1,5 m) destinadas a produção de grãos, insensíveis ao fotoperiodismo e com um ciclo de 90 a 120 dias, em média. Tem se expandido pelo Brasil, com cerca de 90% de sua semeadura ocorrendo entre janeiro e março, com desempenho muitas vezes superior ao do milho em segunda safra (Von Pinho et al., 2007; Menezes et al., 2015; CONAB, 2019).

O sorgo granífero pode ser um bom substituto para o milho em rações de animais, para aves e suínos substituindo parcialmente e para ruminantes podendo preencher totalmente a porcentagem de milho utilizada. Realizar essa substituição é de grande valia, tendo em vista que seu custo de produção e valor de comercialização são menores, se comparados ao milho (Eicholz et al., 2020).

De acordo com a CONAB (2021a), utilizando-se a produção em segunda safra na região de Unaí-MG em 2020, o custo de produção do milho ficou em R\$2.924,78 ha⁻¹, enquanto para o sorgo granífero o custo foi de R\$1.441,56 ha⁻¹, significando uma redução de 50,7% em relação ao custo de produção do milho por hectare.

O sorgo do tipo biomassa inclui genótipos mais sensíveis ao fotoperiodismo, podendo atingir alturas superiores a 5 m com um ciclo médio de 180 dias. Foram desenvolvidos para geração de energia através da queima de sua biomassa e geração de etanol de segunda geração (etanol da celulose). Segundo Oliveira et al. (2020), a produção pode chegar a 150 Mg ha⁻¹ de massa verde além de possibilitar um manejo totalmente mecanizado.

Para o BRS 716, cultivar biomassa, Tardin et al. (2018) em ensaio conduzido em primeira safra em Sinop/MT, encontraram valores de produção de massa verde de 88 Mg ha⁻¹ e florescimento médio de 136 dias após plantio. Já Batista (2016) observou produção de 119 Mg ha⁻¹ de massa verde e 35 Mg ha⁻¹ de massa seca, com participação dos componentes de 52,2 g kg⁻¹ MS para panícula e 771,0 g kg⁻¹ MS de colmo, em experimento realizado em Coimbra/MG.

Santos e Parrella (2020) em experimento com diferentes épocas de colheita para cultivares biomassa em Sete Lagoas e Janaúba/MG ao analisar cultivares biomassa com gene BMR, observaram valores de 5,09 metros de altura para o BRS 716 e produção de 128,38 Mg ha⁻¹, quando colhidos com 150 dias.

Queiroz (2020) observou produção de matéria verde de 81,48 Mg ha⁻¹ e 22,04 Mg ha⁻¹ de matéria seca para o BRS 716, quando colhido com 160 dias em 70 centímetros de espaçamento em Janaúba/MG.

O tipo sacarino é destinado a produção de etanol de primeira e segunda geração. Apresenta altura que varia de 3,0 a 3,5 m, com ciclo de 120 dias. Existem materiais em desenvolvimento com padrão biomassa, podendo ultrapassar os 5 m de altura (Parrella, 2011). De acordo com Eicholz et al. (2020) é tido como cultura de alta energia, onde todas as partes da planta podem ser utilizadas para a produção de biocombustíveis. Além disso, apresenta colmo açucarado, facilitando a fermentação da silagem e ainda que se encontre em condições de estresse hídrico, pode produzir uma quantidade razoável de massa verde.

Orrico Junior et al. (2015) no município de Dourados/MS, observaram produção de 23,3 Mg ha⁻¹ de matéria natural, enquanto Aguila et al. (2020) em Capão do Leão/RS, verificaram produção de 40,3 Mg ha⁻¹ de matéria natural para o BRS 511.

O sorgo vassoura tem altura que varia de 2 a 3 m e suas panículas são utilizadas para confecção artesanal de vassouras (Rodrigues et al., 2015). Sua panícula é considerada laxa, possui ráquis curta e longas ramificações (Farias, 1989; Favaratto et al., 2011).

Por fim, o sorgo forrageiro (ou silageiro), inclui genótipos desenvolvidos para produção de silagem que também são utilizados como plantas de cobertura, ocupando aproximadamente 30 a 35% do total da área cultivada de sorgo no Brasil. Seu ciclo tem duração de cerca de 120 dias com altura média de 2,70 m e apresenta produtividade de matéria verde de 50 a 70 Mg ha⁻¹ no primeiro corte (Miranda e Pereira, 2006; Ribas, 2007; Rodrigues et al., 2014; Rodrigues et al., 2015).

Segundo a CONAB (2021a), no estado do Rio Grande do Norte, a cultura do sorgo com dupla aptidão vem se tornando uma das principais alternativas de alimentos volumosos para os

rebanhos, sobretudo os bovinos, já que grande parte da produção vai para fabricação de ração animal (forragem).

Macedo et al. (2012) em pesquisa com forrageiros em Campina Grande/PB, encontraram produção entre 22,6 a 39,0 Mg ha⁻¹. Costa (2017) em experimento em Sete Lagoas/MG, observou florescimento em 70, 69 e 76 dias para BRS 658, BRS 659 e Volumax, respectivamente, com altura em torno de 2,16 m. A produção de matéria verde (PMV) ficou em 34,64 Mg ha⁻¹ e 8,27 Mg ha⁻¹ de matéria seca (PMS) para BRS 658. Para o BRS 659 foi de 34,92 Mg ha⁻¹ de PMV e 9,20 Mg ha⁻¹ de PMS, enquanto para o Volumax foi de 36,31 Mg ha⁻¹ de PMV e 7,91 Mg ha⁻¹ de PMS.

Caraffa et al. (2016) verificaram alturas de 2,68 m e 2,79 m para BRS 658 e BRS 659 respectivamente. As produções de MV e MS foram de 55,09 Mg ha⁻¹ e 19,53 Mg ha⁻¹ para BRS 658 e para o BRS 659 de 47,24 Mg ha⁻¹ e 18,52 Mg ha⁻¹ em Três de Maio/RS.

Vale salientar que existe o sorgo tipo corte e partejo, que é híbrido interespecífico entre o *S. bicolor* e *S. sudanense*, utilizado principalmente para fenação e pastejo como volumoso para os animais (Rodrigues et al., 2015).

O tipo de genótipo demandado para determinada condição e finalidade de uso, relacionado com as condições ambientais da região de cultivo tem influência nos objetivos do melhoramento genético. Com isso, além da produtividade, a resistência às limitações de produção, como pragas, doenças, estresses abióticos e deficiências em fertilidade de solo e as características inerentes aos tipos cultivados são considerados, buscando-se maior adaptabilidade dos cultivares desenvolvidos (Tardin et al., 2011).

1.2 PROCESSO DE ENSILAGEM

Silagem é o produto da fermentação de culturas agrícolas em condições de anaerobiose. O princípio básico é a fermentação de açúcares por bactérias com produção de ácidos orgânicos e sequente redução do pH da massa ensilada (Reis et al., 2014).

A cultura fornece os substratos, principalmente açúcares que as bactérias ácido lácticas (BAL) fermentam para produzir ácido láctico e outros. A temperatura no momento da colheita afetará a espécie microbiana dominante, a velocidade de fermentação e os produtos da fermentação. Estudos feitos em laboratório normalmente são executados em ambiente controlado (20–25°C), no entanto, a amplitude das temperaturas na ensilagem se estende em condições de campo (Moore et al., 2020).

A maioria das espécies de BAL tem uma temperatura ótima para o crescimento, entre 27 e 38°C (Yamamoto et al. 2011). Em geral, a velocidade de fermentação aumenta à medida que a temperatura é elevada para aproximadamente 35 – 40°C. Contudo, mais pesquisas são necessárias para entender melhor os efeitos da temperatura na dinâmica microbiana no silo, particularmente como a mudança na temperatura afeta a ensilagem (Moore et al., 2020).

Segundo Kung Jr. (1998) este processo é dividido em quatro fases, com a primeira aeróbia; a segunda de fermentação ativa; a terceira estável e a quarta de descarga.

A primeira fase possui curta duração, ocorre durante o enchimento do silo e estende-se por poucas horas após o fechamento. Nesta etapa, o oxigênio presente será reduzido devido a respiração celular de plantas e microrganismos aeróbicos. O tamanho de partículas do material influencia nessa fase, sendo que fragmentos grandes prejudicam a compactação da massa, dificultando a obtenção de um ambiente totalmente anaeróbico. A correta picagem e rápido fechamento do silo contribuem com a curta duração desta fase, que termina quando todo o oxigênio for exaurido (McDonald et al., 1991).

O tamanho ideal de partícula para forragem ensilada está entre a necessidade de atender ao requisito de "fibra fisicamente efetiva" para o animal, onde partículas maiores são mais

eficazes, e a necessidade de partículas curtas que compactam bem e excluam ar do silo. Vacas leiteiras em lactação precisam de fibra efetiva que estimula a ruminação e a produção de saliva (Moore et al., 2020).

A saliva contém grandes quantidades de tampões que ajudam a manter o pH ruminal ideal para bactérias que digerem fibras. Foram sugeridos comprimentos de corte de 10 – 13 mm para silagens de milho e leguminosas não processadas e 19 mm para silagem de milho processada (Shaver, 1993; 2003).

A etapa de fermentação ativa tem início a partir da exaustão de oxigênio e dura de uma a quatro semanas (Muck e Pitt, 1993). Neste momento, começa a ocorrer a propagação de bactérias anaeróbicas produtoras de ácido acético, denominadas de enterobactérias. Isso também ocorre com bactérias produtoras de ácido lático, as heterofermentativas. Essas bactérias produzem CO₂, etanol, ácido acético e lático a partir dos substratos como xilose, glicose, frutose e ribose e por conta desses produtos, ocorre uma redução do pH, que fica entre 3,8 e 4,2. Com isso, as bactérias heterofermentativas e as enterobactérias vão diminuindo sua população e dando espaço para que bactérias que produzem somente ácido lático, as BAL homofermentativas, dominem a fermentação caracterizando o início da fase estável (McAllister e Hristov, 2002).

Na terceira fase, a multiplicação dos microrganismos já se encontra inibida. Nesse momento é importante que o silo esteja corretamente vedado, pois se houver entrada de oxigênio, será usado por microrganismos aeróbicos, podendo acarretar perdas no material ensilado. Contudo, mesmo com o silo devidamente vedado, pequenas atividades biológicas podem acontecer, como proteases, carboidrases e de microrganismos como os *Lactobacillus buchneri* (Cruz et al., 1998; Oude Elferink et al., 2002).

No período de descarga, quando o silo é aberto para fornecimento aos animais, é inevitável o contato da silagem com o oxigênio. Assim o manejo deve ser realizado de forma

que evite ao máximo a penetração de ar na massa, preservando-a de abalos, pois a atividade microbiana indesejável pode retornar à atividade quando em contato com o oxigênio (Cruz et al., 1998).

No momento em que o silo é aberto, o oxigênio está presente no ambiente e se difunde na massa a partir da parte frontal. Recomendações de avanço diário no painel do silo em condições tropicais, como no Brasil, medem em torno de 30 centímetros por dia (Weinberg e Ashbell, 1994). O oxigênio é capaz de penetrar na massa de 1 a 2 m, sendo assim, seguindo a recomendação, o ar permanece em contato com a silagem por cerca de 3 dias, minimizando os danos causados pela deterioração aeróbica.

Nesta hora, o perecimento do material ocorre em duas etapas: na primeira, as bactérias que produzem ácido acético e leveduras consomem ácidos orgânicos, que são responsáveis pela preservação da silagem. Isso promove uma elevação no pH e um acréscimo da temperatura e, por consequência, o aparecimento de microrganismos que deterioram a silagem (Oude Elferink et al., 2002).

Para que uma forrageira tenha um bom padrão fermentativo no silo, além dos fatores ligados a tecnologia de ensilagem, também são importantes alguns fatores intrínsecos da planta. Dentre eles, vale ressaltar três que tem grande influência na qualidade de fermentação da massa ensilada: o teor de matéria seca (MS) no momento do corte/colheita, a concentração de açúcares solúveis (CHOs) em água e a capacidade tampão (CT) (Reis et al., 2014).

Altos teores de umidade, elevada capacidade tampão e baixos teores de CHOs são características da planta que interferem na fermentação. Elas impedem o caimento pH, tornando a massa alvo de fermentações indesejáveis e conseqüentemente, afetando as propriedades da silagem (Woolford, 1984).

A MS da planta no momento da colheita afeta a taxa e extensão da fermentação. Na forragem inteira e no campo, faltam nutrientes metabolizáveis (por exemplo, CHOs) e as

superfícies secas evitam a proliferação de microrganismos que são naturalmente encontrados na planta. No entanto, o ato de trituração libera nutrientes e umidade, que estimulam os microrganismos a se multiplicarem (Moore et al., 2020).

Um teor de MS elevado possui maior concentração de solutos dissolvidos no resíduo de umidade da planta, aumentando a pressão osmótica. A pressão osmótica superior reduz a taxa de crescimento microbiano, aumenta o pH crítico que inibe a atividade microbiana e reduz a quantidade de açúcar necessária para uma fermentação estável. As BAL são mais tolerantes à pressão osmótica do que outras bactérias para ajudar a inibir clostrídios e outros microrganismos indesejáveis, promovendo a dominância das mesmas quando um material mais seco é ensilado (Moore et al., 2020).

Materiais com teores de MS mais elevados tendem a estabilizar em pH mais alto pois existe pouca atividade de bactérias do gênero *Clostridium*, que são sujeitas a pressão osmótica (Woolford, 1984). Contudo, valores acima de 350 g kg⁻¹ ocasionam problemas na compactação do material, podendo acarretar fermentações indesejáveis resultantes do contato do oxigênio com a massa ensilada, diminuindo a qualidade no produto. Em silagens mais úmidas, o pH que deve ser alcançado para evitar o crescimento clostridial é menor (Moore et al., 2020).

Quando a forragem apresenta valores de MS abaixo de 300 g kg⁻¹, as perdas por efluentes são intensificadas, podendo favorecer a ação de microrganismos indesejáveis (Pitt et al., 1991; Muck, 1987).

A formação de efluentes é inversamente proporcional ao aumento da MS, ou seja, quanto maior o teor de MS, menos efluentes. Esses efluentes são responsáveis pela perda de nutrientes de alta digestibilidade e pode ser reduzido com o aumento do teor de MS, chegando a níveis próximos de zero quando o teor de MS alcança aproximadamente 300 g Kg⁻¹ (Rodrigues et al., 2015).

Efluentes de silagem, além do prejuízo financeiro, por diminuir o valor nutricional do alimento e são prejudiciais ao meio ambiente. O pH do efluente é bastante ácido, em torno de 4,0 e apresenta efeito corrosivo sobre as estruturas de concreto e metal dos silos e implementos, podendo causar a morte da vegetação que entra em contato com esse resíduo (O'Donnell et al., 1995)

Quando esse resíduo atinge águas superficiais próximas ao silo, os componentes solúveis são utilizados metabolicamente por microrganismos que consomem oxigênio presente na água, reduzindo ou esgotando a disponibilidade desse para outros organismos aquáticos, vertebrados e invertebrados. O potencial de dano é capaz de alterar com a composição do efluente e a quantidade de atinge o corpo de água (McDonald et al., 1991).

O desenvolvimento de microrganismos aeróbicos é acompanhado por uma produção significativa de calor. É necessário mais calor para aumentar a temperatura da água na matéria vegetal do que de gases ou da MS da planta, então a temperatura de uma silagem úmida aumenta menos do que uma seca para uma determinada quantidade de geração de calor (Moore et al., 2020).

Altas temperaturas ($> 35^{\circ}\text{C}$) reduzem a propriedade da silagem devido a reação de Maillard, na qual os aminoácidos estão ligados aos carboidratos. O calor excessivo liga esses aminoácidos e diminui a disponibilidade de proteína para o animal. (Van Soest, 1994; Moser, 1995).

Para que aconteça uma apropriada fermentação, a quantidade de MS da forragem ensilada tem de ser de 280 a 340 g kg^{-1} , ligado ao teor CHOs, que deve ser de 60 e 80 g kg^{-1} na MS (McCullough, 1977). Ensilar plantas nesse estágio pode facilitar a picagem e a compactação, permitindo boas condições fermentativas no silo, o que resulta em uma silagem de maior valor nutritivo, aceitabilidade e consumo pelos animais (Paiva, 1976 *apud* Machado et al. 2012; Resende et al., 2016).

Os carboidratos solúveis são utilizados como substratos para o processo fermentativo, sendo os principais a glicose, sacarose, frutanas e frutose (Henderson, 1993). Algumas bactérias utilizam esses açúcares como substratos para fermentação, tendo como produtos ácidos orgânicos, especialmente ácido lático, que contribui para o caimento do pH do meio, proporcionando a conservação da forrageira ensilada (McDonald et al., 1991).

Em cereais, as concentrações de CHOs aumentam até o estágio de desenvolvimento de grãos leitosos e tendem a diminuir conforme a semente se desenvolve (Moore et al., 2020).

Fatores ambientais também afetam a ensilabilidade. Nesse sentido, altos níveis de fertilidade do solo e sombra reduzem as concentrações de CHOs, ao passo que o déficit hídrico tem efeito oposto (Buxton e Fales, 1994). As concentrações oscilam durante o dia, sendo mais altas no final da tarde e mais baixas no início da manhã. Temperaturas mais altas em climas tropicais afetam negativamente a qualidade da massa, impactando o desenvolvimento de bactérias dentro do silo (Gulfam et al. 2017) e porque as concentrações de CHOs geralmente são mais baixas em forragens cultivadas em temperaturas mais altas.

No entanto, grandes quantidades de CHOs podem ser perdidas através da oxidação microbiana aeróbica e pela respiração da própria planta no decorrer da ensilagem (Pereira et al., 2008).

