

BÁRBARA MARTINS RODRIGUES

**Composição bromatológica de genótipos de sorgo no município de
São João del-Rei**

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

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Thiago Gomes dos Santos Braz

Coorientadores: Janaina Azevedo
Martuscello Vieira da Cunha
Mário Henrique França Mourthé
Leidivan Almeida Frazão

MONTES CLAROS
2018

R696c
2018 Rodrigues, Bárbara Martins.
Composição bromatológica de genótipos de sorgo no município de São João del-Rei / Bárbara Martins Rodrigues. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2018.
39 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias, 2018.

Orientador: Prof.^a Thiago Gomes dos Santos Braz.

Banca examinadora: Virgílio Mesquita Gomes, Carlos Juliano Brant Albuquerque, Janaina Azevedo Martuscello Vieira da Cunha.

Referências: f: 21-24; 37-38.

1. Fibra 2. Híbridos 3. Lignina 4. Proteína bruta 5. *Sorghum sp.* I. Braz, Thiago Gomes dos Santos. II. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 636.084.4

ELABORADA POR: EDÉLZIA CRISTINA SOUSA VERSIANI CRB6 - 1349
BIBLIOTECA COMUNITÁRIA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG

BÁRBARA MARTINS RODRIGUES

**Composição bromatológica de genótipos de sorgo no município de
São João del-Rei**

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

Área de Concentração: Produção Animal
Linha de Pesquisa: Nutrição e Alimentação
Animal

Orientador: Thiago Gomes dos Santos Braz
Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Virgílio Mesquita Gomes
UNIMONTES

Prof. Carlos Juliano Brant Albuquerque
UFGM/ICA

Prof. Janaina Azevedo Martuscello Vieira da Cunha
UFSJ (coorientadora)

Prof. Thiago Gomes dos Santos Braz (orientador)
UFMG/ICA

Montes Claros, 19 de fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus, meu guia, por me mostrar que sou protegida e iluminada, e me indicar o caminho certo a seguir, sempre! Obrigada Deus por me dar muito mais do que eu mereço!

À minha mãe Janete, luz da minha vida, minha amiga e companheira, agradeço por todo apoio e amor incondicional. Sem você, certamente não teria conseguido chegar até aqui.

Ao meu pai Wilson, pelo apoio, confiança e ajuda.

À minha irmã Giovana, por toda admiração e muito “amor acumulado”.

Ao meu orientador Thiago, pela dedicação, compreensão, disponibilidade e ensinamentos que levarei para toda a vida.

À minha coorientadora Janaina, e à colega Ana Luiza, pelos dados que deram origem ao trabalho.

Aos colegas da pós-graduação e do GEFOR, Grupo de Estudos em Forragicultura, por toda ajuda e amizade.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais e seus funcionários.

Aos meus queridos amigos pelo companheirismo em todos os momentos.

Com carinho, muito obrigada.

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição bromatológica de genótipos de sorgo silageiro. O experimento foi conduzido no *Campus* Tancredo Neves da Universidade Federal de São João del-Rei no período de dezembro de 2015 a julho de 2017. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 × 11, constituído por dois anos de avaliação e 11 genótipos, sendo 9 experimentais e duas testemunhas comerciais. As plantas de sorgo foram colhidas após 95 dias, próximo ao ponto de grãos pastosos para farináceos (entre 30 e 40% de matéria seca na planta). Foram avaliados os teores de proteína bruta (PB), conteúdo celular (CCEL), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CELU), hemicelulose (HEMI) e lignina (LIG). Foi observado efeito significativo de genótipo para todas as variáveis do estudo ($P < 0,05$), já o efeito de ano foi observado sobre os teores de HEMI, não sendo encontrada interação genótipo x ano significativa para nenhuma variável. Os teores de PB variaram entre 6,55 e 9,36%, e os de CCEL variaram entre 32,55% e 44,13%. Os teores encontrados de FDN variaram entre 55,87% e 67,45%, e FDA 29,21% e 41,55%. Dentre os genótipos avaliados, o 13F26005 e 13F23019 possuem melhor perfil bromatológico, apresentando menores teores de FDN e FDA, e maiores teores de PB e CCEL.

Palavras-chave: fibra. híbridos. lignina. proteína bruta. *Sorghum sp.*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the bromatological composition of genotypes of silage sorghum. The experiment was conducted at the Tancredo Neves Campus of São João del-Rei Federal University during the period from December 2015 to July 2017. The experimental design was a randomized block design in a 2 × 11 factorial scheme, consisting of two years of evaluation and 11 genotypes, which 9 were experimental and two commercial controls. The sorghum plants were harvested after 95 days, close to the point of grains pasty for farinaceous (between 30 and 40% of dry matter in the plant). The levels of crude protein (CP), cellular content (CELLC), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose (CELLU), hemicellulose (HEMI) and lignin (LIG) were evaluated. Significant effect of genotype was observed for all the variables of the study ($P < 0.05$), already the year effect was observed on HEMI content, and no genotype x year significant interaction was found for any variables. CP contents varied between 6.55 and 9.35%, and CELLC contents varied between 32.55 and 44.13%. The contents of DNF varied between 55.87 and 67.45%, and ADF 29.21% and 41.55%. Among the evaluated genotypes, the 13F26005 and 13F23019 have a better bromatological profile, presenting lower levels of DNF and ADF, and higher levels of CP and CELLC.