Assim, em forragens com baixo teor de umidade existe a opção de realizar uma pré-secagem no campo. Após o corte, as plantas passam por um período de murcha, elevando o teor de matéria seca e evitando fermentações indesejáveis, porém, mesmo realizando essa pré-secagem, deve-se observar o conteúdo de CHOs da planta, pois mesmo com o acréscimo do teor de MS, os níveis de substrato podem não ser suficientes para uma fermentação adequada, fazendo-se necessário o uso de aditivos para minimizar a atividade clostridiana (Moore et al., 2020).

A capacidade tampão é a resistência que a forrageira ensilada apresentará para reduzir o pH do meio. A definição do poder tampão traz informações relacionadas à velocidade que ocorre a redução do pH a valores de 3,8 a 4,2. A definição mais comum é em meq H⁺ kg⁻¹ de MS necessário para diminuir o pH de 6,0 (pH típico da cultura na ensilagem) até 4,0, pH final necessário para ambiente anaerobicamente estável. Contudo, esta não é uma definição universal. A variante mais comum é em miliequivalentes de ácido láctico necessário para atingir pH 4,0 e/ou os miliequivalentes de ácido que a forragem realmente contém na ensilagem, e não o estabelecido em 6,0 (Moore et al., 2020).

O tipo de material, o estágio de maturação e fatores ambientais afetam a CT e a quantidade de açúcar na colheita. As culturas utilizadas para ensilagem são divididas em cinco grupos gerais: gramíneas anuais e perenes C3, e gramíneas e leguminosas anuais e perenes C4. Gramíneas e leguminosas perenes geralmente são ensiladas no estágio vegetativo para evitar a floração. A planta para produção de silagens de gramíneas anuais de estação quente, como milho e sorgo, normalmente é colhida com o grão na fase leitosa (Moore et al., 2020).

A CT varia consideravelmente dentro e entre as espécies. Leguminosas tendem a apresentar CT mais altas, enquanto gramíneas de estação fria e estação quente costumam ser semelhantes. Contudo, tendem a diminuir com o avanço na maturação (Muck e Walgenbach 1985; Muck et al. 1991).

As fontes de tamponamento (sais e aminoácidos) são diluídas pelos níveis crescentes de componentes insolúveis (por exemplo, parede celular, carboidratos de sementes insolúveis) conforme a planta amadurece. Isso sugere que as gramíneas anuais, que são colhidas em adiantados estádios reprodutivos devem exigir menos açúcar para uma fermentação bem-sucedida do que gramíneas perenes e leguminosas, que são colhidas em fases mais vegetativas (Moore et al., 2021).

A capacidade de tamponamento também é influenciada por sais de vários ânions, como ácidos orgânicos (cítrico, málico, malônico), fosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos (Moore et al., 2020). Em geral, forrageiras com maiores concentrações de minerais têm CT mais altas. Plantas que possuem CT elevada apresentam lenta diminuição do pH, podendo causar perdas na forragem ensilada e redução da qualidade da silagem (Cherney e Cherney, 2003).

Em situações em que a CT é baixa e a concentração de CHOs é alta, mesmo que a planta apresente baixos teores de MS, é possível obter silagens satisfatórias. Por outro lado, quando a planta apresenta alta capacidade tampão e baixa concentração de CHOa, os teores de MS precisam ser mais altos, para evitar ação de *Clostridium*, com o aumento da pressão osmótica (Woolford, 1984).

A fertilidade e os teores de umidade do solo também podem afetar a CT. Níveis altos de fertilidade aumentam a absorção de minerais e a capacidade tampão, enquanto o déficit hídrico diminui a CT (Melvin 1965; Playne e McDonald 1966; Muck e Walgenbach 1985).

As três variáveis explanadas acima compõem o coeficiente de fermentação (CF). Weissbach (1996) cita valores acima de 45 como indicativo para uma fermentação estável. Porém, deve-se levar em consideração que plantas com altos teores de CHOs e baixa MS podem ter um CF elevado, mas a silagem produzida é capaz de ter fermentação alcoólica e outros componentes que podem causar perdas no material. Contudo, esse valor é um referencial de que o produto foi bem conservado e pode ser fornecido aos animais.

1.3 SILAGEM DE SORGO

A ensilagem de plantas forrageiras é uma estratégia de conservação de alimentos utilizada para suprir o déficit de alimentos para animais ruminantes ou para proporcionar autonomia em diferentes sistemas de produção (Bernardes et al., 2018). Várias forrageiras

podem ser ensiladas, contanto que os fatores associados a capacidade fermentativa (teor de matéria seca, carboidratos solúveis em água e poder tampão) sejam adequados (Borreani et al., 2018).

Entre as forrageiras utilizadas para fabricação de silagem se destaca o sorgo. Seu cultivo tem crescido em diversas regiões do mundo com esta finalidade, ainda assim, sabe-se que podem existir diferenças entre materiais que podem se comportar de maneira distinta quanto ao ciclo vegetativo, produção de matéria seca, padrão fermentativo e composição bromatológica da silagem produzida, podendo afetar diretamente o desempenho dos animais (Heckler, 2002; Magalhães et al., 2008).

Com isso, a caracterização agrônômica e o potencial de ensilabilidade, com estudos comparativos entre genótipos é fundamental para se obter cultivares produtivas que resultem em silagens de valor nutricional adequado (Magalhães et al., 2008).

Existem cultivares com menor conteúdo de lignina, que são linhagens ou híbridos com gene mutante *BMR*, do inglês *brown midrib*, em tradução livre “nervura central marrom”. Essas cultivares já são usadas para corte e pastejo, como o BRS 810, visto que apresentam alta digestibilidade e conversão alimentar, aliado a maior aceitabilidade e valor nutritivo. Os materiais *BMR* podem apresentar até 50% menos lignina do que o mesmo material sem a mutação do gene (Rodrigues et al., 2015).

A redução da concentração de lignina na biomassa lignocelulósica pode aumentar a digestibilidade da forragem para ruminantes e a produção de sacarificação (conversão do amido em açúcares fermentáveis) da biomassa para bioenergia (Sattler et al., 2014).

Desse modo, a escolha do genótipo para produção de silagem é feita com base em suas características agrônômicas, levando-se em conta o comportamento das cultivares como alta produção de forragem, maior proporção de folhas, boa arquitetura foliar, manutenção de folhas e colmos verdes no final do ciclo, alta produtividade de grãos, digestibilidade de fibra, relação

de grãos na matéria seca, resistência a pragas e doenças, resistência ao acamamento e manejo de corte mecanizável (Rodrigues et al., 2014).

Genótipos de sorgo no estágio de grão leitoso normalmente apresentam maiores coeficientes de digestibilidade da porção fibrosa. No entanto, o rápido aumento da proporção de grãos e conseqüentemente de amido altamente digestível, que ocorre com o amadurecimento, compensam a diminuição da digestibilidade da porção fibrosa, mantendo inalterada a digestibilidade da matéria seca para a maioria dos sorgos (Rodrigues et al., 2015).

Silva et al. (1999), ao analisar propriedades fermentativas da silagem de sorgo com proporções distintas de panícula na massa constataram que com a elevação da dessa fração há uma redução no teor de CHOs na forragem em razão do acréscimo desses açúcares que acontecem, sobretudo no colmo.

Por outro lado, o grão de sorgo é um cereal rico em amido e o valor nutritivo é similar ao do milho. Em termos energéticos, o grão corresponde a aproximadamente 90% do milho e apresenta aproximadamente 78% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Rodrigues et al., 2015).

Algumas cultivares de sorgo possuem tanino no grão. O tanino é uma substância química que tem ação antinutricional, principalmente para animais monogástricos. Apesar de apresentar vantagens agrônômicas, como a resistência ao ataque de pragas, taninos podem causar problemas na digestão dos animais, pois formam complexos com proteínas e diminuem a aceitabilidade e digestibilidade. Por isso, para alimentação de aves e suínos, o tanino é indesejável, mas pode ser fornecido para ruminantes sem ocasionar perda de peso (Rodrigues et al., 2015).

Dentre os fatores que afetam a proporção de panícula, o tipo de sorgo é uma das variáveis a ser considerada. Os genótipos forrageiros conseguem aliar rendimento de massa e grãos, justificando o aumento na proporção de panícula (Botelho et al., 2010). Além disto, a

maior porcentagem de panículas contribui para a melhoria na qualidade da silagem e auxilia no aumento da porcentagem de MS da forragem ensilada, devido ao seu menor conteúdo de água (Corrêa et al., 1996).

Genótipos tipo biomassa ou padrão biomassa possuem menor proporção de panículas, e conseqüentemente, menos grãos na massa quando comparados a um cultivar forrageiro. Porém, possuem maior capacidade de geração de MS seca por ciclo, superando 50 Mg ha⁻¹ de massa verde em um ciclo de aproximadamente 6 meses (Parrella, 2011). Outras características que chamam a atenção é a quantidade de massa seca, porte alto e fibra presente no colmo.

Apesar dos esforços da pesquisa no Brasil em direção ao uso do sorgo biomassa para alimentação animal, existem poucas publicações e falta dados sobre o assunto e seu potencial econômico. Contudo, devido às características nutricionais de sua silagem, inferiores a do sorgo forrageiro, acredita-se que possa ser usado para suprir a demanda de volumoso por parte de animais ruminantes por causa de seu elevado potencial produtivo, reduzindo custos com alimentação animal.

Nesse sentido, criou-se a TMR (*Total Mixed Ration*), que é uma ração completa e consiste na mistura dos ingredientes volumosos e concentrados de modo uniforme o suficiente para suprir às necessidades da categoria em questão (Campos, 2009), onde pode ser empregada a silagem de sorgo biomassa.

As misturas completas previnem as oscilações no pH do rúmen, pois o animal consegue ingerir proporções iguais dos ingredientes em cada bocado, contribuindo para eficiência de digestão dos microrganismos ruminais, principalmente em relação a síntese de proteína microbiana (NRC, 2001).

Simeone et al. (2018) encontraram teores de 602,0 e 369,0 g kg⁻¹ MS para fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e para fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), respectivamente, para a forragem do BRS 716 em Sete Lagoas/MG.

Queiroz (2020) em estudo sobre o potencial forrageiro da silagem do sorgo biomassa, concluiu que a substituição da silagem de sorgo forrageiro pela silagem de sorgo biomassa BRS 716 na dieta de novilhas $\frac{3}{4}$ Holandês/Zebu aumenta a digestibilidade da matéria seca e da fibra, sem modificar o consumo de matéria seca e energia, mantendo o ganho de peso e as medidas corporais da novilhas. Portanto, a silagem de sorgo biomassa pode substituir totalmente a silagem de sorgo forrageiro na dieta de novilhas $\frac{3}{4}$ Holandês/Zebu. Informação que abre discussão para o uso em outros sistemas produtivos.

No mesmo estudo, o autor encontrou valores de pH de 3,38, N-NH₃ de 33,0 g kg⁻¹ MS, FDN_{cp} de 664,1 g kg⁻¹ MS, Proteína Bruta (PB) de 53,3 g kg⁻¹ MS e NDT de 490,5 g kg⁻¹ MS para a silagem do BRS 716, quando cortado com 160 dias após plantio e espaçamento de 70 centímetros.

O sorgo granífero, apesar de desenvolvido para produção de grãos, apresenta aptidão para a produção de silagem de alta qualidade, com 400 a 500 g kg⁻¹ MS de grãos na massa (Kaiser et al., 2004), o que proporciona maior valor nutritivo em referência ao sorgo forrageiro (Resende et al., 2003). Em produtividade, é o sorgo que menos se destaca.

Behling Neto et al. (2017) em estudo sobre silagens de sorgo de diferentes propósitos em primeira e segunda safra, encontraram valores de 445,8 e 412,3 g kg⁻¹ MS para FDN e 244,8 e 228,0 g kg⁻¹ MS para FDA para o sorgo granífero. Os teores de proteína bruta ficaram entre 103,1 e 113,0 g kg⁻¹ MS e pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) dentro do aceitável. Apesar de seu uso ser mais focado na produção de grãos, neste estudo demonstrou que é passível de ser usado para produção de silagens com adequado padrão fermentativo.

O sorgo forrageiro é mais utilizado como volumoso na forma de silagem. Oliveira et al. (2009) em ensaio com híbridos forrageiros com diferentes doses de adubação em Sete Lagoas/MG, observaram teores de PB em torno de 70 g kg⁻¹ MS, carboidratos solúveis

oscilando entre 170 e 180 g kg⁻¹ MS, FDN em média de 590 g kg⁻¹ MS e lignina de 86 g kg⁻¹ MS.

Costa (2017) ao analisar a silagem de genótipos forrageiros em Sete Lagoas/MG, constatou teores de PB de 126,8, 125,9 e 134,9 g kg⁻¹ MS para BRS 658, BRS 659 e Volumax, respectivamente. Os teores de FDN oscilaram entre 631,7 e 661,9 g kg⁻¹ MS e de NDT foi de 472,5 a 514,7 g kg⁻¹ MS. O pH teve pouca variação, ficando entre 4,33 e 4,44 e o N-NH₃ em 18 g kg⁻¹ MS de média.

Sousa et al. (2010) avaliando cultivares de sorgo em duas localidades (Acauã e Nova Porteirinha/MG), observaram teores de FDN de 619,2 e 646,5 g kg⁻¹ MS para o BRS Ponta Negra e 670 g kg⁻¹ MS de média para Volumax.

Macedo et al. (2012), em ensaio conduzido em Campina Grande/PB com sorgo forrageiro em diferentes níveis de adubação nitrogenada, verificaram teores de PB entre 47,3 e 62,3 g kg⁻¹ MS, enquanto para FDN oscilaram entre 673,2 e 714,8 g kg⁻¹ MS.

O sorgo sacarino, apesar de não ter sido desenvolvido inicialmente para alimentação animal, pode resultar em uma silagem com adequado padrão fermentativo. Behling Neto et al. (2017) em experimento conduzido em Cuiabá/MT, constaram teores de 445,4 e 491,3 g kg⁻¹ MS para FDN, comparando a silagem de dois genótipos. Para proteína bruta, os teores variaram entre 63,7 e 60,0 g kg⁻¹ MS, enquanto para digestibilidade *in vitro* da matéria seca obtiveram 618,6 e 598,6 g kg⁻¹ MS.

Orrico Junior et al. (2015) avaliando o desempenho da forragem de variedades de sacarinos em Dourados/MS, notaram teores oscilando entre 47,6 e 53,0 g kg⁻¹ MS para PB, para FDN, entre 409,3 e 496,9 g kg⁻¹ MS, e para digestibilidade entre 656,7 e 706,5 g kg⁻¹ MS.

Os sorgos com aptidão sacarina podem apresentar problemas na fermentação pelo excesso de água presente no colmo. Nesse sentido abre-se a possibilidade do uso de aditivos absorventes para controle dessa umidade e inibindo fermentações indesejadas e perdas durante

o processo. Contudo, o uso desses aditivos aumenta o manuseio da forragem antes da ensilagem e requer uma distribuição uniforme.

O processo de adição de aditivos absorventes contribui para o aumento no teor de matéria seca, além de proporcionar redução na exigência de carboidratos solúveis, garantindo uma fermentação desejável e tornando a silagem com um valor nutricional adequado (Jones e Jones, 1995; Vilela, 1998; Balsalobre et al., 2001). McDonald et al. (1991), destacaram cereais como o milho moído, farelo de arroz e casca de soja como opção para aditivo.

A polpa cítrica é um importante aditivo como absorvente de umidade. Em contato com forragens úmidas, pode absorver até 145% do seu peso, preservando nutrientes que seriam perdidos pela fermentação secundária (Vilela, 1998). O teor de nutrientes digestíveis totais para ruminantes é similar ao de grãos, entre 830 e 880 g kg⁻¹ MS (Ashbell, 1992). Bergamaschine et al. (2006) observaram melhora qualitativa de silagens com a inclusão de polpa.

Quando se tem como objetivo o uso da forragem para alimentação animal, outras análises podem contribuir para o posicionamento do material. O conhecimento do teor de extrato etéreo (EE) constitui fração de maior energia dos alimentos. O resíduo obtido é composto por lipídeos e demais compostos apolares, e o teor de gorduras em um alimento pode influenciar o armazenamento, uma vez que esses lipídeos constituem uma fração instável (Detmann et al., 2012).

Alimentos contendo NNP são fundamentais para o bom funcionamento do rúmen, pois ruminantes conseguem convertê-los em proteína. Grande parte das proteínas dietéticas é hidrolisada por enzimas microbianas em peptídeos e aminoácidos. Os aminoácidos livres podem ser incorporados à proteína microbiana ou desanimados com a produção de amônia e ácidos graxos voláteis, que podem ser absorvidos no rúmen ou usados como esqueletos de carbono para a síntese de aminoácidos (NRC, 1976).

Alimentos com altos teores de carboidratos não fibrosos são considerados boas fontes de energia para o desenvolvimento de microrganismos no rúmen (Carvalho et al., 2007).

Van Soest (1994) relata que para boa digestibilidade dos materiais para utilização forrageira, os valores de FDN devem ser de 550 a 600 g kg⁻¹ MS, e que valores acima se correlacionam negativamente com o consumo voluntário de massa seca pelo animal. A FDA é inversamente proporcional à digestibilidade (Rosa et al. 2004), ou seja, quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade da massa seca do alimento (forragem) pelo animal, proporcionando maior consumo voluntário.

Dos componentes da parede celular, a lignina é o componente mais reconhecido por limitar a digestão dos polissacarídeos fibrosos no rúmen (Van Soest, 1994). No entanto, na planta, a lignina exerce papel de proteção sobre os componentes polissacarídeos da parede celular, promovendo rigidez e resistência física, tornando a parede hidrofóbica e impermeável (Jung e Allen, 1995).

A fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) é constituída pela fração da parede celular vegetal que não é digerida ao longo do trato gastrintestinal (Sniffen et al., 1992). Conforme Huhtanen et al. (2006), a lignina tem relação com a FDNi, sendo utilizado um fator de conversão para estimativa do teor da FDNi (2,4 x teor de lignina). Porém, estes mesmos autores afirmam que o teor de FDNi obtido pelo método de incubação *in situ* possui maior relação com a digestibilidade da matéria orgânica do alimento. Por outro lado, os menores teores observados nas cultivares de sorgo forrageiro pode ser devido à maior proporção de grãos.

A medida dos nutrientes digestíveis totais (NDT) é uma forma de expressar a energia do alimento usado na dieta de um animal e indicar a quantidade de energia contida no alimento para atender às exigências nutricionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. 2020. Beef REPORT - Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo, 51 p.
- AGUILA, L.S.H. del; GEHLING, R.K.; CAPUTO, T.F.M.; et al. 2020. Melhor arranjo de plantas para os genótipos de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 511 visando a produção de etanol. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, 3:648-653.
- ASHBELL, G. 1992. Conservation of citrus peel by ensiling for ruminant feed. In: Simpósio de utilização de subprodutos agroindustriais e resíduos de colheita na alimentação de ruminantes. Anais... São Carlos: EMBRAPA CPPSE. p.189-190.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA Jr, G.B. 2001. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. Workshop sobre silagem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba: FEALQ. 38: 890-911
- BATISTA, V.A.P. 2016. Avaliação bioenergética de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro. Dissertação (M.Sc.), Universidade Federal de Viçosa.
- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W.V.V. et al. 2006. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35.
- BEHLING NETO, A.; REIS, R.F.P; CABRAL, L.S.; et al. 2017. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. *Ciências Agrárias, Londrina*, 38:2607-2618.
- BELLO, N.J. 1997. An investigation of the agroclimatic potential of the forest-savanna transition zone of Nigeria for the cultivation of sorghum. *Experimental Agriculture*, 33:157-171.
- BERNARDES, T.F.; DANIEL, J.L.P.; ADESOGAN, A.T.; et al. 2018. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, 101:4001-4019.
- BERNARDINO, K.C. et al. 2016. Caracterização de uma população de recombinação ao acaso de sorgo para a tolerância ao alumínio e eficiência na utilização de fósforo. *Embrapa Milho e Sorgo*, Sete Lagoas-MG.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHIMIDT, R.J.; et al. 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silagens. *Journal of Dairy Science*, 101:3952-3979.
- BOTELHO, P.R.F.; PIRES, D.A.A.; SALES, E.C.J.; et al. 2010. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 9:287-297.
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. 1994. p. 155–199. Plant environment and quality. In: *Forage Quality, Evaluation and Utilization* Madison, WI: American Society of Agronomy. ed. G.C. Fahey Jr. et al.

- CAMPOS, P. 2009. MISTURAS COMPLETAS E A NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA BOVINOS. PoliNutri Alimentos.
- CARAFFA, M.; STEIN, M.; COSTA, A.R.; et al. 2016. Desempenho produtivo de genótipos de sorgo silageiro-sacarino na região sul-rio-grandense. Anais XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Bento Gonçalves.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; et al. 2007. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurhecido ou com farelo de cacau. Revista Brasileira de Zootecnia, 36:1000-1005.
- CEREDA, M.P. 2003. Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação, p. 47-81. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosos amilacias. São Paulo: Fundação Cargill, 3(3), (Serie culturas de tuberosas amilacias Latino-Americanas).
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. 2003. p.141-198. Assessing Silage Quality. In: Buxton et al. Silage Science and Technology. Madison, Wisconsin, USA.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2019. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2018/19 - Décimo segundo levantamento. Brasília. 126p.
- CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. 2020. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília-DF, 7:1-66.
- CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. 2021a. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília - DF, 8:1-116.
- CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. 2021b. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília - DF, 8:1-115.
- COSTA, R.F. 2017. Características agronômicas e nutricionais de genótipos de sorgo portadores ou não de nervura marrom. Dissertação (M.Sc.). Unimontes, Minas Gerais.
- CORRÊA, C.E.S.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C. 1996. Determinação da produção de matéria seca e das proporções de colmo, folha e panícula de treze híbridos de sorgo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33:374-376.
- CRUZ, G.M. de; MONTEIRO NOVO, A.L.; PEDROSO, A. de F. 1998. Curso: Produção e manejo de silagem. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos. 80p.
- DETMANN, E., et al. 2012. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco, MG, 214 p.
- DOGGETT, H. 1970. Sorghum. Logman Green & Co. LTDA, London. 512 p.
- EICHOLZ, E.D., BREDEMEIER, C., BERMUDEZ, F. et al. 2020. Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21.

Reunião técnica sul-brasileira de pesquisa de milho e sorgo. Associação de Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

EMBRAPA. 2011. Solos Brasileiros. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil> >. Acesso em: 11 mar. 2021.

FARIAS, J.G. 1989. Recomendações técnicas para o cultivo e aproveitamento do sorgo-vassoura. EMGOPA, Boletim n. 17.

FAVARATO, L.F.; PAULA, G.S.; ESPINDULA, M.C.; et al. 2011. Avaliação de linhagens de sorgo vassoura na região de Viçosa, MG, Brasil. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 10:82-86.

GARCIA, J.C., GASPAR, D.G., TEIXEIRA, N.M. 1987. Origem e importância do sorgo para o Brasil. Circular técnica, Embrapa.

GULFAM, A., GUO, G., TAJEBE, S. et al. 2017. Characteristics of lactic acid bacteria isolates and their effect on the fermentation quality of Napier grass silage at three high temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture. 97:1931–1938.

HECKLER, J.C. 2002. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. Ciência Rural, 32:517-520.

HENDERSON, N. 1993. Silage additives. Animal Feed Science and Technology, 45:35-56.

HUHTANEN, P.; NOUSIAINEN, J.; RINNE, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agricultural and Food Science, 15:293-323.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agro 2017 - Resultados definitivos. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 25 março 2021.

JONES, D.I.H.; JONES, R. 1995. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. Journal of Agricultural Engineering Research, 60:73-81.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility forages by ruminants. Journal of Animal Science, 73:2774-2790.

KAISER, A.G; PLITZ, J.W.; BURNS, H.M.; GRIFFITHS, N.W. 2004. Successful Silage. Dairy Australia NSW Department of Primary Industries. 468p.

KUNG JUNIOR, L. 1996. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure – 001 2.03.96. ed. Delaware: University of Delaware –Ruminant Nutrition Lab., 32p.

- KUNG, L.A. 1998. p.121-135. Review on silage additives and enzymes. In: Proceedings of the 59th Minneapolis Nutrition Conference.
- MACEDO, C.H.O.; SANTOS, E.M.; DA SILVA, T.C.; et al. 2012. Produção e composição bromatológica do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. Archivos de Zootecnia. 61:209-216.
- MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; et al. 2012. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 64:711-720.
- MANN, J.A.; KIMBER, C.T.; MILLER, F.R. 1983. The origin and early cultivation of sorghums in Africa. Texas Agricultural Experiment Station Bulletin. 24p.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J.A.S. 2008. p. 1-7. Ecofisiologia. In: Cultivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 4.ed. RODRIGUES, J. A. S. (Ed.).
- McALLISTER, T.A.; HRISTOV, A.N. 2002. The fundamentals of making good quality silage. Disponível em: <www.afns.ualberta.ca/hosted/wcd2000...s/chapter32.htm>. Acesso em: 1 abril 2021.
- McCULLOUGH, M.E. 1977. Silage and silage fermentation. Feedstuffs, March. P. 49-52.
- McDONALD, P. 1981. The biochemistry of silage. New York: John Wiley, 207 p.
- McDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S.J.E. 1991. The biochemistry of silage. Chalcombe Publications, Bucks (UK). 2.ed. 340 p.
- MELVIN, J.F. 1965. Variations in the carbohydrate content of lucerne and the effect on ensilage. Australian Journal of Agricultural Research. 16:951-959.
- MENEZES, C.B.; SILVA, A.F.; TARDIN, F.D. 2015. p. 293-308. Sorgo safrinha. In: Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2015. Ed. PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.
- MIRANDA, J.E.C.; PEREIRA, J.R. 2006. Tipos de sorgo para silagem. Juiz de Fora: Embrapa, 2006. 51:1-2.
- MOORE, K.L; COLLINS M.M.; NELSON, C.J. et al. 2020. Forages: The Science of Grassland Agriculture, 7° ed., p. 767-788.
- MOSER, an L.E. 1995. p.1-19. Post-harvest physiological change in forage plants. In: Post-harvest physiology and preservation of forages. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds).
- MUCK, R.E.; WALGENBACH, R.P. 1985. Variation in alfalfa buffering capacity. American Society of Agricultural Engineering, 85.
- MUCK, R.E. 1987. Dry Matter Level Effect on Alfalfa Silage Quality. I. Nitrogen transformations. Transactions of the ASAE. p. 7-14.

- MUCK, R.E., O'KIELY, P., WILSON, R.K. 1991. Buffering capacities in permanent pasture grasses. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 30:129–141.
- MUCK, R.E.; PITT, R.E. 1993. Ensiling and its effect on crop quality. *Silage Production from Seed to Animal*. Anais... Syracuse, NY.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. 1976. Urea and other non-protein nitrogen compounds in animal nutrition. Washington, NAS. 120p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7^{ed}. Washington, D.C. 381p.
- O'DONNELL, C.; DODD, V.A.; O'KIELY, P. et al. 1995. A study of the effects of silage effluent on concrete: Part 1 significance of concrete characteristics. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 60:83-92.
- OLIVEIRA, R.P.; FRANÇA, A.F.S.; SILVA, A.G. et al. 2009. Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, 10:1003-1012.
- OLIVEIRA, I.C.M.; GUILHEN, J.H.S.; RIBEIRO, P.C. de O.; et al. 2020. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis of biomass sorghum hybrids using factor analytic models and environmental covariates. *Field Crops Research*, v. 257.
- ORRICO JUNIOR, M.A.P.; RETORE, M.; MANARELLI, D.M. et al. 2015. Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 50:1201-1207.
- OUDE ELFERINK, S.J.W.H., DRIEHIUS, F., GOTTOSCHAL, J.C., SPOELSTRA, S.F. 2002. Silage fermentation processes and their manipulation. *FAO Electronic Conference on Tropical Silage*.
- PARRELLA, R.A.C. 2011. p. 8-9. Melhoramento genético do sorgo sacarino. In: *Sorgo sacarino: Tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia*. EMBRAPA AGROENERGIA: Agroenergia em revista. 3 ed.
- PAUL, C.L. 1990. p. 43-68. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: *Agronomía del sorgo*. Ed. PAUL, C. L. Patancheru: ICRISAT.
- PEREIRA, O.G.; RIBEIRO, K.G.; OLIVEIRA, A.S. 2008. p. 249-278. Produção e Utilização de Silagem de Capim no Brasil. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM*. Anais... Viçosa, UFV.
- PITT, R.E., MUCK, R.E., PICKERING, N.B. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. *Grass and Forage Science*, 46:301-312.
- PLAYNE, M.J.; MCDONALD, P. 1996. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of Agricultural and Food Science*. 17:264–268.

- QUEIROZ, F.E. 2020. Potencial forrageiro da silagem de sorgo biomassa. Dissertação (M.Sc.) – Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba.
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. 2014. p. 1631-1636. Clínica Veterinária: Um tratado de doenças de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e eqüídeos. 9º edição. 2000. REIS, R. A.; et al. Forragicultura - Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. 1.ed. 714 p.
- REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. 2014. Forragicultura-Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1.ed. Funep.
- RESENDE, J.A.; PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.V. et al. 2003. Ruminant silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. Scientia Agricola, 60:457-463.
- RESENDE, H.; RODRIGUES, J.A.S.; SILVA E OLIVEIRA, J. et al. 2016. Tecnologia e custo de produção de silagem de sorgo. Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico 81. 13p.
- RHYKERD, C.L.; GROSS, C.F.; SULLIVAN, E.F. 1960. Sorghum grows best at warm temperatures. Crops Soils. 12:24.
- RIBAS, P.M. 2007. p.1-3. Importância econômica. In: Cultivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 3.ed. RODRIGUES, J. A. S. (Ed.).
- RODRIGUES, J.A.S. 2014. p. 391-328. Híbridos de sorgo forrageiro: Onde estamos? Para onde vamos? In: VII Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV.
- RODRIGUES, J.A.S.; MENEZES, C.B.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; et al. 2015. Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa. p. 229- 246.
- ROSA, J.R.P.; SILVA, J.H.S.; RESTLE, J.; et al. 2004. Avaliação do comportamento agrônomo da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L). Revista Brasileira de Zootecnia. 33:302-312.
- SANTOS, D.G.; PARRELA, R.A.C. 2020. Desempenho agrônomo de genótipos de sorgo biomassa com nervura marrom (brown midrib - bmr). XVIII Seminário de iniciação científica.
- SATTLER, S.E.; SABALLOS, A.; XIN, Z; et al. 2014. Caracterização de novos mutantes de midrib marrom de sorgo de uma população mutagenizada com EMS. G3 (Bethesda). 4:2115–2124.
- SHAVER, R. 1993. Troubleshooting problems with carbohydrates in dairy rations. Veterinary Medicine, 88:1001–1008.
- SHAVER, R.D. 2003. p. 14–22. Impact of vitreousness, processing, and chop length on the utilization of corn silage by dairy cows. In: Proc. Wis. Forage Council. Ann. Mtg, Wisconsin Dells, WI.

- SILVA, J.A.G., CARVALHO, F.I.F., HARTWIG, I., OLIVEIRA, A.C. et al. 2008. Caráter stay-green e produtividade de grãos em trigo. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 1, p. 161-167.
- SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; et al. 1999. Qualidade de Silagens de Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de Portes Baixo, Médio e Alto com Diferentes Proporções de Colmo+ folhas/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.1, p.14-20.
- SIMEONE, M.L.F.; OLIVEIRA, P.A.; CANUTO, K.M.; et al. 2018. Caracterização de genótipos de sorgo biomassa para bioenergia. *Anais XVII Encontro Brasileiro sobre o ensino de engenharia química*, Piracicaba.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P. J. 1992. p.3562-3577. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70.
- SNOWDEN, J.D. 1936. *The cultivated races of sorghum*. Adlard and Son, Ltd. London.
- SOUSA, R.R.J.; ALBUQUERQUE, C.J.B; ALVES, D.D. et al. 2010. Composição Bromatológica do Sorgo Forrageiro no Semiárido de Minas Gerais. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.
- SOUZA, W. F. 2008. Silagem de soja associada a diferentes níveis de silagem de milho em dietas para bovinos de corte. 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- STELLA, L. A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, E. R.; BARCELLOS, J. O. J. 2016. Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. *Boletim de Indústria Animal*, v.73, n.1, p.73-79.
- TARDIN, F.D.; LANDAU, E.C.; NEVES, L.G. et al. 2011. Melhoramento genético do Sorgo e as potencialidades da cultura para o estado do Mato Grosso. *Anais I Simpósio de Melhoramento Genético de Plantas*.
- TARDIN, F.D.; NASCIMENTO, P.N.; GODINHO, V.P.C.; et al. 2018. Avaliação do desempenho de genótipos de sorgo biomassa em Sinop-MT. *Anais XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo*. Lavras-MG.
- TOKARNIA, C.H.; DOBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. 2000. Plantas tóxicas do Brasil. Ed. Helianthus, Rio de Janeiro. p. 215-221. 2000. VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon*, v. 38, p. 11-36,
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca. Comstock Publishing. 476 p.
- VILELA, D. 1998. p.73-108. Aditivos para silagem. In: Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia, 35. *Anais...Botucatu: SBZ*.

- VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; et al. 2007. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, 66:235-245.
- YAMAMOTO, Y., GAUDU, P., AND GRUSS, A. 2011. p. 91–102. Oxidative stress and oxygen metabolism in lactic acid bacteria. In: *Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria: Current Progress in Advanced Research*, Norfolk, UK: Caister Scientific Press. eds. K. Sonomoto and A. Yokota.
- WEINBERG, Z.G. and ASHBELL, G. 1994. Changes in gas composition in corn silages in bunker silos during storage and feedout. *Canadian Agricultural Engineering*. 36:155–158.
- WEISSBACH, F. 1996. p.11-25. New developments in crop conservation. In: *Proceedings of the 11th International Silage Conference*.
- WOOLFORD, M.K. 1984. *The Silage Fermentation*. New York: Marcel Dekker. p. 322

1 O artigo a seguir está redigido conforme
2 normas de publicação da *Pesquisa*
3 *Agropecuária Brasileira*, exceto o
4 idioma.

5 [https://seer.sct.embrapa.br/index.php/
6 pab/about/submissions#authorGuideli
7 nes](https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/about/submissions#authorGuidelines)

8
9 **DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES**
10 **PROPÓSITOS, CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE MATO**
11 **GROSSO**

12
13 Maria Antonia Bortolucci da Rosa⁽¹⁾, Juliana Maria Silva de Souza⁽¹⁾, Dalton Henrique Pereira⁽²⁾,
14 Flávio Dessaune Tardin⁽³⁾ and Arthur Behling Neto⁽²⁾ and Rafael Augusto da Costa Parrella⁽³⁾.

15 ⁽¹⁾Master student UFMT/Sinop– mariabdarosa@hotmail.com,

16 cavenaguijuliana@hotmail.com, ⁽²⁾UFMT/Sinop – daltonhenri@ufmt.br,

17 arthur_behling@hotmail.com, ⁽³⁾Embrapa Milho e Sorgo – flavio.tardin@embrapa.br,

18 rafael.parrella@embrapa.br.