Keywords: crude protein. fiber. hybrids. lignin. *Sorghum sp.*

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Precipitação acumulada (Prec.), temperatura mínima (Mín), temperatura média (Média) e temperatura máxima (Máx) do município de São João del-Rei – MG, durante o primeiro (A) e segundo (B) anos de avaliação	28
Tabela 1 - Resumo do quadro de análise de variância das características bromatológicas dos genótipos de sorgo para produção de silagem em dois anos de avaliação	30
Tabela 2 - Teores de proteína bruta (PB) e conteúdo celular (CCEL) em genótipos de sorgo para produção de silagem, em dois anos de avaliação.....	32
Tabela 3 - Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em genótipos de sorgo para produção de silagem, em dois anos de avaliação	33
Tabela 4 - Teores de lignina (LIG), celulose (CELU) e hemicelulose (HEMI) em genótipos de sorgo para produção de silagem, em dois anos de avaliação	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	9
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo Geral	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3	REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1	A cultura do Sorgo	11
3.2	Fatores que afetam a qualidade da forragem de sorgo	13
3.2.1	Fatores intrínsecos da planta	14
3.2.2	Fatores de ambiente	15
3.2.3	Fatores de manejo	16
3.2.4	Fatores antinutricionais	18
3.3	Silagem de Sorgo	19
3.4	Referências Bibliográficas	21
4	ARTIGO - Composição bromatológica da forragem de genótipos experimentais de sorgo silageiro em dois anos de avaliação	25
4.1	Introdução	26
4.2	Material e Métodos	27
4.3	Resultados e Discussão	30
4.4	Conclusões	36
4.5	Agradecimentos	47
4.6	Referências	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de ruminantes em pasto é dependente da produção de volumosos suplementares durante os períodos de entressafra. Isso se deve à sazonalidade do clima que apresenta períodos favoráveis com elevada temperatura, luminosidade e precipitação, seguidos por períodos desfavoráveis, onde há baixa precipitação e, às vezes, reduzida temperatura. A redução dos fatores de crescimento afeta a produção e a qualidade das forrageiras de metabolismo C₄, que passam a não atender a demanda dos rebanhos.

Como alternativa à produção estacional de forragem no pasto, se destaca o uso de lavouras anuais produtoras de forragem, que concentram a produção de elevada quantidade com alta qualidade durante a época das águas para armazenamento e posterior utilização na seca. Dentre as principais culturas utilizadas para a produção de forragem e silagem, destaca-se o sorgo, que é considerado tolerante à seca, principalmente, em regiões onde o cultivo e o potencial produtivo da cultura do milho sofrem limitações pelo clima (CHIEZA *et al.*, 2008).

De acordo com Neumann *et al.* (2002), a planta de sorgo apresenta características favoráveis ao processo de ensilagem como facilidade de cultivo, colheita e armazenamento. Rezende *et al.* (2011) destacam que, além de ser um alimento de alto valor nutritivo, o sorgo apresenta elevada produtividade e alta concentração de carboidratos solúveis, que é essencial para adequada fermentação da silagem.

Devido à grande utilização dessa cultura na alimentação animal, os produtores buscam maximizar o ganho dos animais e, com isso, o mercado tende a lançar híbridos de sorgo que apresentem características superiores aos que já estão sendo utilizados (CHIEZA *et al.*, 2008). Desse modo, há diversificação do número de cultivares disponíveis aos produtores que podem buscar plantas mais adaptadas à sua região ou ao seu propósito.

A realização de experimentos em mais de um ano de avaliação tem sido protocolo amplamente adotado em ensaios de seleção e determinação do valor de cultivo e uso. Esse tipo de avaliação torna-se importante, pois visa observar o efeito de mudanças no ambiente sobre o valor nutritivo, rendimento forrageiro e outras características fenotípicas (PERAZZO, 2012).

A composição bromatológica da forragem é um parâmetro importante na avaliação e seleção de genótipos promissores. Por meio do conhecimento da composição da forragem dos diferentes genótipos, é possível optar por aqueles que, além de elevada produção, forneçam alimento com composição favorável à formulação de dietas que maximizem o desempenho animal.

Em função do uso dado às cultivares silageiras (produção de forragem) e à constituição morfológica destas plantas (porte elevado, grande quantidade de colmos e reduzida proporção de panículas), avaliar a composição química de genótipos experimentais e de cultivares é indispensável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a composição bromatológica de diferentes genótipos experimentais de sorgo silageiro em dois anos de avaliação.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar e selecionar os genótipos experimentais 13F23019, 14F20005, 13F26005, 13F26006, 14F20019, 13F23005, 13F23020, 14F21021 e 14F21028, além das cultivares comerciais BRS 655 e Volumax quanto aos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, celulose, hemicelulose e lignina.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), pertencente à família *Poaceae*, é nativo da África e parte da Ásia e muito utilizado na alimentação humana e animal em regiões tropicais e semiáridas ao redor do mundo (PEREIRA FILHO & RODRIGUES, 2015). No Brasil a sua expansão se iniciou nos anos 70 no Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Paraná (ROSA, 2012).

Apesar de sua origem ser no continente africano, muitos centros de pesquisa em todo o mundo conservam os recursos genéticos do sorgo. Provavelmente, isso se deve ao elevado potencial da cultura para produção de alimentos e de biomassa. Os principais países que mantêm as coleções de germoplasma para acesso são a Índia, Instituto Internacional de Pesquisa em Cultivos para os Trópicos do Semi-Árido (IIPCTSA), e os Estados Unidos, Sistema Nacional de Germoplasma de Plantas (SNGP) (PATIL, 2017).

Segundo IBGE (2017) a produção de grãos de sorgo no Brasil é praticamente destinada à alimentação animal. Já em países como Etiópia e Índia, ele é um importante cereal para a alimentação humana. Dados apontam que a produção nacional de sorgo em grãos em 2016 foi de 1,1 milhões de toneladas, e a previsão de colheita em 2017 foi de 2,1 milhões de toneladas, apresentando um aumento de 2,3% na produção entre Agosto e Setembro de 2017. De acordo com a FAO (2017), a produção mundial de sorgo estimada para 2017 foi de 59 milhões de toneladas, sendo os Estados Unidos, os maiores exportadores, chegando a 8 milhões de toneladas, e a China, a maior importadora, tendo em média, 8 milhões de toneladas.

O sorgo é uma cultura agronomicamente adequada para se produzir em regiões quentes e secas (MADHUSUDHANA *et al.*, 2015). Sua grande adaptação a estas regiões se deve à presença de características como profundo e bem desenvolvido sistema radicular, presença de cera cuticular que auxilia na redução das perdas de água e adaptação a elevadas temperaturas e luminosidade típicos de ambientes tropicais (Rosa, 2012).

De acordo com Sans *et al.* (2003) e Sans & Santana (2007), as plantas de sorgo necessitam de 380 a 600 mm de precipitação acumulada durante seu ciclo, ao passo que o milho necessita de 500 a 800 mm. Esta característica faz com que as plantas de sorgo sejam mais indicadas para regiões onde o período das águas seja mais curto, ou ainda aquelas onde os veranicos são frequentes e podem afetar a produção de culturas mais exigentes em precipitação como o milho. O uso de sorgo na safrinha também pode ser favorecido pela sua menor exigência hídrica, desde que não haja restrição em relação à temperatura e radiação solar. Segundo Rosa (2012), o sorgo necessita de temperaturas médias diárias acima de 18°C na fase de florescimento, sendo que as melhores condições térmicas situam-se entre 26 e 30°C.