19
20 **Resumo** - O melhoramento genético de sorgo vem trabalhando constantemente para a melhoria
21 de materiais, lançando genótipos mais produtivos e adaptados as diferentes condições de
22 ambientes no país e diante deste cenário, objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico de
23 genótipos de sorgo para cultivo no Norte de Mato Grosso. O experimento foi realizado em
24 Sinop/MT com oito híbridos da Embrapa (15F30005, 15F30006, CMSXS 5027, 5030, 5043 e
25 5045, 2019B008 e CMSXS 7501 *BMR*) e sete comerciais (BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS
26 511, BRS Ponta Negra, BRS 716 e AGRI-002E), plantados em blocos casualizados com três
27 repetições e os resultados submetidos ao teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Para florescimento o

28 CMSXS 7501 foi mais tardio, com 136 dias. Para folha destacou-se Volumax com 202,1 g kg⁻¹
29 ¹ MS. Para colmo, o maior grupo foi composto por BRS 511, CMSXS 5043, CMSXS 5045,
30 AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008, com 797,9 g kg⁻¹ MS. Para panícula BRS
31 658 e 659 obtiveram maior proporção, de 397,8 g kg⁻¹ MS. A maior produção em massa verde
32 foi do grupo formado por BRS 716 e CMSXS 5043, com 101,9 Mg ha⁻¹. Para produção de
33 massa seca AGRI-002E e BRS 716 compuseram o maior grupo, com 28,8 Mg ha⁻¹.

34

35 **Termos para indexação:** melhoramento genético, produtividade, silagem, *Sorghum bicolor*.

36

37

Introdução

38 O Brasil possui o maior rebanho bovino do mundo. Dentre os estados produtores,
39 destaca-se Mato Grosso, com 13,98% da produção nacional (ABIEC, 2020).

40 Apesar de possuir extensa área agricultável, algumas regiões do estado passam por
41 períodos de estiagem que causam a diminuição da oferta e do valor nutritivo da forragem,
42 acarretando uma redução no desempenho animal. Com o intuito de minimizar esse impacto e
43 dar autonomia aos sistemas produtivos, a produção de silagem surge como alternativa para
44 manutenção desses animais (Stella et al., 2016).

45 Inúmeras plantas podem ser cultivadas para produção de silagem, mas as mais utilizadas
46 são o milho e o sorgo que, devido a suas características, produzem silagens com adequados
47 padrões fermentativos. Dentre elas, o sorgo se destaca pois possui mais tolerância a déficits
48 hídricos que o milho e consegue se adaptar a solos com baixa fertilidade e presença de alumínio,
49 respondendo bem a incrementos de fertilidade, além de, em muitas situações, permitir a
50 utilização de sua rebrota (Magalhães et al., 2008; Rodrigues et al., 2015).

51 O melhoramento genético vem trabalhando constantemente para a melhoria dos
52 materiais, lançando genótipos mais produtivos e mais adaptados às diferentes condições de

53 ambientes existentes no país. Assim, a caracterização agrônômica e estudos comparativos entre
54 genótipos disponíveis e seu desenvolvimento nas condições que se pretende cultivar são
55 fundamentais, pois permitem a seleção de materiais com melhor relação entre produtividade e
56 valor nutricional da silagem.

57 Outro ponto é a crescente necessidade por fontes de volumoso de baixo custo para
58 alimentação animal, em especial os ruminantes, onde produtores buscam diferentes espécies
59 para complementar a dieta dos animais, incluindo o uso de sorgos de vários tipos para essa
60 finalidade, como por exemplo, os sorgos biomassas.

61 Diante deste cenário, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agrônômico
62 de genótipos de sorgos de diferentes aptidões, cultivados em safra no Norte do Estado de Mato
63 Grosso para uso na alimentação animal.

64

65 **Material e Métodos**

66 **Local e condução do experimento**

67 O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril,
68 localizada no município de Sinop, Mato Grosso, na latitude 11°51' S, longitude 55°35' W e
69 altitude média de 384 m, entre os meses de novembro de 2019 e abril de 2020.

70 A área experimental, que está situada no Bioma Amazônia, apresenta solo classificado
71 de acordo com Santos et al. (2013), como um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico,
72 A moderado, textura muito argilosa e relevo plano (Viana et al., 2015). O clima da região,
73 segundo a classificação climática de Köppen, é Am (tropical de monção), com temperatura do
74 ar média anual de 25°C, média das mínimas de 18°C e média das máximas de 33°C, com
75 umidade relativa do ar média anual de 83% e precipitação acumulada média anual de 2.250 mm
76 (Alvares et al., 2013).

77 A área destinada a implantação do experimento foi previamente preparada e vinte dias
78 antes da semeadura foi realizada uma dessecação pré-plantio, com os herbicidas Aurora® e
79 Round Up®, conforme indicado pelo fabricante. Os tratos culturais foram realizados de acordo
80 com recomendação para a cultura e consistiram em uma adubação com 340 kg ha⁻¹ do adubo
81 08-28-16 no plantio com taxa de semeadura de 10 sementes por metro linear, buscando-se uma
82 população de aproximadamente 120.000 plantas ha⁻¹.

83 A semeadura foi feita em 20/11/2019 com as colheitas realizadas entre 29/02 e
84 24/04/2020, no ponto recomendado de cada material e especificadas na Tabela 1. As parcelas
85 úteis consistiram em duas linhas de cinco metros e espaçamento de 0,70 m, totalizando 7 m², e
86 receberam duas adubações de cobertura, sendo uma realizada 23 dias após semeadura, com 250
87 kg ha⁻¹ do adubo formulado 20-00-20 e outra 44 dias após plantio, com 400 kg ha⁻¹ do mesmo
88 fertilizante.

89 Foi realizada uma aplicação de herbicida pós-emergente com 4 litros ha⁻¹ do produto
90 comercial Atrazina® para controle de plantas invasoras e uma aplicação de inseticida
91 Lorsban®, para controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), de acordo com as
92 recomendações da bula.

93 **Genótipos e características avaliadas**

94 Foram avaliados quinze genótipos de sorgo de diferentes aptidões, entre materiais
95 comerciais de diferentes empresas e experimentais desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo,
96 separados por finalidade de uso, que são: BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS Ponta Negra,
97 15F30005 e 15F30006, classificados como forrageiros, BRS 511, CMSXS 5027, CMSXS 5030
98 classificados como sacarinos, CMSXS 5043 e CMSXS 5045, classificados como sacarinos de
99 colmo seco e BRS 716, AGRI-002E, 2019B008 e CMSXS 7501, ambos biomassa, sendo o
100 último material com gene *BMR*.

101 Os materiais foram analisados em relação ao desempenho agrônômico, coletando-se
102 dados de estande de plantas, florescimento, altura, tamanho de panícula, produtividade de
103 massa verde, intervalo entre o florescimento e a colheita (em dias), produtividade de matéria
104 seca e proporções de folha, colmo e panícula. O teor de sólidos solúveis totais foi medido apenas
105 para observação.

106 Os cortes das plantas, realizados manualmente a uma altura de 20 cm acima da
107 superfície do solo, ocorreram no ponto considerado ideal para ensilagem dos materiais, quando
108 os grãos da parte mediana da panícula se encontram em estágio leitoso/pastoso.

109 As datas de colheita variaram de acordo com cada tipo de sorgo, sendo com
110 aproximadamente 101 dias após plantio (DAP) para cultivares forrageiros, 113 DAP para
111 materiais sacarinos de ciclo mais precoce, 140 DAP para sacarinos de colmo seco e ciclo longo
112 (padrão biomassa) e 156 DAP para sorgos biomassa.

113 Para determinação do estande foi contabilizado, no momento da colheita, o número total
114 de plantas/perfilhos por parcela e posteriormente estimado o valor para plantas/hectare. O
115 florescimento consistiu em dias decorridos do plantio até que 50% das plantas da parcela se
116 encontrassem com as inflorescências do terço superior da panícula liberando pólen.

117 A altura das plantas foi obtida em metros, sendo considerada a média da altura de três
118 plantas por parcela, medidas da superfície do solo ao ápice da panícula. A medição do tamanho
119 das panículas, em centímetros, foi obtida considerando a média de três panículas/plantas por
120 parcela, realizando a medição do primeiro entre nó da ráquis até o fim da panícula. Para
121 produtividade de massa verde foi obtida a massa das plantas totais da parcela (kg), cortadas a
122 20 cm da superfície do solo e posteriormente estimada em Mg ha⁻¹.

123 O teor de sólidos solúveis totais dos materiais no momento do corte, mensurado em
124 °Brix, foi obtido com auxílio de um engenho elétrico para extração do caldo e a leitura realizada
125 através de um refratômetro digital portátil marca Atago®, repetindo três vezes a leitura de cada

126 material e fazendo-se uma média entre os valores encontrados. A leitura foi realizada para todos
127 as cultivares avaliadas, com exceção do biomassa 2019B008, que não foi medido por condições
128 adversas. Ressalva-se que tal informação foi coletada apenas para observação, sem realização
129 de análises estatísticas (Tabela 1).

130 As proporções de colmo, panícula e folha das plantas foi obtido após o fracionamento
131 de três plantas por parcela e da pesagem de cada fração antes e depois de secagem em estufa de
132 ventilação forçada, avaliando a participação na matéria seca total. O teor de matéria seca e a
133 produtividade de matéria seca foram determinados após duas etapas de secagem, conforme
134 descrito por Detmann et al. (2012).

135

136 **Delineamento experimental e análises estatísticas**

137 O delineamento experimental utilizado foi em blocos completamente casualizados
138 (DBC), com 15 tratamentos (genótipos) e três repetições. Os dados foram submetidos à análise
139 de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott e Knott, adotando o nível de
140 probabilidade de 5%, por meio de aplicativo estatístico Genes, versão 1990.2019.121.

141

142 **Resultados e Discussão**

143 Todas as características mensuradas, com exceção de população de plantas,
144 apresentaram diferença, demonstrando a variabilidade genética entre os materiais ($p < 0,05$).

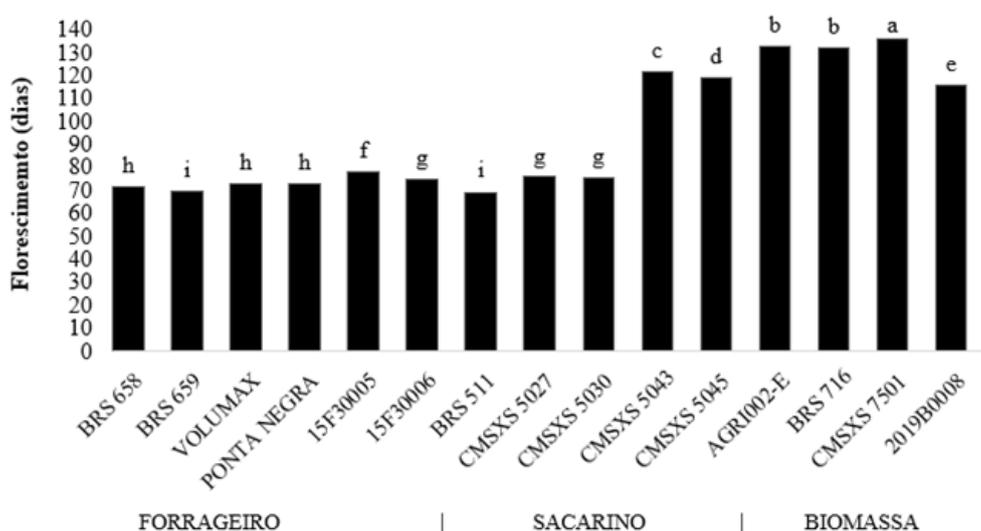
145 O resultado para população de plantas não foi significativo ao nível de 5% de
146 probabilidade, ficando com uma média de 103,14 mil plantas ha^{-1} , condição esta almejada pela
147 pesquisa, onde se conseguiu garantir uniformidade no estande de plantas das parcelas
148 experimentais, dando igual condição aos diferentes genótipos. Apesar do estande final
149 demonstrar valor abaixo do projetado inicialmente de 120 mil plantas ha^{-1} , a média observada

150 ainda se encontra dentro do adequado para a cultura e finalidade de uso, cujo valor recomendado
151 está entre 100 e 130 mil plantas ha⁻¹ (Rodrigues et al., 2015).

152 Em relação ao florescimento ($p < 0,01$), formaram-se nove grupos (Figura 5), onde o
153 cultivar CMSXS 7501 BMR foi considerado o mais tardio (136 dias). Para cultivares sensíveis
154 ao fotoperíodo como às pertencentes ao grupo do sorgo biomassa, o florescimento só ocorre
155 após o fotoperíodo indutivo, que é de 12 horas e 20 minutos (Parrella et al., 2010). Nas
156 condições locais (hemisfério sul), a indução floral ocorre a partir de 21 de março e se estende
157 até setembro. Apesar de ainda ser experimental, seu florescimento está próximo dos materiais
158 comerciais desta categoria, que são o BRS 716 e AGRI-002E, com 132 e 133 dias,
159 respectivamente, e que corroboram com os encontrados Netto et al. (2018) de 131 dias e Freitas
160 et al. (2020), de 134 dias para o BRS 716.

161 Por outro lado, os materiais BRS 659 e BRS 511 foram os mais precoces, com 70 e 69
162 dias, respectivamente. Os cultivares, com propósito forrageiro e sacarino, estão de acordo com
163 os dados encontrados na literatura, onde Costa (2017) encontrou valor semelhante para o BRS
164 659, com 69 dias, e Anjos et al. (2019), com 78 dias para BRS 511.

165



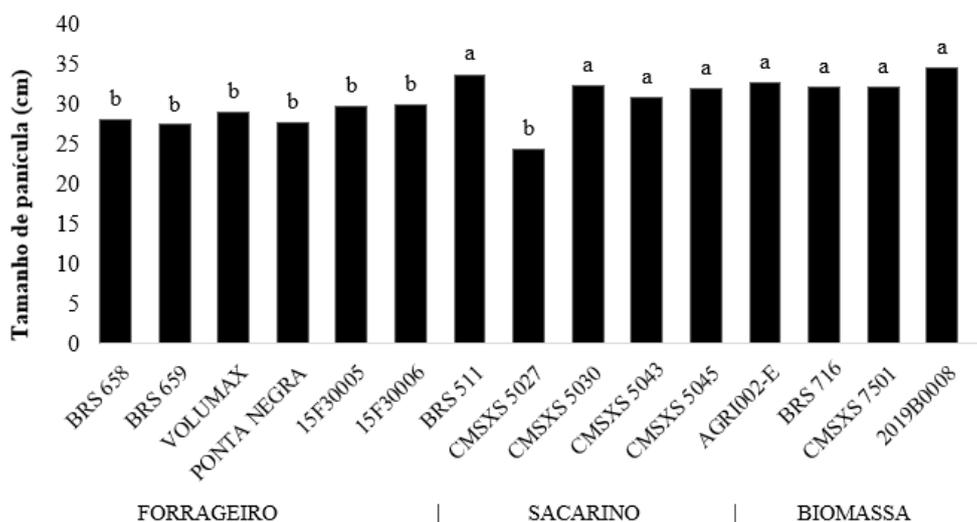
166

167 Figura 5. Florescimento medido em dias dos genótipos avaliados em primeira safra
168 em Sinop/MT. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Skott-
169 Knott a 5% de probabilidade.

170
171 Na variável tamanho de panícula formaram-se apenas dois grupos ($p < 0,05$), com as
172 maiores panículas girando em torno de 32,58 centímetros, relativo aos materiais 2019B008,
173 CMSXS 7501, BRS 716, AGRI-002E, CMSXS 5045, CMSXS 5043, CMSXS 5030 e BRS 511
174 (Figura 6). O menor grupo, com 28,07 centímetros, vez foi composto por CMSXS 5027,
175 1530006, 15F30005, Ponta Negra, Volumax, BRS 658 e 659. Os valores são semelhantes aos
176 encontrados por Netto et al. (2018), de 29,5 cm para materiais de porte mais alto, e 23,9 cm
177 para menor porte.

178 O grão de sorgo é um cereal rico em amido, e o valor nutritivo é similar ao do milho.
179 Em termos energéticos, o grão de sorgo corresponde a aproximadamente 90% do valor
180 energético do milho e apresenta aproximadamente 78 g kg¹ MS de nutrientes digestíveis totais
181 (NDT) (Rodrigues et al., 2015). Quando se tem como objetivo o uso desses materiais para
182 alimentação animal, panículas maiores trazem mais grãos a massa ensilada, melhorando o valor
183 nutricional do alimento fornecido.

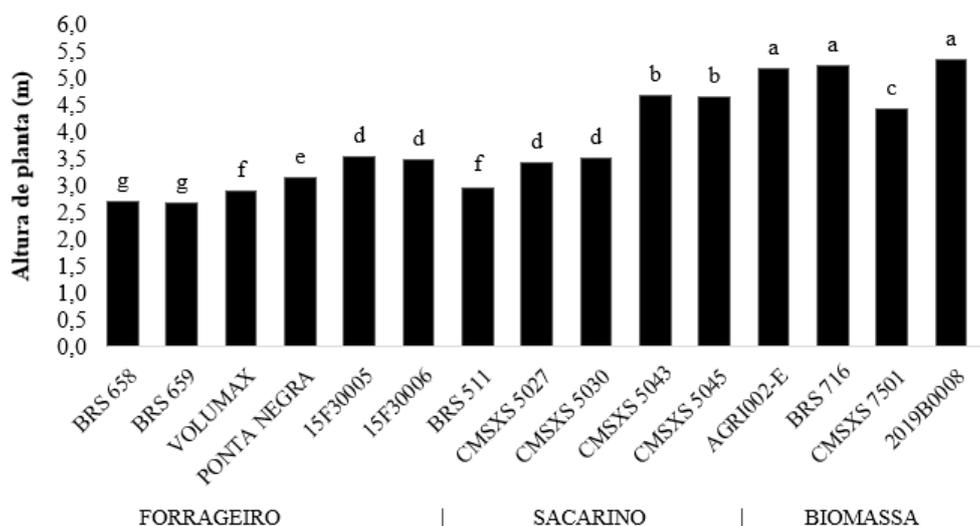
184



185

186 Figura 6. Tamanho de panícula, em centímetros, dos 15 genótipos avaliados em
 187 primeira safra em Sinop/MT. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si
 188 pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.