As plantas de sorgo apresentam metabolismo C4 e se caracterizam pela alta eficiência fotossintética, produzindo grande quantidade de matéria seca (MAY *et al.*, 2014). Segundo

Borges (2016) plantas de sorgo podem produzir entre 40 a 55 t.ha⁻¹ ano de massa verde. De Souza *et al.* (2016) observaram níveis médios de produção de matéria seca do sorgo biomassa de até 38 t/ha⁻¹ para os híbridos experimentais B002, B014, B017, B021, B023 e o híbrido comercial BRS 716, na região de Janaúba, MG e Sete Lagoas, MG. Perazzo (2012), avaliando 24 híbridos de sorgo, obteve produtividades em dois ciclos de colheita variando entre 6,5 a 14,5 t.ha⁻¹ na safra, e 2,6 e 5,9 t.ha⁻¹ na rebrota. Magalhães *et al.* (2010) avaliaram a produção de 25 híbridos de sorgo de duplo propósito, sendo 22 híbridos novos, pertencentes ao programa de melhoramento genético de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, e três testemunhas, BR601, BR700 e Volumax. Os autores observaram produção média de 7,4 a 14,1 t.ha⁻¹ para os híbridos experimentais, e para as testemunhas, produção de 11,2, 6,8 e 16,1 t.ha⁻¹, respectivamente. Santos *et al.* (2013) avaliaram diferentes cultivares de sorgo (BRS Ponta Negra, BRS 655, BR 601, BRS 506 e BRS 610) e obtiveram diferenças significativas para produção de matéria seca total, sendo, 19,7; 17,1; 18,8; 25,2; e 17,7 t.ha⁻¹.

O sorgo é considerado uma planta com boa resposta à adubação, o que pode elevar o nível de produtividade de grãos e de biomassa, características particularmente interessantes quando o uso é destinado à produção de silagem (PEDERSEN & ROONEY, 2004). Esta planta exige solos de moderada fertilidade, com pH em torno de 6 a 7, sendo pouco tolerante à solos ácidos (HANNA *et al.*, 2007). A resposta de plantas do híbrido de sorgo BR 601 à adubação nitrogenada foi avaliada por Macedo *et al.* (2012), que observaram produtividade de matéria seca variando entre 9 a 16 t.ha⁻¹, sendo que a maior produção ocorreu na dose de 150 kg de N/ha⁻¹. Utilizando as mesmas doses de adubação com nitrogênio, Tavian *et al.* (2014) observaram que a melhor resposta de produção foi de 71,7 t.ha⁻¹ de massa seca, com 140 kg.ha⁻¹, utilizando o híbrido 1F305 para produção de silagem.

Dentre os diversos usos da cultura de sorgo, no Brasil pode ser destacado o cultivo de sorgo granífero, para produção de grãos, sorgo forrageiro, para produção de massa para ensilagem e pastejo, sorgo sacarino, para produção de etanol, sorgo biomassa, para produção de biomassa lignocelulósica, e sorgo vassoura, cujas panículas apresentam fibras favoráveis à produção de vassouras (MAY *et al.*, 2014).

A área destinada ao sorgo forrageiro ocupa, em média, 30 a 35% da área cultivada com a espécie e, nessa categoria, tem-se o sorgo-sudão, da espécie *Sorghum sudanense*, e também estão no mercado, híbridos de *S. bicolor* com o capim-sudão (*S. sudanense*) (RODRIGUES *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2015). Os sorgos do tipo sacarino e biomassa têm sido muito utilizados para a produção de etanol e energia (MAY *et al.*, 2014). O aproveitamento de cultivares destinados a produção de biomassa lignocelulósica na alimentação animal foi realizado por Lanza (2017), que obtiveram produção variando de 6 a 23,97 t.ha⁻¹ de massa seca, ao passo que a cultivar silageira BRS 655 produziu de 6 a 9 t.ha⁻¹. Deve-se lembrar que a composição química da forragem de plantas destinadas a produção de biomassa pode ser inferior, conforme estudo de Vasconcelos *et al.* (2014) que encontraram teores de proteína em torno de 4% para cultivares destinados à produção de biomassa.

Em relação ao seu valor agrônomo e nutricional, o sorgo é uma planta que pode ser comparada ao milho, apresentando em torno de 85 a 90% do seu valor nutritivo (ARAÚJO *et al.*, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2002). Além disso, o cultivo do sorgo tem menor custo de produção, tendo em vista o menor consumo e preço das sementes, produzindo maior quantidade de forragem do que o milho (PINHO *et al.*, 2007). Segundo Colombini *et al.* (2015), a emissão de gases de efeito estufa na bovinocultura leiteira pode ser significativamente reduzida quando a fonte de alimento é a silagem de sorgo em relação à silagem de milho. Tais resultados se devem principalmente à maior rusticidade do sorgo, que demanda menor quantidade de água e fertilizantes químicos para obtenção de resultados satisfatórios.

A capacidade de rebrota do sorgo também é uma característica vantajosa da cultura. Nessa situação, a planta conserva seu sistema radicular possibilitando uma rebrota que poderá produzir de 40% a 60% da produção de forragem do primeiro corte (ALVARENGA *et al.*, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2015). Botelho *et al.* (2010) avaliaram quatro híbridos de sorgo e obtiveram produção de 13 a 17 t.ha⁻¹ no período de safra e 9 a 12 t.ha⁻¹ no período de rebrota, em Janaúba/MG, sendo a produção da rebrota equivalente a 70% da produção do primeiro corte. Machado *et al.* (2004) avaliaram sete híbridos experimentais de sorgo e uma cultivar (Santa Elisa 38) submetidos à três cortes sucessivos (11/Junho, 25/Julho e 20/Setembro), e observaram que a cultivar e um dos híbridos estudados obtiveram produção de matéria seca significativamente superior aos demais, apresentando 1,5 e 2,2 t.ha⁻¹ no primeiro corte e até 3,5 t.ha⁻¹ no terceiro corte.

3.2 Fatores que afetam a qualidade da forragem de sorgo

A qualidade da forragem foi descrita por muito tempo como resultado da sua composição química, desconsiderando-se o efeito do consumo voluntário sobre o desempenho (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013). Em uma revisão sobre qualidade de forragem, Moore (1994) apontou diferença entre os termos “valor nutritivo da forragem” e “qualidade da forragem”, indicando que ambos não são sinônimos, devido ao valor nutritivo se referir apenas às características inerentes ao alimento consumido, e não à ingestão. Atualmente, a capacidade de gerar desempenho animal, em função da ingestão de nutrientes e conversão em carne e leite, é se que relaciona a qualidade da planta forrageira (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013).

A forragem é composta por paredes celulares que variam na sua composição e resistência à degradação ruminal, sendo que os fatores que mais afetam as variações nas paredes celulares são aqueles ligados às espécies, morfologia, maturidade, ambiente, entre outros (FALES & FRITZ, 2004).

3.2.1 Fatores intrínsecos da planta

A qualidade da forragem está diretamente relacionada às características da planta, como sua anatomia e morfologia. Esses fatores estão sob o controle genético, mas também sofrem grande influência do ambiente em que a planta é cultivada (FALES & FRITZ, 2004). De acordo com Nascimento Júnior *et al.* (2013), um fator importante que determina a fenologia da planta e sua rota fotossintética (C_3 e C_4) é a genética.

Genótipos diferentes causam variações anatômicas, produtivas e morfológicas ocasionando um largo efeito na qualidade. Nesse sentido, a parede celular vegetal de plantas de metabolismo C_4 como o sorgo tende a ser muito mais rígida, com maiores quantidades de fibras que se tornam recalcitrantes ao processo de fermentação ruminal, principalmente quando comparado a plantas de metabolismo C_3 . Por outro lado, a presença dos grãos contribui consideravelmente para a redução do conteúdo total de fibras e aumento do teor de carboidratos não fibrosos, representados principalmente pelo amido (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

As plantas de sorgo, principalmente as de porte alto apresentam elevada quantidade de colmos na massa de forragem e, automaticamente, são mais fibrosas e mais ricas em lignina. Isso faz com que muitas plantas de sorgo silageiro apresentem menor digestibilidade que cultivares graníferos. Carvalho (2010) avaliou cultivares de sorgo granífero (IPA1011 e IPA2564), duplo propósito (IPA2502) e forrageiro (IPASF-25 e IPA767), e observou que o sorgo granífero e duplo propósito apresentaram maiores teores carboidratos não fibrosos (CNF), sendo 39,46, 37,83 e 38,46%, quando comparados aos cultivares forrageiros, que apresentaram 21,03 e 24,56%.

As panículas incluem os grãos e são a parte mais digestível da forragem (Zago, 1997). Nesse sentido, genótipos de sorgo silageiro com boa proporção de panículas, além de proporcionarem elevada produção de forragem para alimentação do rebanho, fornecerão grãos que não precisarão ser fornecidos em sua totalidade na forma de concentrado. Assim, Neumann *et al.* (2002a) trabalharam com silagem dos híbridos forrageiros, AGX-213 e AG-2002, e de duplo propósito, AGX-217 e AG-2005E, e observaram que o ganho de peso em novilhos foi maior com animais alimentados com a silagem dos híbridos de duplo propósito, por possuírem maior proporção de panículas.

A constituição anatômica da planta ou de suas partes também é um fator que influencia a qualidade da forragem. A forrageira é constituída por um conjunto de órgãos, tecidos e células, sendo que cada tecido possui uma estrutura física e composição química diferente, que estão relacionados à sua função na planta. Em função desses diversos tecidos presentes na planta, o desempenho animal pode ser diferente mesmo se o consumo for de espécies de forrageiras que apresentem a mesma quantidade de folhas em sua estrutura (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013).

Rezende *et al.* (2011) avaliaram a composição morfológica de diferentes genótipos de sorgo (Volumax, AG 2005E, Qualimax, BRS 610 e AG 2501), com base no peso da matéria verde, no momento do corte. Na proporção de folhas, os valores observados foram 19,16,

22,50, 17,63, 13,68 e 13,97%, respectivamente. Para a proporção de panículas e colmos, os valores foram 9,34, 10,18, 8,57, 10,27 e 4,66% de panículas, e 71,47, 67,32, 73,80, 76,05 e 81,46% de colmos.

A qualidade também sofre influência da maturidade das plantas. A concentração dos principais constituintes e sua digestibilidade são prejudicadas a cada avanço no estágio de maturação. O mesmo acontece com os colmos, quando novos são tão digestíveis quanto às folhas, mas devido às diferenças anatômicas, a maturidade ocasiona grande queda na digestibilidade. Os colmos apresentam tecidos de sustentação, epiderme, xilema e esclerênquima, que são mais resistentes à digestão (FALES & FRITZ, 2004).

A qualidade dos tecidos presentes nas folhas e colmos decresce mais rapidamente quando a planta começa a entrar na fase de desenvolvimento reprodutivo, e posteriormente, de forma menos intensa no processo de maturação das sementes (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013). No sorgo, à medida que avança a maturidade da planta, ocorre uma diluição do efeito dos componentes fibrosos, devido ao maior acúmulo de carboidratos solúveis no colmo e à formação de amido nos grãos (MEESKE *et al.*, 1993). O incremento do conteúdo e alterações nas composições químicas da parede celular nos componentes das plantas, explicam o decréscimo na qualidade.

Os tecidos variam em sua degradabilidade pelos microrganismos ruminais devido às diferentes concentrações de lignina ao longo do ciclo de vida da planta. A deposição de lignina ocorre primeiramente nos tecidos que cessaram o crescimento e realizam a condução, suporte mecânico e proteção, como o xilema, esclerênquima e epiderme. Os dois primeiros são considerados pouco degradáveis, enquanto a epiderme varia na sua degradabilidade (FALES & FRITZ, 2004).

Muitas das características do sorgo que causam impacto na qualidade da forragem são poligênicas ou quantitativas, ao contrário de caracteres morfológicos e qualitativos como cor da planta, suculência e inflorescência. Em contrapartida, a mutação “brown midrib” (bmr), portadores da nervura marrom, é monogênica e tem efeito marcante na qualidade da forragem do sorgo (PEDERSEN & ROONEY, 2004). Os genes bmr geralmente são associados às características agrônômicas negativas, como por exemplo, menor vigor, produtividade e resistência a pragas, sendo que pode ocorrer espontaneamente na natureza, ou por engenharia genética.