189
 190 Para a altura de plantas (Figura 7) formaram-se sete grupos ($p < 0,01$), demonstrando a
 191 variabilidade genética entre os cultivares. Os materiais 2019B008, BRS 716 e AGRI-002E
 192 foram mais altos, com 5,35, 5,26 e 5,20 metros respectivamente, e os BRS 658 e 659 de porte
 193 mais baixo, com 2,71 e 2,68 m. Os valores estão de acordo com os encontrados por Tardin et
 194 al. (2018), com 5,23 metros de média e Junior et al. (2019), com 5,09 metros, para BRS 716.
 195 Freitas et al. (2020) verificaram média semelhante para o AGRI-002E, com 5,49 metros. Para
 196 os materiais forrageiros BRS 658 e 659, os valores estão de acordo com o observado por Caraffa
 197 et al. (2016), com 2,68 e 2,79 metros, respectivamente.



198
 199 Figura 7. Altura média de plantas, em metros, dos 15 genótipos avaliados em
 200 primeira safra em Sinop/MT. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si
 201 pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.

202
 203 A proporção dos componentes folha, colmo e panícula também tiveram grande variação
 204 (Tabela 2). Para a percentagem de folha formaram-se 5 grupos ($p < 0,01$), com o cultivar

205 Volumax com a maior proporção, com 202,1 g kg⁻¹ MS, valor que corrobora com o encontrado
206 por Ott et al. (2018), que observaram 213,0 g kg⁻¹ MS. O material BRS 716 ficou com a menor
207 porcentagem, 92,9 g kg⁻¹ MS, valor similar ao encontrado por Rosa et al. (2019), de 106,8 g kg⁻¹
208 MS. Essa fração pode estar relacionada ao ciclo longo e porte elevado, assim, as folhas
209 localizadas na fração mais baixa da planta, devido ao intenso sombreamento, perdem a função
210 de fotosintetizar, entram em senescência e secam, deixando a planta com reduzida quantidade
211 de folhas verdes nas partes mais elevadas expostas a luz.

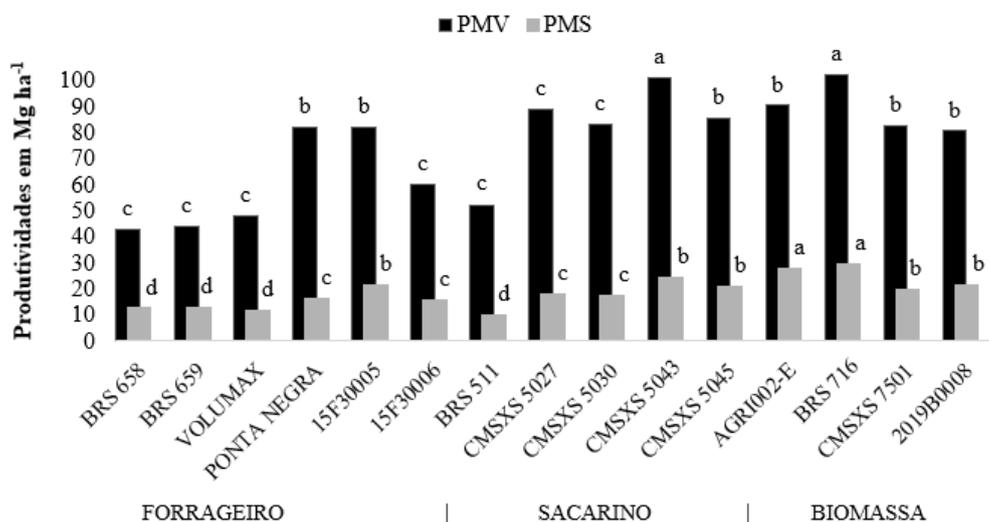
212 Em relação a proporção de colmo quatro grupos foram formados (p<0,01), com BRS
213 511, CMSXS 5043, CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008
214 compondo o grupo com maior proporção de colmo, com média de 797,9 g kg⁻¹ MS, próximo
215 ao encontrado por Rosa et al. (2018) para BRS 716, de 795,0 g kg⁻¹ MS, e que se aplica aos
216 demais materiais biomassa e aos sacarinos padrão biomassa, que apesar de terem outra aptidão,
217 possuem porte mais alto, elevando a proporção de colmos, com exceção do BRS 511, que tem
218 aptidão sacarina comum e possui porte menor (Tabela 2).

219 Para a proporção de panículas (Tabela 2), foram verificados também quatro grupos
220 (p<0,01), nos quais o BRS 658 e BRS 659 obtiveram maior porcentagem, com 397,8 g kg⁻¹ MS,
221 valor que se aproxima ao encontrado por Ott et al. (2018) para BRS 655 (material similar em
222 porte e características), com 423,0 g kg⁻¹ MS.

223 O grupo com menor proporção de panículas, composto por BRS 511, CMSXS 5043,
224 CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008 obteve média de 76,2 g kg⁻¹
225 MS. Tal valor é próximo ao encontrado por Rosa et al. (2019), de 67,4 g kg⁻¹ MS, e por se
226 tratarem de materiais biomassa e/ou sacarino com foco na produção de biomassa e caldo e não
227 de grãos, a planta tem elevada produtividade mas com tamanho de panícula reduzido, tendo em
228 vista que distribui foto-assimilados em maior concentração para o colmo, em tecidos de
229 sustentação evitando tombamentos.

230 Ao analisar a produção de matéria verde ou matéria natural (PMV), observou-se a
 231 formação de três grupos ($p < 0,01$), onde os materiais BRS 716 e CMSXS 5043 ficaram com a
 232 maior média, de $101,9 \text{ Mg ha}^{-1}$, valor similar ao encontrado por Junior et al. (2019), de $128,38$
 233 Mg ha^{-1} e $98,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ de Almeida (2019) para o BRS 716 (Figura 9).

234 O menor grupo de PMV foi formado por BRS 511, 15F30006, Volumax, BRS 658 e
 235 659, que obtiveram média de $49,55 \text{ Mg ha}^{-1}$, valor que pode ser atribuído ao fato da maioria
 236 dos materiais terem aptidão forrageira, caracterizadas como de menor porte. Este resultado
 237 corrobora com o encontrado por Caxito (2017) e Costa (2017), de $46,78 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $36,31 \text{ Mg}$
 238 ha^{-1} para Volumax. Aguila et al. (2020) encontraram $40,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ para BRS 511, valor similar
 239 ao encontrado no presente trabalho. Para os materiais BRS 658 e 659, os valores são similares
 240 aos entrados por Caraffa et al. (2016), de $55,09$ e $47,24 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente. Tais
 241 diferenças podem ser atribuídas à existência de variáveis climáticas e de fertilidade de solo
 242 durante a condução dos experimentos.



243 FORRAGEIRO | SACARINO | BIOMASSA

244 Figura 9. Produção de massa fresca total (PMV) e produção de massa seca total
 245 (PMS) dos 15 genótipos de sorgo avaliados em Sinop/MT. Barras seguidas pela
 246 mesma letra não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.

247

248 De acordo com os dados do Censo Agropecuário realizado pelo IBGE (2017), a
249 produtividade de massa verde do milho forrageiro no estado de Mato Grosso é de 18 Mg ha⁻¹
250 em média, ao passo que a do sorgo forrageiro é de 26 Mg ha⁻¹. Os valores encontrados neste
251 trabalho estão superiores a essa média, demonstrando ser passível o uso de sorgo de diferentes
252 aptidões para alimentação animal.

253 Já para produção em matéria seca (PMS) formaram-se quatro grupos (P<0,01), com os
254 cultivares AGRI-002E e BRS 716 com a maior média, de 28,7 Mg ha⁻¹ (Figura 9). Este valor é
255 próximo ao encontrado por Venturiri (2019), de 27,33 Mg ha⁻¹ para AGRI-002E e por Caxito
256 (2017) de 28,29 Mg ha⁻¹ para BRS 716.

257 O grupo de menor PMS, composto por BRS 511, Volumax, BRS 658 e 659, obteve
258 média de 11,95 Mg ha⁻¹. Resultados similares foram verificados por Freitas et al. (2020) para
259 BRS 658 e Volumax, com média de 12,89 Mg ha⁻¹. Ott et al. (2018) também constaram
260 produção parecida, de 12,40 Mg ha⁻¹ para Volumax.

261 A produção de matéria seca ha⁻¹ é importante pois cultivares com maior produção
262 proporcionam menor custo por kg de MS produzida, possibilitam alimentar um maior número
263 de animais utilizando-se a mesma quantidade de área de cultivo, proporcionando uma possível
264 redução nos custos de produção final. É importante ressaltar também que a produção de massa
265 seca total depende do teor de matéria seca da planta no momento do corte.

266 Quando usamos os materiais forrageiros comerciais desenvolvidos para produção de
267 silagens BRS 658, BRS 659 e Volumax como comparativos, observa-se que os materiais
268 biomassa BRS 716 e AGRI-002E alcançaram PMV 113,54% superior aos forrageiros, enquanto
269 os materiais sacarinos padrão biomassa (CMSXS 5045, CMSXS 5043, CMSXS 5030 e
270 CMSXS 5027) produziram 99,11% a mais e os novos híbridos forrageiros (15F30005 e
271 15F30006), 57,63% a mais de massa verde.

272 Para PMS, os sorgos biomassa (BRS 716 e AGRI-002E) foram mais produtivos que os
273 forrageiros comerciais em 130,1%, enquanto os sacarinos padrão biomassa tiveram um
274 acréscimo de 63,19% e os híbridos forrageiros obtiveram produção superior em 50,35% quando
275 comparados a produção dos forrageiros destinados a produção de silagem.

276

277 **Conclusão**

278 1- Os materiais comerciais BRS 716 e AGRI-002E se destacaram em maiores
279 produtividades de matéria verde e matéria seca, demonstrando serem superiores em produção
280 por unidade de área.

281 2- Para uma análise isolada por aptidões de sorgo, destaca-se o híbrido experimental
282 forrageiro 15F30005, com maiores produtividades de matéria verde e seca e elevadas
283 proporções de panícula, sendo promissor para lançamento comercial.

284 3- Dentre os sacarinos, o híbrido experimental CMSXS 5043, com padrão biomassa, se
285 destacou quanto as produtividades, demonstrando também ser passível para lançamento dentro
286 de sua categoria.

287

288 **Referências**

289 ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE
290 CARNE. **Beef REPORT - Perfil da Pecuária no Brasil**. São Paulo, 2020. 50 p.

291

292 ALMEIDA, L.G.F. **Etanol de segunda geração utilizando sorgo biomassa (*Sorghum***
293 ***bicolor*)**. Tese (D.Sc.). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhona e Mucuri, Diamantina.
294 2019.

295

296 ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.;
297 SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**,
298 Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

299

300 ANJOS, J.R.N. dos.; MALAQUIAS, J.V.; PARRELLA, R.A.C. **Avaliação de Genótipos de**
301 **Sorgo Sacarino** (*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina, Distrito Federal, Safra 2013-
302 2014. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 16 p. 2019.

303

304 AGUILA, L.S.H. del; GEHLING, R.K.; CAPUTO, T.F.M.; AGUILA, J. S. del. Melhor arranjo
305 de plantas para os genótipos de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 511 visando a produção de
306 etanol. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, 3:648-653.
307 2020.

308

309 CARAFFA, M.; STEIN, M.; COSTA, A.R.; CARNEIRO, E. A.; GIESEN, T. M.; WITCZAK,
310 G. P. **Desempenho produtivo de genótipos de sorgo silageiro-sacarino na região sul-rio-**
311 **grandense**. Anais XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Bento Gonçalves. 2016.

312

313 CAXITO, A.M. **Desempenho agrônômico e qualidade nutricional de silagens de sorgo**
314 **biomassa, sacarino e forrageiro em região semiárida**. Dissertação (M. Sc.). Universidade
315 Estadual de Montes Claros. 2017.

316

317 COSTA, R.F. **Características agrônômicas e nutricionais de genótipos de sorgo portadores**
318 **ou não de nervura marrom**. Dissertação (M.Sc.). Unimontes, 2017.

319

320 DETMANN, E., et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG. 214
321 p. 2012.

322
323 FREITAS, M.H.; TARDIN, F.D.; TODESCATTO, F.; SANTOS, J. dos; SOUZA, J. M. S. de;
324 ROSA, M. A. B. da; ANDRÉ, V. L. S.; PARRELLA, R. A. da C. **Caracterização agronômica**
325 **de genótipos de sorgo com foco em produção de energia**. IV Encontro de Ciência e
326 Tecnologias Agrossustentáveis e da IX Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril.
327 Brasília, DF: Embrapa. 2020.

328
329 IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agro 2017 -**
330 **Resultados definitivos**. Disponível em:
331 <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>.
332 Acesso em: 22 março, 2021.

333
334 JUNIOR, J.M.M.F.; OLIVEIRA, I.C.M.; PARRELLA, R.A.C.; SCHAFFERTET, R. E.
335 **Crescimento e produção de biomassa em híbridos de sorgo para fins de bioenergia em**
336 **diferentes épocas de colheita**. XVIII Seminário de iniciação científica Embrapa. 2019.

337
338 MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In:
339 RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo,
340 2008. p. 1-7.

341
342 NETTO, D.A.M.; MENEZES, T.H.G. de S.; PARRELLA, R.A.C.; SIMEONE, M. L. F.;
343 TRINDADE, R. dos S. **Caracterização morfoagronômica e bromatológica de genótipos de**
344 **sorgo para a produção de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 20 p. 2018.

345

346 OTT, L.C.; JUNIOR, J.S.; BORTOLINI, F.; SILVA, J. L.; ROSA, P. P.; RÖSLER, D. C.;

347 VALGAS, R. A.; SOUZA, A. P. B. Avaliação agronômica de genótipos de sorgo para produção

348 de silagem. **Revista Electrónica de Veterinaria** - Nº 5. 2018.

349

350 PARRELLA, R.A.C.; Rodrigues, J.A.S.; Tardin, F.D.; DAMASCENO, C. M. B.;

351 SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo**

352 **visando alta produtividade de biomassa.** Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, n.28,

353 Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas, MG. 2010.

354

355 RODRIGUES, J.A.S.; MENEZES, C.B.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; TABOSA, J. N.

356 Utilização do Sorgo na Nutrição Animal. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.

357 **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa. 327p. 2015.

358

359 ROSA, M.A.B.; SANTOS, J.A.P.; BEHLING NETO, A.; PEREIRA, D. H.; TARDIN, F. D.;

360 SCHAFFERT, R. E.; PARISOTTO, D. C.; KIPERT, T. A.; ROECKER, A. N.; FARIA, A. C.;

361 RHOR, L. J. V. **Yield and morphological potential of sorghum biomass hybrid BRS 716 at**

362 **different stages of development for silage production.** Anais 6º ed. International Simposium

363 Forage Quality Control. 2019.

364

365 SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS,

366 J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema**

367 **brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 353 p. 2013.

368

369 STELLA, L. A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, E. R.; BARCELLOS, J. O. J. Composição química
370 das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Boletim de Indústria**
371 **Animal**, v.73, n.1, p.73-79, 2016.

372

373 TARDIN, F.D.; NASCIMENTO, P.N.; GODINHO, V.P.C.; CORRÊA, C. E. S.;
374 RODRIGUEZ, N. M.; BRITO, A. F.; MOURÃO, G. B. **Avaliação do desempenho de**
375 **genótipos de sorgo biomassa em Sinop-MT**. Anais XXXII Congresso Nacional de Milho e
376 Sorgo. Lavras-MG. 2018.

377

378 VIANA, J.H.M.; SPERA, S.T.; MAGALHAES, C.A.S.; CALDERANO, S.B. **Caracterização**
379 **dos solos do sítio experimental dos ensaios do projeto safrinha em Sinop – MT**. Sete
380 Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 20p. (Comunicado técnico 210). 2015.

381

382 VENTURINI, T. **Caracterização da silagem do sorgo forrageiro AGRI-002E e utilização**
383 **na alimentação de bovinos**. Tese (D.Sc.). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2019.

384

385

386

387

388

389

390

391

392 **Tabela 1.** Época de plantio, colheita, duração do ciclo medido visando a ensilagem, teor
 393 de sólidos solúveis totais (em °Brix) no momento da colheita e sensibilidade ao fotoperíodo dos
 394 quinze genótipos de sorgo avaliados em Sinop/MT.

Aptidão	Genótipo	Plantio	Colheita	Ciclo (dias)	Sólidos	Sensibilidade
					solúveis totais (°Brix)	ao fotoperíodo
FORRAGEIRO	BRS 658	20/11/2019	29/02/2020	101	4,5	Não
	BRS 659	20/11/2019	29/02/2020	101	6,8	Não
	VOLUMAX	20/11/2019	29/02/2020	101	9,3	Não
	PONTA NEGRA	20/11/2019	02/03/2020	103	6,0	Não
	15F30005	20/11/2019	02/03/2020	103	6,0	Não
	15F30006	20/11/2019	02/03/2020	103	5,2	Não
SACARINO	BRS 511	20/11/2019	12/03/2020	113	14,8	Não
	CMSXS 5027	20/11/2019	12/03/2020	113	12,1	Não
	CMSXS 5030	20/11/2019	12/03/2020	113	12,5	Não
	CMSXS 5043	20/11/2019	08/04/2020	140	13,5	Sim
	CMSXS 5045	20/11/2019	08/04/2020	140	15,8	Sim
BIOMASSA	AGRI002-E	20/11/2019	24/04/2020	156	9,8	Sim
	BRS 716	20/11/2019	24/04/2020	156	10,8	Sim
	CMSXS 7501	20/11/2019	24/04/2020	156	8,4	Sim
	2019B008	20/11/2019	08/04/2020	140	--*	Sim

395 * dado não coletado.