3.2.2 Fatores de ambiente

Vários são os fatores ambientais que podem influenciar o valor nutritivo das plantas em geral, como a precipitação pluviométrica, umidade relativa, radiação solar, vento, entre outros. De acordo com Buxton e Fales (1994), o fator considerado de maior relevância é a temperatura, que varia de um lugar para outro durante todas as épocas do ano, e é responsável por proporcionar energia cinética das moléculas que determinam a síntese da parede celular.

Temperaturas abaixo das ideais para o crescimento das plantas levam a um acúmulo de açúcares solúveis devido à redução da fotossíntese. Nas temperaturas acima das ideais, a concentração de açúcares tende a cair (FALES & FRITZ, 2004). Temperatura ambiente alta durante o crescimento da forrageira normalmente está relacionada com a queda da digestibilidade da matéria seca, o que é atribuído ao aumento das concentrações de constituintes da parede celular, como a lignina (COLEMAN *et al.*, 2004).

As plantas de sorgo caracterizam-se pela adaptação a elevadas temperaturas. Nesse sentido, a ocorrência de elevada temperatura (40 a 43° C) durante o ciclo vegetativo, pode antecipar o florescimento e a fertilização dos grãos quando as condições de umidade são ideais (MAGALHÃES *et al.*, 2015).

A radiação solar é a responsável pelo fornecimento da energia que as plantas utilizam para reduzir o CO₂ para a formação de carboidratos que serão utilizados na síntese de tecido vegetal. A luz solar pode promover o acúmulo de açúcares e a redução de nitrato à amônia, estimulando assim a síntese de aminoácidos (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013). As plantas respondem por toda a energia solar recebida, especialmente pela qualidade da luz e durabilidade (FALES & FRITZ, 2004).

As variações na luminosidade e no fotoperíodo afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013). O efeito primário do fotoperíodo na qualidade da forragem é o seu papel na indução do crescimento reprodutivo. A qualidade da luz recebida pelas plantas forrageiras pode influenciar respostas morfogênicas como crescimento da folha e alongamento do colmo (FALES & FRITZ, 2004).

Outro fator do ambiente relevante é a disponibilidade de água e umidade no solo, pois a água é um recurso essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em condições onde a umidade do solo está baixa, a digestibilidade da forragem não sofre redução, podendo até aumentar em alguns casos. Por outro lado, o excesso de água no solo pode causar estresse devido ao rápido esgotamento de oxigênio do solo e, também, ocasionar um aumento da taxa de senescência (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013).

No sorgo, o estresse hídrico influencia em todas as fases de desenvolvimento, desde a germinação até a fase de enchimento de grãos, sendo que nessa última fase a consequência maior é o comprometimento na formação de sementes em potencial (TARDIN *et al.*, 2013). Assim, torna-se importante a seleção e disponibilidade de cultivares que sejam mais tolerantes ao estresse hídrico.

3.2.3 Fatores de manejo

A qualidade da forragem é uma característica dinâmica influenciada em vários aspectos, sendo o manejo um deles. As práticas de manejo adequado podem proporcionar maiores índices de produção e, também, incremento na qualidade das plantas de sorgo. Fales & Fritz (2004) determinaram que existem três grandes abordagens para o manejo de forrageiras: manejar a comunidade de plantas, o ambiente e o desenvolvimento da planta.

As escolhas da densidade de semeadura e do melhor arranjo de plantas estão entre os fatores de manejo considerados mais importantes para a cultura do sorgo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). Segundo Albuquerque *et al.* (2012), o arranjo de plantas adequado favorece o aproveitamento de luz e água, além de proporcionar melhor controle de invasoras na cultura.

Coelho *et al.* (2002) inferem que as cultivares de sorgo mais precoces, de menor porte e folhas mais eretas, possibilitam o uso de densidades de semeadura maiores com espaçamentos entre linhas menores. De acordo com os autores, existe uma tendência de aumento de produtividade da cultura do sorgo nessas condições, onde o espaçamento é reduzido e a densidade populacional é maior, devido ao fato de a cultura apresentar vantagens potenciais quanto ao aumento na eficiência de utilização de luz solar, água, nutrientes e melhor controle de plantas daninhas. Rodrigues *et al.* (2014) indicam que a melhor população de plantas está entre 100 mil a 120 mil plantas.ha⁻¹.

Rosa (2012) ressalta os espaçamentos e densidades ideais de plantio dos diferentes tipos de sorgo. Para o sorgo granífero, o indicado é 50 a 70 cm entre as fileiras, considerando-se 15 a 18 sementes por metro linear. No sorgo silagem e sorgo pastejo indica-se entre 80 a 90 cm de espaçamento com 13 a 15 sementes por metro linear, e 30 cm com uso de 20 a 25 sementes por metro linear, respectivamente.

Albuquerque *et al.* (2011) avaliaram diferentes espaçamentos e densidades de plantio do sorgo forrageiro (50, 70 e 90 cm entre linhas e 100 mil, 140 mil e 180 mil plantas ha⁻¹) e observaram que não houve diferença significativa na qualidade da forragem, porém, o aumento na densidade de plantio proporcionou redução na produtividade de matéria seca do sorgo.

Neumann *et al.* (2008) avaliaram o efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio do sorgo forrageiro AG-2501C (30, 50 e 70 cm), densidade de plantas (300, 450 e 600 mil plantas ha⁻¹) e período de avaliação, durante o ciclo vegetativo da cultura (50, 85 e 125 dias após plantio). Os autores observaram que o melhor desempenho produtivo e qualitativo da planta de sorgo foi obtido no cultivo com espaçamento entre linhas de 70 cm. No estudo não houve efeito do espaçamento sobre os teores de matéria seca (MS) e de proteína bruta (PB) dos colmos e folhas da planta. Porém, o teor de FDN aumentou progressivamente com o avanço no ciclo reprodutivo, nos maiores espaçamentos.

A maturação das plantas também deve ser levada em consideração quando se trata de qualidade da forragem. Na planta imatura a qualidade das partes vegetativas é alta e, com o amadurecimento, começa a diminuir (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2013). Por outro lado, a produção dos grãos e o acúmulo de amido característicos da fase reprodutiva do sorgo implicam em melhora na digestibilidade e NDT (Perazzo, 2012). O amido é proveniente da fixação e, também, da remobilização de carboidratos solúveis presentes no colmo da planta. A principal consequência do direcionamento dos carboidratos para os grãos é o aumento dos teores de fibras nas partes vegetativas e aumento no tamanho e número dos grãos, com consequente elevação do seu conteúdo de carboidratos não fibrosos.

Avaliar o ponto de colheita correto do sorgo para ensilagem também é uma forma de interferir na qualidade final da planta. De acordo com Rodrigues *et al.* (2014), o ponto ideal

para ensilagem é no estágio pastoso, quando a planta atinge em torno de 30 a 35% de matéria seca. Para realizar a verificação do ponto de colheita no grão, observa-se a região medial da panícula, que deve apresentar grãos pastosos. Dantas *et al.* (2016) avaliaram a composição bromatológica do sorgo em dois pontos de colheita diferentes, sendo uma na fase R3 (grãos leitosos), e outra na fase R4 (grãos pastosos). Os autores observaram que para todas as variáveis (PB, FDN, FDA, Hemicelulose e Celulose) não houve diferença significativa para a fase R3 e R4, e seria mais viável ao produtor realizar a época de corte no estágio R3.

3.2.4 Fatores antinutricionais

Podem ser definidos como qualquer composto químico presente na forragem (lignina, alcaloides, fitormônios ou toxinas) que podem afetar negativamente o animal, incluindo sua fisiologia, saúde, bem-estar, reprodução, consumo e o atendimento das demandas nutricionais (Allen *et al.*, 2011). O sorgo possui basicamente três fatores antinutricionais mais importantes: o tanino, o glicosídeo cianogênico e o nitrato (ETUK, 2012; PEDERSEN & ROONEY, 2004).

O tanino, resultante do metabolismo secundário dos vegetais, pode ser encontrado nos vacúolos celulares das folhas e nos grãos (CABRAL FILHO, 2004). De acordo com Rodrigues *et al.* (2015), o tanino apesar de ser um composto antinutricional, apresenta algumas vantagens agrônomicas, como conferir a resistência da cultura ao ataque de pássaros e ocorrência de doenças no grão, porém, ele causa problemas na digestão dos animais, pelo fato de formarem complexos com proteínas da dieta ou da saliva diminuindo a aceitabilidade e digestibilidade.

Cabral Filho (2004) ressalta que o tanino é indesejável para a alimentação de aves e suínos, devido ao seu efeito negativo na digestão proteica desses animais. Nos ruminantes, ocorre uma amenização dos efeitos do tanino devido à ação dos microrganismos do rúmen, porém, alguns estudos demonstraram que podem ocorrer variações na absorção de aminoácidos, na retenção de nitrogênio e, também, no consumo de matéria seca. Além disso, o animal pode apresentar um estado de toxidez, devido à absorção de compostos fenólicos.

Os glicosídeos cianogênicos são um grupo de carboidratos que se encontram ligados ao ácido cianídrico (HCN), princípio ativo das plantas cianogênicas que as protegem contra ataques de herbívoros e insetos (AMORIN *et al.*, 2006; BUSH *et al.*, 2007). Os sorgos forrageiros podem provocar alta taxa de mortalidade em animais herbívoros, por conter elevados teores de glicosídeos cianogênicos na sua fase inicial de crescimento, ou quando rebrotam facilmente em condições favoráveis. Em condições favoráveis isso corresponde ao momento quando as plantas apresentam menos de 20 cm de altura, ou sete semanas de plantio (AMORIN *et al.*, 2006).

De acordo com Bush *et al.* (2007), o ácido cianídrico pode causar disfunções no sistema nervoso central e nos sistemas respiratório e cardíaco dos animais. A concentração de HCN no sorgo varia de acordo com a cultivar e com as condições que influenciam o crescimento, mas geralmente diminui com o avanço na idade das plantas. A conservação da forragem pode

destruir totalmente a ação dos compostos cianogênicos, devido à sua hidrólise e volatilização (ETUK, 2012).

Pedersen & Rooney (2004) ressaltam que o sorgo também é conhecido por ser um acumulador de nitrato (NO_3^-). As principais causas para acúmulo de nitrato nas plantas são a seca e adubação excessiva com Nitrogênio. Essas condições juntas são ideias para provocar quantidades tóxicas de nitrato, prejudicando os animais. Os ruminantes convertem o nitrato (NO_3^-) em nitrito (NO_2^-) no fígado, que pode atingir a corrente sanguínea. Sendo assim, a elevada concentração de nitrato na forragem pode ocasionar um excesso de nitrito no sangue, alterando a hemoglobina para meta-hemoglobina, que é incapaz de transportar o oxigênio (PEDERSEN & ROONEY, 2004).

3.3 Silagem de sorgo

A conservação de forragens na forma de silagem se baseia em dois mecanismos primários de preservação: o ambiente anaeróbico e um processo fermentativo que converte os carboidratos solúveis da planta em ácidos orgânicos, como o ácido lático, reduzindo o pH do meio (MUCK *et al.*, 2007). O ambiente anaeróbico é essencial para prevenir o crescimento de microrganismos indesejáveis à fermentação, como os clostrídeos, e assim como o baixo pH, também reduz a atividade de enzimas presentes na planta ensilada e favorece a ação das bactérias produtoras de ácido lático (SOLLENBERGER *et al.*, 2004).

A demanda por silagens que maximizem a produção de nutrientes por unidade de área cresceu com a intensificação dos sistemas de produção. Associar elevados rendimentos forrageiros com alto valor nutritivo se torna necessário para suprir as necessidades nutricionais dos animais (CÂNDIDO *et al.*, 2002).

O sorgo tem sido muito utilizado no processo de ensilagem, principalmente por apresentar características como tolerância à seca, dada a sua capacidade de recuperar-se e produzir grãos após um período de estiagem, produzindo mais matéria seca em áreas de solo menos fértil, quando comparado ao milho (RODRIGUES *et al.*, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2008). Além disso, o sorgo possui teores de carboidratos solúveis acima de entre 6 a 8%, que são essenciais para adequada fermentação láctica da silagem (REZENDE *et al.*, 2011, RODRIGUES *et al.*, 2002; PEDERSEN & ROONEY, 2004). Os grãos, ricos em amido, são um componente de rendimento importante e uma característica desejável da cultura para a produção de silagem. No rúmen, o grão do sorgo geralmente demora mais para ser fermentado pelos microrganismos e seu processamento físico pode aumentar a taxa de fermentação reduzindo o amido disponível no intestino delgado (MATHISON, 1996).