396

397

398 **Tabela 2.** Proporção dos componentes morfológicos da planta (panícula, folhas
 399 e colmo) na matéria seca das plantas de 15 genótipos de sorgo, avaliados em primeira
 400 safra em Sinop/MT.

Aptidão	Genótipos	Folha	Colmo	Panícula	Massa Seca
		(g kg ⁻¹ MS)			(Mg ha ⁻¹)
FORRAGEIRO	BRS 658	135,6 c	477,0 d	387,4 a	12,64 d
	BRS 659	14,2,7 c	449,2 d	408,2 a	13,15 d
	VOLUMAX	202,1 a	593,2 c	204,7 c	11,71 d
	BRS PONTA NEGRA	161,4 b	610,9 c	227,8 c	16,54 c
	15F30005	138,8 c	525,1 d	336,1 b	21,79 b
	15F30006	130,0 c	560,7 c	309,2 b	15,81 c
SACARINO	BRS 511	130,3 c	801,5 a	68,2 d	10,26 d
	CMSXS 5027	123,9 c	659,4 b	216,6 c	18,35 c
	CMSXS 5030	131,8 c	666,0 b	202,2 c	17,76 c
	CMSXS 5043	145,9 c	785,4 a	68,7 d	24,53 b
	CMSXS 5045	136,7 c	802,3 a	61,0 d	20,97 b
BIOMASSA	AGRI-002E	130,4 c	792,4 a	77,2 d	27,94 a
	BRS 716	92,9 e	803,7 a	103,4 d	29,60 a
	CMSXS 7501	116,3 d	821,7 a	62,0 d	20,10 b
	2019B008	128,4 c	778,6 a	93,0 d	21,57 b
	<i>p-value</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

401 *médias seguidas pela mesma letra na coluna constituem um grupo estatisticamente
 402 homogêneo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

403

CAPÍTULO 2 - ENSILABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SORGO DE DIFERENTES PROPÓSITOS CULTIVADOS EM PRIMEIRA SAFRA NO NORTE DE MATO GROSSO.

RESUMO - A demanda por cultivares de qualidade estimulou o surgimento de genótipos com características que influenciam no valor nutritivo da silagem. Diante deste cenário, objetivou-se avaliar a ensilabilidade de cultivares de sorgo de diferentes aptidões, através de variáveis como carboidratos solúveis, capacidade tampão, coeficiente de fermentação e as características bromatológicas da forragem. O experimento foi realizado em Sinop/MT visando características que podem influenciar o processo fermentativo da silagem. Oito híbridos experimentais da Embrapa (15F30005, 15F30006, CMSXS 5027, 5030, 5043, 5045, 2019B008 e CMSXS 7501 *bmr*) e sete comerciais (BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS 511, BRS Ponta Negra, BRS 716 e AGRI-002E) foram plantados em delineamento em blocos casualizados, com 15 tratamentos e três repetições. Os dados foram avaliados pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), exibindo diferença entre os genótipos para todas as características. O grupo composto pelos cultivares BRS 716, AGRI-002E, BRS 658 e 659 obteve os maiores teores de matéria seca, com 297,7 g kg^{-1} MS. Para capacidade tampão, o BRS 511 obteve menor teor, de 16,2 g kg^{-1} MS. Para carboidratos solúveis, os BRS 511 e CMSXS 5030 apresentaram maior média, de 391,7 g kg^{-1} MS. Para coeficiente de fermentação, BRS 511 obteve valor mais alto, de 195,06. Os cultivares CMSXS 5043, 5045, AGRI-002E, BRS 716 e 2019B008 obtiveram maior média para fibra insolúvel em detergente neutro, corrigido para cinzas e proteína, com 687,4 g kg^{-1} MS. Para fibra insolúvel em detergente neutro indigestível, a menor média ficou com CMSXS 5027, 5030, BRS 659 e Volumax, com 252,8 g kg^{-1} MS. Para lignina, AGRI-002E, BRS 716 e 2019B008 ficaram com maior média, de 77,4 g kg^{-1} MS. Para proteína bruta, destacam-se BRS 658 e 659 com 70,9 g kg^{-1} MS. Todos se mostraram passíveis de serem ensilados.

Palavras-chave: fermentação, silagem, *Sorghum bicolor*.

CHAPTER 2 - ENSILABILITY OF SORGHUM GENOTYPES OF DIFFERENT PURPOSES CULTIVATED IN FIRST CROP IN THE NORTH OF MATO GROSSO.

ABSTRACT - The demand for quality cultivars stimulated the emergence of genotypes with characteristics that influence the nutritive value of silage. In this scenario, the objective was to evaluate the ensilability of sorghum cultivars of different aptitudes, through variables such as soluble carbohydrates, buffer capacity, fermentation coefficient and forage bromatological characteristics. The experiment was carried out in Sinop/MT aiming at characteristics that can influence the silage fermentation process. Eight experimental hybrids from Embrapa (15F30005, 15F30006, CMSXS 5027, 5030, 5043, 5045, 2019B008 and CMSXS 7501 bmr) and seven commercial hybrids (BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS 511, BRS Ponta Negra, BRS 716 and AGRI-002E) were planted in a randomized block design, with 15 treatments and three replications. Data were evaluated by Scott-Knott test ($P < 0.05$), showing differences between genotypes for all traits. The group composed by cultivars BRS 716, AGRI-002E, BRS 658 and 659 had the highest dry matter contents, with $297.7 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. For buffer capacity, BRS 511 had the lowest content, of $16.2 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. For soluble carbohydrates, BRS 511 and CMSXS 5030 had the highest average, $391.7 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. For fermentation coefficient, BRS 511 had the highest value, 195.06. Cultivars CMSXS 5043, 5045, AGRI-002E, BRS 716 and 2019B008 had the highest average for fiber insoluble in neutral detergent, corrected for ash and protein, with $687.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. For indigestible neutral detergent insoluble fiber, the lowest average was with CMSXS 5027, 5030, BRS 659 and Volumax, with $252.8 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. For lignin, AGRI-002E, BRS 716 and 2019B008 had the highest average, $77.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. For crude protein, BRS 658 and 659 stand out with $70.9 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. All proved capable of being ensiled.

Keywords: fermentation, silage, *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

Com a intensificação dos processos produtivos no setor agropecuário, diversos investimentos vêm sendo feitos por meio da crescente utilização de tecnologias, especialmente relacionadas ao potencial genético animal, à sanidade, ao manejo e à alimentação.

A distribuição sazonal da produção forrageira é responsável por grande parte das dificuldades encontradas pelos pecuaristas e causa um impacto negativo no potencial de lotação e na produtividade em sistemas de criação. Para manutenção desses novos sistemas intensivos de produção, uma das medidas fundamentais é a conservação da forragem produzida no período chuvoso para uso na alimentação dos animais nos períodos que o sistema produtivo julgar necessário. A ensilagem surge então como uma técnica que permite esse armazenamento, preservando o máximo dos nutrientes nela contidos.

Na produção pecuária, o valor nutritivo das plantas a serem ensiladas é importante, porém, a otimização de sistemas de produção intensivos depende da produção de silagem de baixo custo e alto valor nutricional.

A cultura do sorgo é uma alternativa para a produção de silagem, uma vez que a biomassa de alguns genótipos específicos possui teor de matéria seca (MS), capacidade tampão (CT) e carboidratos solúveis (CHOs) ideais para ensilagem, com a vantagem de apresentar maior tolerância ao déficit hídrico, maior amplitude de semeadura e maiores produtividades, em comparação ao milho (Machado et al., 2012).

As variáveis citadas acima compõem a ensilabilidade dos materiais, que nos diz o potencial de ensilagem das cultivares para serem ensiladas. A qualidade do produto depende ainda de variáveis como tamanho de partículas, compactação e o processo fermentativo dentro do silo, mas através delas é possível visualizar o substrato disponível para a fermentação seja efetiva ou não.

As cultivares de sorgo são classificadas em cinco tipos: granífero, forrageiro/corte e pastejo, sacarino, biomassa e vassoura, de acordo sua aptidão e características agronômicas (Rodrigues et al., 2015).

Desse modo, a escolha do genótipo para produção de silagem é feita com base em suas características agronômicas, levando-se em conta o comportamento das cultivares como alta produção de forragem, maior proporção de folhas, boa arquitetura foliar, manutenção de folhas e colmos verdes no final do ciclo, alta produtividade de grãos, alta digestibilidade de fibra,

relação de grãos na matéria seca, resistência a pragas e doenças, resistência ao acamamento e quebraamento do colmo e ciclo vegetativo compatível com o manejo de corte da planta para ensilar.

Em qualquer sistema de produção animal, a qualidade dos alimentos fornecidos é de fundamental importância na busca pela eficiência. De modo geral, a resposta do animal à silagem está relacionada ao padrão fermentativo, implicando na forma e na concentração dos nutrientes no alimento. O valor nutritivo de um alimento está associado à sua composição química e ao nível de aproveitamento dos nutrientes.

Alguns tipos de sorgo, como os forrageiros, já têm seu uso na alimentação animal consolidado e a cada dia surgem novos materiais buscando atender a demanda por alimentos. Os sorgos tipo biomassa e sacarino foram desenvolvidos com o objetivo de geração de bioenergia e etanol de segunda geração, mas devido a suas elevadas produtividades houve uma procura por parte dos produtores rurais para uso como volumoso para alimentação animal. Porém, como isso ainda é recente, há uma escassez de informações quanto as características nutricionais e o desempenho dessas plantas em condições de ensilagem (Rodrigues et al., 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a ensilabilidade e características bromatológicas de diferentes genótipos de sorgos (silageiro, sacarino e biomassa), incluindo materiais promissores que tem se destacado nas linhas de melhoramento vegetal, buscando conhecer características que possam influenciar o processo fermentativo da silagem e explicitar as diferenças entre estes materiais, cultivados em primeira safra no Bioma Amazônia no norte de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop, Mato Grosso, na latitude 11°51' S, longitude 55°35' W e altitude média de 384 m, entre os meses de novembro de 2019 e abril de 2020.

A semeadura foi realizada em 20/11/2019 e as colheitas entre 29/02 e 24/04/2020, no ponto indicado para ensilagem. Foram avaliados quinze genótipos de sorgo de diferentes propósitos, entre materiais comerciais de diversas empresas e experimentais desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo, separados por finalidade de uso, que são: BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS Ponta Negra, 15F30005 e 15F30006, classificados como sorgos forrageiros; BRS 511, CMSXS 5027, CMSXS 5030, CMSXS 5043 e CMSXS 5045, classificados como sacarinos; e BRS 716,

AGRI-002E, 2019B0008 e CMSXS 7501, como biomassas, sendo o último material com gene *BMR* de nervura marrom, associado a menores teores de lignina.

Foram avaliados a ensilabilidade em termos de teor de matéria seca no momento do corte, capacidade tampão, carboidratos solúveis e o coeficiente de fermentação. Além dessas, foi realizada análise do pH e química-bromatológica da forragem. A proteína bruta (PB) foi obtida pelo método INCT-CA N-001/1 e para a fração nitrogenada não proteica, utilizou-se o INCT-CA N-002/1, propostos por Detmann et al. (2012).

Para fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) utilizou-se o método INCT-CA F-001/1 e INCT-CA F-003/1. Para determinar a FDN e FDA livre de cinzas e proteína (FDN_{cp} e FDA_{cp}), foi necessário analisar a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), pelo INCT-CA N-004/1 e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), pelo INCT-CA N-005/1. Para a correção das cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN), utilizou-se INCT-CA M-002/1, e para cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA), INCT-CA M-003/1, propostos por Detmann et al. (2012).

Para lignina optou-se por utilizar o método sequencial, após extração de FDN e FDA, de acordo com o “Método 9 – Determinação de lignina em detergente ácido na incubadora Daisy^{II} (Ankom)”. A análise de fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) ocorreu conforme método INCT-CA F-009/1. Os valores de extrato etéreo (EE) foram obtidos utilizando máquina extratora Ankom® modelo XT15, com metodologia descrita pelo fabricante.

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado com base nos valores obtidos pelas análises químicas através da fórmula “número 10”, proposta por Detmann et al. (2012). Para a mensuração do pH, utilizou-se material armazenado no momento da colheita sob refrigeração, conforme metodologia de Kung Jr (1996). A amostra de cada parcela foi processada duas vezes em processador elétrico e realizou-se duas leituras de cada amostra em aparelhos diferentes.

Para a análise de capacidade tampão utilizou-se metodologia descrita por Weissbach et al. (1974), onde um grama de amostra moída foi adicionado a um Becker com 100 mL de água destilada livre de CO₂. Após 30 minutos em imersão, com o auxílio de um peagamêtro digital, faz-se a titulação utilizando ácido láctico a 0,1N até que o pH da mistura se estabilize em 4,0. Após, realizou-se os cálculos através da fórmula:

$$CT = T \times F \times \left(\frac{90,08}{MS} \right)$$

Onde: CT = capacidade tampão, T = volume de ácido láctico a 0,1N usado para titulação, F = fator de correção previamente calculado, MS = teor de matéria seca do material (%).

A análise de carboidratos solúveis foi realizada seguindo a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2005). Com as amostras das forragens pré-secas, os teores de MS, carboidratos solúveis e capacidade tampão definidos, o coeficiente de fermentação foi determinado de acordo com Weissbach (1996), pela fórmula:

$$CF = MS + 8 \times \left(\frac{CHO_s}{CT} \right)$$

Onde: CF = coeficiente de fermentação; MS = teor de matéria seca (g kg^{-1} MS); CHO_s = conteúdo de carboidratos solúveis (g kg^{-1} MS); CT = capacidade tampão (g kg^{-1} de MS).

Após a realização das demais análises, foi possível realizar os cálculos referentes aos nutrientes digestíveis totais (NDT) de cada cultivar, utilizando-se o modelo proposto no NRC (2001).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completamente casualizados (DBC), com 15 tratamentos (genótipos) e três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott e Knott, adotando o nível de probabilidade de 5%, por meio do aplicativo estatístico Genes, versão 1990.2019.121. O modelo utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Sendo:

Y_{ij} = valor da unidade experimental que recebeu o tratamento i no bloco j ;

μ = efeito fixo da média geral;

T_i = efeito do genótipo i , com $i = 1, 2, 3, \dots$ e 15;

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

e_{ij} = erro experimental associado a observação Y_{ij} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis analisadas apresentaram diferença, demonstrando a variabilidade genética entre os materiais ($P < 0,05$).

Para teor de matéria seca no momento do corte (Tabela 3), formaram-se quatro grupos de médias ($P < 0,01$). Os materiais BRS 716, AGRI-002E, BRS 658 e BRS 659 obtiveram os maiores teores, com valor médio de $297,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Apesar de aptidões diferentes (biomassa e forrageiro), o teor de MS pode variar independentemente do tipo de material. Costa (2017) obteve resultados semelhantes para BRS 658 e BRS 659, com $239,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $263,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, respectivamente. Caraffa et al. (2016) encontraram valores que diferem do observado no presente trabalho, com $397,3 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $393,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, respectivamente. Junior et al. (2019) encontraram teores similares para o BRS 716, de $311,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, e Caxito (2017) com $297,3 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $296,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ em ensaio de safra em duas localidades diferentes.

Os cultivares BRS Ponta Negra, BRS 511, CMSXS 5027 e CMSXS 5030 apresentaram a menor média, com $204,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Caxito (2017) encontrou valor semelhante para o BRS 511 em ensaio de safra no município de Nova Porteirinha, com $244,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Parisotto (2020) constatou valor próximo para o BRS Ponta Negra, com $220,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ em ensaio de segunda safra, valor que corrobora com o observado por Macêdo et al. (2018), de $210,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Esses genótipos têm aptidão sacarina, que possuem como característica principal o colmo suculento e doce, e por essa razão tendem a ter menor teor de massa seca na colheita, quando comparados com cultivares de colmo seco. Seu ponto ideal de corte para o uso na ensilagem ainda é divergente, pois inicialmente foi desenvolvido para produção de biomassa e não para alimentação animal, sendo necessário mais pesquisas para verificar a viabilidade do uso de aditivos absorventes de umidade ou o ponto de colheita ideal.

Segundo McDonald et al. (1991) e Muck e Pitt (1993), o teor de MS da forragem ideal, para que não ocorra fermentações indesejáveis como a clostridiana na ensilagem é de $300\text{-}350 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, valor que difere da maioria dos resultados encontrados. Valores abaixo do indicado também podem contribuir para um aumento nas perdas por efluentes, diminuindo seu valor nutricional, pois o efluente é composto por nutrientes altamente digestíveis.

Tabela 3. Variáveis referentes a ensilabilidade da biomassa dos 15 genótipos de sorgo cultivados em primeira safra em Sinop/MT.

Aptidão	Genótipo	MS	CT	CHOs	CF
FORRAGEIRO	BRS 658	296,1 a	35,8 b	174,7 c	72,89 c
	BRS 659	296,7 a	29,1 c	205,8 c	86,35 c
	VOLUMAX	242,3 c	34,3 b	181,9 c	67,01 c
	PONTA NEGRA	200,9 d	22,4 d	126,3 c	65,10 c
	15F30005	265,3 b	30,8 c	178,3 c	78,10 c
	15F30006	262,1 b	29,3 c	228,5 c	82,87 c
SACARINO	BRS 511	197,8 d	16,2 e	387,8 a	195,06 a
	CMSXS 5027	205,9 d	24,8 d	286,2 b	113,65 c
	CMSXS 5030	214,2 d	23,8 d	395,6 a	155,36 b
	CMSXS 5043	241,7 c	29,3 c	208,2 c	80,90 c
	CMSXS 5045	244,4 c	28,7 c	219,4 c	87,72 c
BIOMASSA	AGRI-002E	308,5 a	29,1 c	175,1 c	72,41 c
	BRS 716	289,4 a	26,9 c	153,7 c	74,61 c
	CMSXS 7501	242,6 c	25,8 c	153,0 c	71,21 c
	2019B008	266,6 b	42,1 a	138,0 c	52,88 c
P-value		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Onde: MS: teor de matéria seca em g kg⁻¹ MS; CT: capacidade tampão, em g kg⁻¹ MS; CHOs: carboidratos solúveis, em g kg⁻¹ MS e CF: coeficiente de fermentação. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Para capacidade tampão (Tabela 3), formaram-se cinco grupos (P<0,01). O material comercial BRS 511 apresentou o menor teor, de 16,2 g kg⁻¹ MS. Por se tratar de um cultivar de aptidão sacarina, os estudos sobre seu potencial para uso na alimentação animal ainda são escassos. Porém, em estudo realizado por Behling Neto et al. (2017), utilizando material sacarino com características semelhantes (BRS 506), foi verificado 51,4 g kg⁻¹ MS, valor que difere do observado no presente trabalho. Por outro lado, o híbrido biomassa 2019B008 obteve o maior valor, de 42,1 g kg⁻¹ MS, e por ser um material experimental, ainda não existem dados sobre sua caracterização ou similares a ele.

Em uma capacidade tampão baixa, a velocidade de queda do pH é beneficiada, favorecendo com que os valores ideais para inibição da atividade microbiana sejam atingidos mais rápido, diminuindo as perdas de MS. No entanto, em uma CT alta, o pH poderá demorar mais para atingir o recomendado, acarretando maiores perdas de MS (Reis et al., 2014).

Um dos principais componentes para uma boa fermentação dentro do silo, o teor de carboidratos solúveis confere uma estimativa do substrato disponível para as bactérias realizarem os processos fermentativos. No presente trabalho, formaram-se três grupos de médias ($P < 0,01$), com os sacarinos BRS 511 e CMSXS 5030 com a maior média, de $371,7 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Como já explicado anteriormente, são materiais com característica de colmos doces e succulentos, com altos teores de carboidratos não-estruturais que permanecem na forma de açúcares solúveis e isso se reflete nos teores de CHOs. De acordo com Lourenço et al. (2007), o sorgo sacarino pode ter teores de açúcares na MS entre 300 e 400 g kg^{-1} MS, semelhantes aos encontrados neste trabalho. Em estudo realizado em 2017, Behling Neto et al. utilizando material com características semelhantes ao BRS 511, verificaram valor próximo, de $382,2 \text{ g kg}^{-1}$ MS de média.

Os genótipos BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS Ponta Negra, 15F30005, 15F30006, CMSXS 5043, CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008 se enquadraram no grupo com menor média de CHOs, com $178,6 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Os menores teores de CHOs na forragem desses cultivares deve-se a possíveis diferenças nas proporções de panícula presentes na massa. Thomas et al. (2013), encontraram resultado semelhante ao comparar materiais próprios para silagem, com $213,3 \text{ g kg}^{-1}$ MS, $199,2 \text{ g kg}^{-1}$ MS, $172,0 \text{ g kg}^{-1}$ MS e $133,2 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Os valores também corroboram com os obtidos por Behling Neto et al (2017), de $194,4$ e $191,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS para materiais forrageiros. Tais valores, apesar de serem mais baixos que os encontrados em materiais com propósito forrageiro, ainda estão acima do recomendado para uma fermentação adequada.

Os genótipos sacarinos se destacaram nos teores de carboidratos solúveis, porém, deve-se ter cuidado com seu uso para produção de silagem, pois possuem baixos teores de matéria seca e são susceptíveis a fermentações indesejáveis, como a alcoólica. Contudo, o elevado teor de CHOs pode fornecer substrato suficiente para que ocorra uma rápida queda no pH, inibindo outras fermentações. Ainda existem muitas lacunas na forma de uso desses materiais, como o ponto de corte, por exemplo, que é divergente. Supõe-se que uma colheita mais tardia (do que a que foi realizada no presente trabalho) seja benéfica, pois elevaria o teor de MS, diminuindo o risco de fermentações secundárias. Por isso, mais estudos devem ser realizados sobre a

utilização desses materiais na alimentação animal, bem como sobre sua microbiologia, para determinação da microbiota epifítica.

Os estudos com genótipos padrão biomassa também são escassos para produção de silagem, tendo em vista a demanda recente de utilização desses sorgos para alimentação animal. Porém, segundo McCullough (1977) o teor mínimo de CHOs necessário para uma boa fermentação é entre 60 e 80 g kg⁻¹ MS, valor abaixo do verificado para todos os materiais estudados, que se mostraram superiores nessa variável.

Os materiais biomassa, apesar de terem um valor nutritivo inferior aos sorgos desenvolvidos para produção de silagem, podem ser uma alternativa para o uso em sistemas intensivos, tendo em vista que são superiores em produção por unidade de área, gerando uma economia de recursos e uma otimização da área de cultivo. Para alguns sistemas, como retenção estratégica de animais para ganhos moderados ou confinamentos, onde a demanda é intensa, podem ser utilizados como fonte de volumoso de baixo custo para suplementação dos animais, desde que ocorra o correto balanceamento das dietas fornecidas.

Para coeficiente de fermentação, formaram-se três agrupamentos ($P < 0,01$), com o BRS 511 no maior grupo, de 195,06. No menor grupo foram verificadas as cultivares BRS 658, BRS 659, Volumax, BRS Ponta Negra, 15F30005, 15F30006, CMSXS 5027, CMSXS 5043, CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008, com 76,91 de média. Tal valor difere dos encontrados por Behling Neto et al. (2017), de 58,60 e 52,49 para materiais forrageiros e 87,67 e 78,74 para sacarinos.

Contudo, Weissbach et al. (1996) evidenciaram que a forragem apresenta fermentação satisfatória com CF superior a 45, valor inferior ao observado em todas as cultivares, fato que pode ser atribuído à compensação entre MS e CHOs nos materiais, demonstrando que todos, em função desta característica, são passíveis de serem ensilados e produzir uma silagem com adequado padrão fermentativo.

Em relação a pH, houve a formação de três agrupamentos ($P < 0,01$) (Figura 10). Os materiais BRS 658, BRS 659, 15F30005 e 15F30006 se enquadraram no grupo com maior média, com 5,52. O menor grupo, composto por BRA 511, CMSXS 5043 e AGRI-002E, obteve 5,28 de média. Este valor se assemelha ao encontrado por Orrico Junior et al. (2015) de 5,25 para BRS 511, ao analisar as características pré-ensilagem do material. Os dados sobre esse tipo de análise em forragens são pouco usados, pois prioriza-se realizar após ensilagem. Contudo, McDonald et al. (1991) apontam que a maioria dos materiais vegetais, após maceração, tem valores de pH em torno de 6 ou ligeiramente acima, enquanto o pH da silagem bem preservada é em torno de 4.

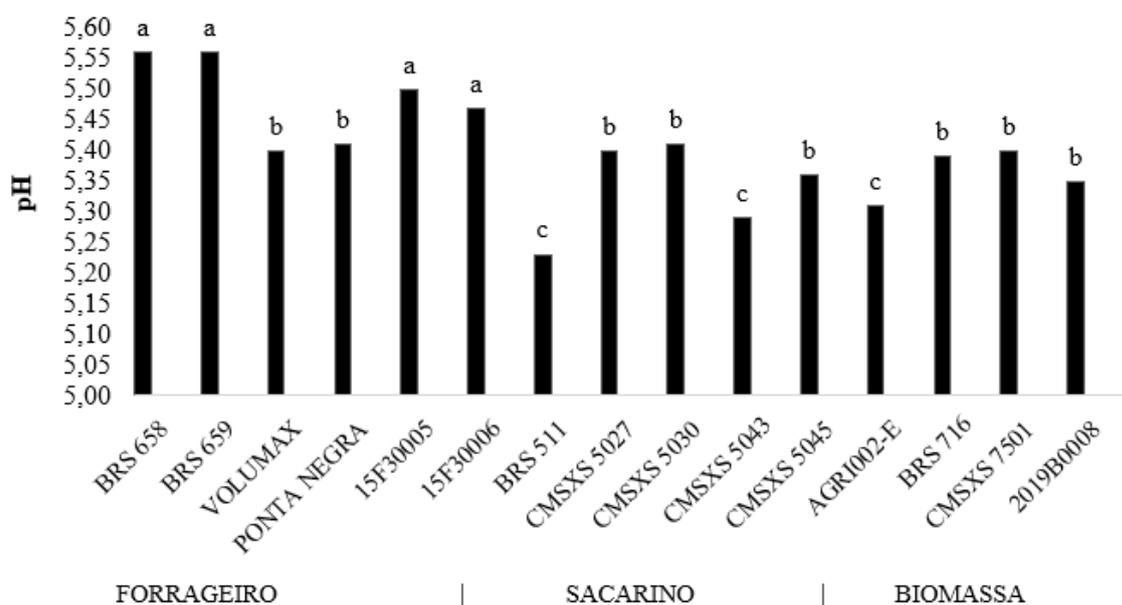


Figura 10. Potencial hidrogeniônico (pH) dos 15 genótipos avaliados em Sinop/MT ($P < 0,01$). *médias seguidas pela mesma letra constituem um grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A caracterização bromatológica também foi realizada a fim de se obter as características *in natura* dos materiais, antes do processo de ensilagem (Tabela 4).

Para matéria mineral (MM), formaram-se quatro grupos ($P < 0,01$), com o cultivar Volumax com a maior média de $54,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Suku et al. (2016) ao pesquisarem sorgo forrageiro, encontraram teor próximo, de $50 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, por outro lado, Batista (2016) constatou teores de $64,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $69,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ para sorgo forrageiro. A menor média, de $31,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, foi verificada para o sacarino CMSXS 5045 e os biomassa AGRI-002E e BRS 716. Tal valor corrobora com o encontrado por Simeone et al. (2018), de $30 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ para BRS 716.

Com relação a extrato etéreo, formaram-se apenas dois grupos ($P < 0,05$), com BRS 658, BRS 659, Volumax, Ponta Negra, 15F30006, BRS 511 e CMSXS 5027 nos grupos com maior média, de $24,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Por outro lado, 15F30005, CMSXS 5030, CMSXS 5043, CMSXS 5045, AGRI-002E, BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008 obtiveram a menor, de $15,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Moares et al. (2013) observaram valores próximos, variando entre $14,4$ e $24,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, para sorgos silageiro/forrageiro.

Quando se tem como objetivo o uso da forragem para alimentação animal, o conhecimento do teor de EE é relevante, pois constitui fração de maior energia dos alimentos. O resíduo obtido é composto por lipídeos e demais compostos apolares, e o teor de gordura em

um alimento pode influenciar o armazenamento, uma vez que esses lipídeos constituem uma fração instável (Detmann et al., 2012).

Tabela 4. Composição químico-bromatológica dos 15 genótipos de sorgo cultivados em primeira safra em Sinop/MT.

Aptidão	Genótipo	MM	EE	PB	NNP	CNF	FDN _{cp}	FDA _{cp}	Lignina	FDNi	NDT
FORRAGEIRO	BRS 658	38,4 c	24,5 a	70,5 a	175,8 e	340,9 b	525,7 d	310,7 c	52,7 c	304,5 c	582,37 b
	BRS 659	43,4 b	23,0 a	71,3 a	183,4 e	381,0 b	484,6 e	285,8 d	49,1 c	231,5 d	590,48 b
	VOLUMAX	54,8 a	21,1 a	61,9 b	284,9 c	269,7 c	592,4 b	349,4 c	44,4 d	247,4 d	571,48 b
	PONTA NEGRA	39,1 c	23,5 a	63,2 b	256,2 c	309,7 c	564,5 c	342,8 c	53,1 c	311,3 c	575,94 b
	15F30005	42,2 b	19,1 b	68,2 a	239,2 d	327,0 b	543,5 c	328,9 c	51,9 c	294,1 c	575,39 b
	15F30006	45,1 b	24,1 a	68,9 a	216,9 d	366,3 b	495,7 d	287,3 d	42,7 d	286,2 c	604,15 b
SACARINO	BRS 511	44,9 b	26,8 a	57,8 b	345,7 a	446,0 a	424,5 f	235,4 d	34,2 d	283,3 c	651,88 a
	CMSXS 5027	46,4 b	24,8 a	54,2 c	239,8 d	418,5 a	456,1 e	273,5 d	41,8 d	260,4 d	622,59 a
	CMSXS 5030	41,2 b	16,0 b	51,1 c	261,2 c	465,1 a	426,7 f	257,6 d	42,6 d	271,7 d	643,45 a
	CMSXS 5043	37,1 c	12,9 b	46,5 c	229,6 d	236,6 d	666,9 a	409,1 a	61,4 b	372,8 b	530,66 c
	CMSXS 5045	32,7 d	13,3 b	35,2 d	207,8 d	226,8 d	692,0 a	426,1 a	69,1 b	378,3 b	520,97 c
BIOMASSA	AGRI-002E	33,4 d	16,0 b	54,5 c	230,2 d	211,5 d	684,6 a	424,0 a	72,6 a	385,7 b	514,09 c
	BRS 716	27,5 d	16,0 b	39,8 d	253,7 c	219,8 d	698,7 a	450,5 a	80,6 a	430,3 a	513,64 c
	CMSXS 7501	37,4 c	18,8 b	52,1 c	272,2 c	264,0 c	627,6 b	409,1 b	51,9 c	436,7 a	559,98 b
	2019B008	41,1 b	15,4 b	42,8 d	305,1 b	205,9 d	694,8 a	436,5 a	78,9 a	452,9 a	501,20 c
	P-value	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Onde: MM: matéria mineral, em g kg⁻¹ MS; EE: extrato etéreo, em g kg⁻¹ MS; PB: proteína bruta, em g kg⁻¹ MS; NNP: nitrogênio não-proteico com base no nitrogênio total; CNF: carboidrato não fibrosos, em g kg⁻¹ MS; FDN_{cp}: fibra insolúvel em detergente neutro livre de cinzas e proteína com base na MS; FDA_{cp}: fibra insolúvel em detergente ácido livre de cinzas e proteína com base na MS; Lignina: em g kg⁻¹ MS; FDN_i: fibra em detergente neutro indigestível com base na MS e NDT: nutrientes digestíveis totais, em g kg⁻¹ MS. *médias seguidas pela mesma letra constituem um grupo estatisticamente homogêneo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para proteína bruta, formaram-se 4 grupos (P<0,01). A maior média, de 69,7 g kg⁻¹ MS ficou com o grupo composto pelos forrageiros BRS 658, BRS 659, 15F30005 e 15F30006. O teor corrobora com o encontrado por Rodrigues Filho et al. (2006), de 69,7 g kg⁻¹ MS para BRS 610, material forrageiro similar aos BRS 658 e BRS 659. Oliveira et al. (2009) ao avaliarem quatro híbridos de sorgo forrageiro, constaram média de 70 g kg⁻¹ MS, valor similar ao obtido no presente trabalho.

Já o menor grupo de PB foi formado pelos cultivares com porte biomassa CMSXS 5045, BRS 716 e 2019B008, com média de 39,3 g kg⁻¹ MS. Tal valor difere do observado por Caxito (2017) para o BRS 716, de 68,0 e 69,8 g kg⁻¹ MS em cultivo em duas safras. O menor valor encontrado neste trabalho pode ser atribuído a menores proporções de panícula detectadas ao realizar o fracionamento da planta (discutido no capítulo 1).

De acordo com Church (1988), a dieta de um animal ruminante deve conter no mínimo 70 g kg⁻¹ MS de proteína bruta para proporcionar nitrogênio em doses adequadas para o desenvolvimento normal das bactérias ruminais, valor observado apenas no BRS 658, BRS 659, 15F30005 e 15F30006.

Em comparação com os materiais comerciais forrageiros destinados a produção de silagem, os materiais biomassa BRS 716, AGRI-002E, CMSXS 7501 *bmr* e 2019B008 apresentaram redução de 30,34% no teor de proteína bruta, assim como os sacarinos de colmo seco CMSXS 5043 e 5045, com redução de 39,84%, enquanto os novos híbridos forrageiros tiveram teores semelhantes.

Para o nitrogênio não proteico formaram-se cinco grupos (P<0,01). O material sacarino BRS 511 ficou com a maior média, de 345,7 g kg⁻¹ PB, e os forrageiros BRS 658 e 659 com a menor, de 179,6 g kg⁻¹ PB. Esse aumento de teor no sorgo sacarino pode ter sido provocado por uma menor quantidade de grãos na planta, visto que parte da proteína presente no grão de sorgo está na forma de uma densa matriz proteica, composta por glutelinas e prolaminas, ao invés de NNP (Rooney e Miller, 1981).

Alimentos contendo NNP são fundamentais para o bom funcionamento do rúmen, pois ruminantes conseguem convertê-los em proteína. Grande parte das proteínas dietéticas é hidrolisada por enzimas microbianas em peptídeos e aminoácidos. Os aminoácidos livres podem ser incorporados à proteína microbiana ou desanimados com a produção de amônia e ácidos graxos voláteis, que podem ser absorvidos no rúmen ou usados como esqueletos de carbono para a síntese de aminoácidos (NRC, 1976).