Neumann *et al.* (2002) compararam os componentes da planta de sorgo, e concluíram que a panícula com os grãos é o maior determinante da qualidade da silagem. Neles estão presentes as maiores concentrações de proteína bruta, carboidratos não fibrosos, matéria seca, que impactam positivamente na digestibilidade *in vitro* da matéria seca. A degradabilidade de diferentes híbridos forrageiros, AGX-213 e AG-2002, e de duplo propósito,

AGX-217 e AG-2005E foi avaliada por Neumann *et al.* (2002), que constataram que a panícula foi o componente da planta que apresentou maior média de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (68,2%), seguida das folhas (54,85%) e colmos (57,22%). Estudando quatro genótipos de sorgo, Volumax, AG 2005E, Qualimax e BRS 610, Botelho *et al.* (2010) compararam as proporções de folhas, panículas e colmos na planta, em duas épocas de colheita: sorgo do ano e rebrota. De acordo com os autores, as porcentagens de folhas e panículas foram maiores para todos os genótipos avaliados no sorgo do ano. Já para o componente colmo, houve redução em sua porcentagem na rebrota.

Os cultivares de sorgo, destinados à produção de silagem, têm apresentado maiores produções de matéria seca que o milho, principalmente em condições inferiores de fertilidade e com estresse hídrico (ARAÚJO *et al.*, 2007). A escolha correta da cultivar é o primeiro passo para se produzir uma boa silagem, e os híbridos utilizados são determinantes da qualidade e do valor nutritivo final da silagem.

A proporção de panícula presente na planta está relacionada à aptidão do híbrido de sorgo (ALESSIO, 2010). De acordo com Rodrigues *et al.* (2014), a menor proporção de grãos na massa ensilada, muitas vezes observada em cultivares de porte grande, produzem silagens com valores nutritivos menores, quando comparadas ao milho.

A escolha do híbrido de sorgo para ensilagem é feita com base na identificação de características agrônomicas como, boa estabilidade, alta produtividade de forragem e grãos, maior proporção de folhas, boa digestibilidade da fibra e, também, características relacionadas ao processo fermentativo, que proporcione baixa perda de matéria seca e nutrientes durante a ensilagem e altas taxas de consumo (RODRIGUES *et al.*, 2014; PESCE *et al.*, 2000).

A procura por materiais de melhor qualidade incentivou a pesquisa e o lançamento de inúmeros genótipos de sorgo, com características específicas como porte, ciclo e aptidão, as quais têm influência sobre o valor nutritivo da silagem produzida. Os novos cultivares lançados no mercado passam por um processo de avaliação e seleção que proporcionam resultados mais consistentes em relação ao seu potencial para produção de silagem de alto valor nutritivo (CANDIDO *et al.*, 2002). Para aliar boa produtividade de matéria seca e valor nutritivo adequado, as empresas de melhoramento procuram desenvolver cultivares que apresentem equilíbrio entre as proporções de folhas, colmos e panículas na planta (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Estudos que comparam a produção e qualidade de híbridos de sorgo são de suma importância, a fim de se fornecer aos produtores informações na hora da escolha de genótipos cujas silagens tenham a melhor relação produção e valor nutritivo, objetivando-se encontrar um equilíbrio para que o desempenho animal não seja comprometido (SILVA *et al.*, 2014).

3.4 Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, C. J. B. *et al.* Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 494-501, 2011.
- ALBUQUERQUE, C. J. B. *et al.* Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012.
- ALESSIO, D. R. M. *et al.* Composição bromatológica de silagens de sorgo brasileiras oriundas de híbridos com diferentes aptidões – Meta-análise. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.,2010. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO. **Anais...** Goiânia GO: 2010.
- ALLEN, V. G. *et al.* An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 2-28, 2011.
- ALVARENGA, R. C.; DE ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Manejo do solo e sistema plantio direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 63 - 80. Sorgo: Coleção 500 perguntas 500 respostas.
- AMORIM, S.L. *et al.* Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v.16, n.1, p.17-26, 2006.
- ARAÚJO, V. L. *et al.* Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.168-174, 2007.
- BORGES, R. F. **Importância da ensilagem de Sorgo**. Trabalho de conclusão de curso Técnico - Universidade Estadual de Goiás. Posse, GO, 2016. 18f.
- BOTELHO, P. R. F. *et al.* Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 287-297, 2010.
- BUSH, L. *et al.* Plant Chemistry and Antiquality Components in Forage. In: Barnes, R. F.; Nelson, J.; Moore, K. J.; Collins, M. **Forages: the science of grassland agriculture**. 6. ed. Iowa, USA: Blackwell, 2007. v.2, p. 509-528.
- BUXTON, D.R. e FALES, S.L. Plant environment and quality. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Lincoln: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p.155-199.
- CABRAL FILHO, S. L. S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos**. 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- CÂNDIDO, M. J. D. *et al.* Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 20-29, 2002.
- CARVALHO, L. F. P. B. **Avaliação nutricional de silagens de diferentes cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2010. 37 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE.
- CHIEZA, E. D. *et al.* Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.
- COELHO, A. M. *et al.* Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, n. 100, p. 1-12, 2002.
- COLEMAN, S. W *et al.* **Warm-Season (C4) Grasses: Quality and Utilization**. Madison, Wisconsin, EUA: American Society of Agronomy, 2004. p. 267-308.

COLOMBINI, S. *et al.* Substitution of corn silage with sorghum silages in lactating cow diets: In vivo methane emission and global warming potential of milk production. **Agricultural Systems**, v. 136, n.1, p. 106-113, 2015.

DANTAS, T. F. *et al.* Avaliação do sorgo forrageiro em diferentes épocas de colheita. In: SINTAGRO, SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO, n. 8, 2016, Jales, SP. **Anais...** Jales, SP. 2016. p. 1-15.

ETUK, E. B. *et al.* Antinutritional factors in sorghum: chemistry, mode of action and effects on livestock and poultry. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 2, n. 2, p. 113-119, 2012.

FALES, S. L. e FRITZ, J. Factors Affecting Forage Quality. In: Barnes, R. F.; Nelson, J.; Moore, K. J.; Collins, M. **Forages: The Science of Grassland Agriculture**. 6. ed. Iowa, USA: Blackwell, 2007. v.2, p. 569-582.