Para o teor de carboidratos não fibrosos formaram-se quatro grupos (P<0,01). Com a maior média, de 443,2 g kg⁻¹ MS, os materiais sacarinos BRS 511, CMSXS 5027 e CMSXS 5030 compuseram um grupo. Os de menor média, composto pelos sacarinos CMSXS 5043, CMSXS 5045 e os biomassa AGRI-002E, BRS 715 e 2019B008, obtiveram 220,1 g kg⁻¹ MS. O CNF é uma fração facilmente e quase completamente digerida pela maioria dos animais, e engloba ácidos orgânicos, mono e oligossacarídeos, frutanas, amido, pectina e outros carboidratos, exceto a hemicelulose e celulose, encontradas na fração da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (Van Soest, 1993; Hall, 2003).

Os maiores teores encontrados em cultivares de sorgo sacarino podem ser atribuídos aos maiores teores de CHOs observados para estes cultivares. Os cultivares que apresentaram os menores teores, apesar de alguns serem sacarinos, são materiais com característica de porte padrão biomassa e colmo seco com menores teores de CHOs. Alimentos com altos teores de CNF são considerados boas fontes de energia para o desenvolvimento de microrganismos no rúmen (Carvalho et al., 2007).

Nos teores FDN_{cp} observou-se a formação de seis grupos ($P < 0,01$), demonstrando variabilidade genética entre os materiais. O maior grupo, composto pelos sacarinos CMSXS 5043, CMSXS 5045 e os biomassa AGRI-002E, BRS 716 e 2019B008, obteve $684,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de média. Tal valor difere do encontrado por Netto et al. (2018) para o BRS 716, de $807,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Por outro lado, Simeone et al. (2018) observaram teor similar de $602,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, mesmo sem as correções. Essas variações podem estar relacionadas aos genótipos ou as proporções de lâmina foliar:colmo com bainha, já que todos os materiais pertencentes ao grupo possuem maiores frações de colmo ou com o momento em que foi realizado o corte (relatados no capítulo 1).

Já o menor grupo de FDN_{cp}, com $425,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de média foi composto pelos sacarinos BRS 511 e CMSXS 5030. O valor observado para o BRS 511 coincide com o encontrado por Orrico Junior et al. (2015), de $416,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, sem correções para proteína e cinzas. Behling Neto et al. (2017) verificaram valores oscilando entre $326,0$ e $429,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ para sorgos sacarinos cultivados em duas safras, também sem as referidas correções. Esses teores baixos de FDN, livres de cinzas e proteína ou não, observados nos sorgos sacarinos podem ser atribuídos ao alto teor de CHOs presente nas plantas, caracterizados pelo alto teor de carboidratos não-estruturais que permanecem no caule e nas folhas na forma de açúcares solúveis. (Kaiser et al., 2004). Van Soest (1994) relata que para boa digestibilidade dos materiais para utilização forrageira, os valores de FDN devem ser de 550 a $600 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, e que valores acima se correlacionam negativamente com o consumo voluntário de massa seca pelo animal.

Quando comparados com os forrageiros comerciais, os teores de FDN_{cp} dos materiais biomassas (CMSXS 5043, CMSXS 5045, BRS 716, AGRI-002E e 2019B008) apresentaram um aumento de $28,67\%$, enquanto os novos forrageiros, apesar de demonstrarem porte mais alto que os comerciais, obtiveram uma redução de apenas $2,74\%$. O biomassa CMSXS 7501 *bmr* apresentou aumento inferior aos outros de sua categoria, de $17,48\%$. Dentre os sacarinos novos, vale ressaltar o CMSXS 5030, que apresentou redução de $20,13\%$ nos teores de FDN_{cp}.

Para FDAcp formaram-se quatro grupos ($P < 0,01$). A maior média foi de $429,2 \text{ g kg}^{-1}$ MS, do grupo constituído pelos sacarinos CMSXS 5043, CMSXS 5045 e os biomassa AGRI-002E, BRS 716 e 2019B008. Netto et al. (2018) observaram teor que difere do encontrado no presente trabalho para o BRS 716, de $535,1 \text{ g kg}^{-1}$ MS, porém, os autores não realizaram as correções para cinzas e proteína. O teor observado também se distingue do obtido por Simeone et al. (2018), de $369,0 \text{ g kg}^{-1}$ MS, sem as correções.

Por outro lado, os materiais forrageiros BRS 659, 15F30006 e os sacarinos BRS 511, CMSXS 5027 e CMSXS 5030 compuseram o grupo com menor média, de $267,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Orrico Junior et al. (2015) encontraram valor próximo para o BRS 511, de $208,6 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Behling Neto et al. (2017) observaram teores similares para materiais sacarinos, variando entre $199,4 \text{ g kg}^{-1}$ MS e $252,1 \text{ g kg}^{-1}$ MS, ambos sem correções.

A FDA é inversamente proporcional à digestibilidade (Van Soest, 1994; Rosa et al. 2004), ou seja, quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade da massa seca do alimento (forragem) pelo animal, proporcionando maior consumo voluntário.

No componente lignina observou-se a formação de quatro grupos ($P < 0,01$). Os materiais BRS 716, AGRI-002E e 2019B008, com propósito biomassa formaram o grupo de maior média, com $77,4 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Batista (2016) obteve valor similar para o BRS 716 em pesquisa com finalidade de geração de bioenergia, de $79,1 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Netto et al. (2018) também verificaram teores próximos ao observados no presente trabalho para o BRS 716, com $71,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS.

O grupo de menor média para lignina foi mais diversificado, integrado pelos forrageiros Volumax e 15F30006 e os sacarinos BRS 511, CMSXS 5027 e CMSXS 5030, com $41,1 \text{ g kg}^{-1}$ MS. Caxito (2017), ao avaliar sorgos de diferentes propósitos para produção de silagem encontrou valores similares, oscilando entre $26,2$ e $47,7 \text{ g kg}^{-1}$ MS para Volumax e entre $27,9$ e $38,9 \text{ g kg}^{-1}$ MS para o BRS 511, ao avaliar a produção bianual em duas localidades diferentes. Orrico Junior et al. (2015) observaram $31,8 \text{ g kg}^{-1}$ MS para o BRS 511.

Em comparação com os forrageiros comerciais, os sorgos biomassa apresentaram aumento de $57,19\%$ nos teores de lignina. Esse aumento é justificável, tendo em vista que são materiais sensíveis ao fotoperíodo e alcançam maiores alturas, conseqüentemente, necessitam de lignina para evitar tombamentos. Por outro lado, os novos híbridos forrageiros possuem porte mais elevado que os comerciais e apresentaram redução de $2,94\%$ nos teores. Os sacarinos padrão biomassa, apesar de porte elevado, apresentaram aumento de $10,25\%$, valor baixo quando comparado ao aumento dos biomassa convencionais.

Dentre esses materiais, vale ressaltar o cultivar CMSXS 7501, material com gene *BMR*, que confere teores menores de lignina. No presente trabalho avaliou-se o material com gene e

sua versão convencional, o BRS 716. Quando comparados, o CMSXS 7501 apresentou 35,61% a menos de lignina, redução significativa quando se cogita o uso desses materiais para alimentação animal. De acordo com Rodrigues et al. (2015), essa redução pode chegar a 50% no teor de lignina.

Dos componentes da parede celular, a lignina é o componente mais reconhecido por limitar a digestão dos polissacarídeos fibrosos no rúmen (Van Soest, 1994). No entanto, na planta, a lignina exerce papel de proteção sobre os componentes da parede celular, promovendo rigidez e resistência física, tornando a parede hidrofóbica e impermeável (Jung e Allen, 1995). Nesse sentido, genótipos de padrão biomassa naturalmente possuirão maiores teores de lignina, pois é responsável por proporcionar sustentação para a planta atingir maiores alturas.

Para fibra insolúvel em detergente neutro indigestível formaram-se quatro grupos ($P < 0,01$). O grupo de maior média, composto pelos biomassa BRS 716, CMSXS 7501 e 2019B008, apresentou $439,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Por outro lado, o grupo composto pelos forrageiros BRS 659, Volumax e os sacarinos CMSXS 5027 e CMSXS 5030, obteve a menor média, de $252,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Em estudo realizado por Caxito (2017), foram encontrados valores distintos para BRS 716, variando entre $257,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $357,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, e para Volumax oscilando entre $233,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e $321,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$.

Ao analisar os teores de lignina e FDNi, é possível observar que os materiais com maiores quantidades de lignina, também apresentam maior FDNi. A FDNi é constituída pela fração da parede celular vegetal que não é digerida ao longo do trato gastrointestinal (Sniffen et al., 1992). Conforme Huhtanen et al. (2006), a lignina tem relação com a FDNi, sendo utilizado um fator de conversão para estimativa do teor da FDNi ($2,4 \times$ teor de lignina). Porém, estes mesmos autores afirmam que o teor de FDNi obtido pelo método de incubação *in situ* possui maior relação com a digestibilidade da matéria orgânica do alimento. Por outro lado, os menores teores observados nas cultivares de sorgo forrageiro podem ser devido à maior proporção de panícula.

Por fim, para nutrientes digestíveis totais observaram-se a formação de três grupos ($P < 0,01$), demonstrando baixa variabilidade genética entre os genótipos. O grupo de maior média, com $639,31 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ foi composto pelos sacarinos BRS 511, CMSXS 5027 e CMSXS 5030. Com a menor média, o grupo com os sacarinos CMSXS 5043, CMSXS 5045 e os biomassa AGRI-002E, BRS 716 e 2019B008 obteve $516,12 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Lanza (2017), avaliando diferentes níveis de adubação para o BRS 716, encontrou teores em torno de $600 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, que difere do observado neste trabalho. Rodrigues Filho et al. (2006) ao avaliarem

BRS 506, material sacarino similar ao BRS 511, verificaram 633,5 g kg⁻¹ MS, teor próximo ao observado.

O NDT é uma forma de expressar a energia do alimento usado na dieta de um animal. Segundo Keplin (1992), para ser considerada de boa qualidade, uma silagem deve apresentar de 640 a 700 g kg⁻¹ MS de NDT e, com base nisso, o sorgo sacarino comercial BRS 511 e os experimentais CMSXS 5027 e CMSXS 5030 se enquadram nessa faixa, característica que pode ser atribuída aos maiores teores de CNF e EE observados nestes genótipos.

Quando usamos os forrageiros comerciais como comparativo, os genótipos com aptidão biomassa (CMSXS 5043, CMSXS 5045, BRS 716, AGRI-002E e 2019B008) apresentaram 11,24% a menos nos teores de NDT. Esse valor pode ser justificado pelos elevados teores de FDN_{cp}, FDA_{cp} e lignina, característicos desses materiais. Os novos híbridos forrageiros alcançaram um aumento de 1,43%. O biomassa experimental CMSXS 7501 *bmr* diferente dos de sua categoria, apresentou aumento de 3,69%. Dentre esses sacarinos, vale ressaltar o CMSXS 5030, que apesar de porte maior, apresentou aumento de 10,66% nos teores de NDT, característica relevante quando se tem o objetivo de encontrar materiais passíveis de uso na alimentação animal.

CONCLUSÃO

Todos os genótipos de sorgo avaliados são passíveis de serem ensilados e produzir silagens com adequado padrão fermentativo. Além disso, o material comercial BRS 511 e os híbridos experimentais CMSXS 5027 e CMSXS 5030, ambos com aptidão sacarina, apesar de não atingirem teores de matéria seca indicados para uma fermentação adequada, se destacaram quanto ao elevado potencial de ensilabilidade.

Os genótipos com propósito biomassa, apesar de não terem sido desenvolvidos com essa finalidade, também podem gerar silagens de bom perfil fermentativo.

CONCLUSÕES FINAIS

Todos os genótipos se mostraram passíveis de serem ensilados e promover silagens com adequado padrão fermentativo. Os genótipos com aptidão biomassa BRS 716 e AGRI-002E demonstraram ser superiores em produtividade. Os materiais sacarinos CMSXS 5027 e CMSXS 5030 se destacaram quanto ao potencial de ensilabilidade.

Ao analisarmos todas as variáveis, incluindo as características produtivas, podemos observar que o híbrido CMSXS 5030 se destaca positivamente quanto ao potencial produtivo e de ensilabilidade, sendo que se os devidos cuidados com teor de umidade no momento da ensilagem forem tomados, esse material demonstra ser passível de produzir uma silagem com adequado padrão fermentativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, V.A.P. 2016. Avaliação bioenergética de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro. Dissertação (M. Sc.). Universidade Federal de Viçosa.
- BEHLING NETO, A.; REIS, R.F.P; CABRAL, L.S.; et al. 2017. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. *Ciências Agrárias*, Londrina. 38:2607-2618.
- CARAFFA, M.; STEIN, M.; COSTA, A.R.; et al. 2016. Desempenho produtivo de genótipos de sorgo silageiro-sacarino na região sul-rio-grandense. *Anais XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo*.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; et al. 2007. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurcheado ou com farelo de cacau. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1000-1005.
- CAXITO, A.M. 2017. Desempenho agrônomico e qualidade nutricional de silagens de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro em região semiárida. Dissertação (M.Sc.). Universidade Estadual de Montes Claros.
- CHURCH, D.C. 1988. *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall, 564p.
- COSTA, R.F. 2017. Características agrônomicas e nutricionais de genótipos de sorgo portadores ou não de nervura marrom. Dissertação (M.Sc.). Unimontes.
- DETMANN, E., et al. 2012. *Métodos para análise de alimentos*. Visconde do Rio Branco, MG, 214 p.
- HALL, M.B. 2003. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science*. 81:3226-3232.
- HUHTANEN, P.; NOUSIAINEN, J.; RINNE, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science*, 15:293-323.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73:277-279.
- JUNIOR, J.M.M.F.; OLIVEIRA, I.C.M.; PARRELLA, R.A.C.; et al. 2019. Crescimento e produção de biomassa em híbridos de sorgo para fins de bioenergia em diferentes épocas de colheita. XVIII Seminário de iniciação científica.
- KAISER, A.G; PLITZ, J.W.; BURNS, H.M.; et al. 2004. *Successful Silage*. Dairy Australia NSW Department of Primary Industries. 468p.
- KEPLIN, L.A.S. 1992. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. Encarte Técnico da Revista Batavo. CCLPL, Ano I, 8:16-19.

- KUNG JUNIOR, L. 1996. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure – 001 2.03.96. ed. Delaware: University of Delaware – Ruminant Nutrition Lab., 32p.
- LANZA, A.L. 2017. Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS 716) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de São João del-Rei.
- LOURENÇO, M.E.V.; MASSA, V.M.L.; PALMA, P.M.M.; et al. 2007. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, 30:103-110.
- MACÊDO, A.J.S.; RAMOS, J.P.F.; SANTOS, E.M.; et al. 2018. Morphometric and productive characteristics of sorghum genotypes for forage production in the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19:256-267.
- MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; et al. 2012. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64:711-720.
- McCULLOUGH, M. E. 1977. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*, March. p.49-52.
- McDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S.J.E. 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Chalcombe Publications, Bucks (UK). 340 p.
- MORAES, S.D.; JOBIM, C.C.; SILVA, M.S.; et al. 2013. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14:624-634.
- MUCK, R.E.; PITT, R.E. 1993. *Ensiling and its effect on crop quality. Silage Production from Seed to Animal*. Anais... Syracuse, NY.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1976. Urea and other non-protein nitrogen compounds in animal nutrition. Washington, NAS. 120p
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7^{ed}. Washington, D.C. 381p.
- NETTO, D.A.M.; et al. 2018. Caracterização morfoagronômica e bromatológica de genótipos de sorgo para a produção de biomassa. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Milho e Sorgo*.
- OLIVEIRA, R.P.; FRANÇA, A.F.S.; SILVA, A.G.; et al. 2009. Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, 10:1003-1012.
- ORRICO JUNIOR, M.A.P.; RETORE, M.; MANARELLI, D.M. et al. 2015. Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50:1201-1207.

- PARISOTTO, D.C. 2020. Desempenho agrônomo de genótipos de sorgo forrageiro cultivados em segunda safra. Dissertação (M.Sc.) Universidade Do Estado De Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado.
- REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. 2014. Forragicultura-Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 1.ed. Funep.
- RODRIGUES, J.A.S.; MENEZES, C.B.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; et al. 2015. Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa. 229- 246. 327 p.
- RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A.F.S.; OLIVEIRA, R.P. et al. 2006. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] submetidos a três doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*. 7:37-48.
- ROONEY, L.W.; MILLER, F.R. 1981. p. 143-169. Variation in the Structure and Kernel characteristics of Sorghum. In: International Symposium on Sorghum Grain Quality.
- ROSA, J.R.P.; SILVA, J.H.S.; RESTLE, J.; et al. 2004. Avaliação do comportamento agrônomo da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:302-312.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2005. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. UFV, 3. Ed.
- SIMEONE, M.L.F.; OLIVEIRA, P.A.; CANUTO, K.M.; et al. 2018. Caracterização de genótipos de sorgo biomassa para bioenergia. *Anais XVII Encontro Brasileiro sobre o ensino de engenharia química*.
- SNIFFEN, C.J.; O' CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70:3562-3577.
- SUKU, E.; KALKAN, H.; CANBOLAT, O. et al. 2016. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45:596-603.
- THOMAS, M.E.; FOSTER, J.L.; MCCUISTION, K.C.; et al. 2013. Nutritive value, fermentation characteristics, and in situ disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. *Journal of Dairy Science*, 96:7120-7131.
- VAN SOEST, P.J. 1993. p. 377-396. Cell Wall Matrix Interactions and Degradation – Session Synopsis. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility. JUNG, H. G. et al (Eds.). Madison: American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society, Inc.
- VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p.
- WEISSBACH, F.; SCHMIDT, L.; HEIN, E. 1974. p.663-673. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making based on the chemical composition of green fodder.

In: 12th INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Moscou. Proceedings...
Moscou, Russia v.3.

WEISSBACH, F. 1996. p.11-25. New developments in crop conservation. In: Proceedings of
the 11th International Silage Conference.