FAO, Food and Agriculture Organization of The United Nations. **FOOD outlook**. Roma: FAO Novembro, 2017. n. p. 152. Biannual Report on Global Food Markets.

HANNA, W. W. e SOLLENBERGER, L. E. Tropical and Subtropical Grasses. In: Barnes, R. F.; Nelson, J.; Moore, K. J.; Collins, M. **Forages: The Science of Grassland Agriculture**. 6. ed. Iowa, USA: Blackwell, 2007. v.2, p. 245-256.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatísticas Econômicas**, 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>>. Acesso em: Janeiro, 2018.

LANZA, A. L. L. **Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS 716) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, USFJ. Sete Lagoas, MG.

MACEDO, C. H. O. *et al.* Produção e composição bromatológica do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 209-216, 2012.

MACHADO, L. A. Z. *et al.* Sorgo para pastejo/corte e cobertura do solo no período de outono/inverno (safrinha) em Mato Grosso do Sul. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, MS. v. 1, n.1, p 1-21, 2004.

MADHUSUDHANA, R. *et al.* **Sorghum molecular breeding**. Telangana, India. Springer, 2015. 231p.

MAGALHÃES, P. C. *et al.* **Fisiologia da Produção**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 27-40. Sorgo: Coleção 500 perguntas 500 respostas.

MAGALHÃES, R. T. *et al.* **Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 5p.

MATHISON, G. W. Effects of processing on the utilization of grain by cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, n. 1-2, p. 113-125, 1996.

MAY, A. *et al.* Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração. Sorgo: inovações tecnológicas: **Informe Agropecuário**. n. 278. v. 35. Belo Horizonte, EPAMIG, 2014.

MEESKE, R. *et al.* Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 165-175, 1993.

MOORE, J. E. Forage quality index: development and application In: G.C. Fahey, Jr. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 977-998.

MUCK, R. E. e KUNG JR., L. Silage Production. In: Barnes, R. F.; Nelson, J.; Moore, K. J.; Collins, M. **Forages: The Science of Grassland Agriculture**. 6. ed. Iowa, USA: Blackwell, 2007. v.2, p. 617-634.

NASCIMENTO JÚNIOR, D. *et al.* Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F. E SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2013. p. 457-473.

NEUMANN, M. *et al.* Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 302-312, 2002.

NEUMANN, M. *et al.* Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 2, p. 165-181, 2008.

NEUMANN, M. *et al.* Resposta econômica da terminação de novilhos em confinamento, alimentados com silagens de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p.849-854, 2002a.

OLIVEIRA, V. D. S. *et al.* Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**, v. 22, n. 2, p. 01-18, 2016.

PATIL, J. V. **Millets and sorghum: biology and genetic improvement**. Chennai, India: Wiley Blackwell, 2017. 517p.

PEDERSEN, W. L e ROONEY, J. F. **Warm-Season (C4) grasses: sorghums**. Madison, Wisconsin, EUA: American Society Of Agronomy, 2004. p. 1057-1080.

PERAZZO, A. F. **Avaliação agronômica de cultivares de sorgo no semiárido**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.

PEREIRA FILHO, I. A. e RODRIGUES, J. A. S. **Manejo do solo e sistema plantio direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 332p. Sorgo: Coleção 500 perguntas 500 respostas.

PESCE, D. M. C. *et al.* **Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao Ensaio Nacional**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. p.978-987.

PINHO, R. G. V. *et al.* Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

REZENDE, G. M. *et al.* Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011.

RODRIGUES J. A. S. *et al.* BRS 655 - Híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade. **Circular Técnico 107, 2 p. Embrapa Milho e Sorgo**, n. 107, 2p., 2008.

RODRIGUES, J. A. S. *et al.* **Manejo Cultural**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p 124 - 129. Sorgo: Coleção 500 perguntas 500 respostas.

RODRIGUES, J. A. S. *et al.* Sorgo forrageiro para silagem, corte e pastejo. Sorgo: inovações tecnológicas: **Informe Agropecuário**. n. 278. v. 35. EPAMIG, 2014.

RODRIGUES, P. H. M. *et al.* Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2169-2175, 2002.

ROSA, W. J. A cultura do sorgo: manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial. **Circular Técnica**. Emater – MG, 2012.

SANS, L. M. A. *et al.* **Época de plantio de sorgo** (Comunicado Técnico). MAPA. Sete Lagoas. 2003.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho**: clima e solo. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. 2007. 3p.

SANTOS, R. D. *al.* Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2013.

SILVA, T. C. *et al.* Cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de híbridos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1865-1873, 2014.

SOLLENBERGER, L. E *et al.* **Warm-Season (C4) Grasses**: conserved forage. Madison, Wisconsin, EUA: American Society Of Agronomy, 2004. p. 1355-388.

SOUZA, L. F. *et al.* Desempenho produtivo de híbridos de sorgo biomassa em diferentes ambientes. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2016. 4 P. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, n. 31, 2016, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS, 2016. p. 1-4.

TARDIN, F. D. *et al.* Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.

TAVIAN, A. F. *et al.* Adubação nitrogenada no desenvolvimento de sorgo forrageiro. **Ciência & Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 33-37, 2014.

VASCONCELOS, M. A. *et al.* Composição Química do Colmo de Genótipos de Sorgo Biomassa. In: FEPEG, FÓRUM ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. n. 8, 2014, Janaúba. **Anais...** Unimontes. Janaúba, MG. 3p.

ZAGO, C. P. *et al.* Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. Manejo cultural do sorgo para forragem. **Circular técnica**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, v. 17, p. 9-26, 1997.

4 ARTIGO

4.1 Composição bromatológica de genótipos de sorgo no município de São João del-Rei

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Brasileira de Milho e Sorgo

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE SORGO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DEL-REI

RESUMO - Objetivou-se avaliar a composição bromatológica de genótipos de sorgo silageiro. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 × 11, sendo dois anos de avaliação e 11 genótipos (9 experimentais e duas testemunhas comerciais), e 3 repetições. As plantas de sorgo foram colhidas após 95 dias após a semeadura, com teor de matéria seca entre 30 e 40%. Foi observado efeito significativo de genótipo para todas as variáveis do estudo ($P < 0,05$), já o efeito de ano foi observado sobre o teor de hemicelulose, não sendo encontrada interação genótipo x ano significativa. Os teores de PB variaram entre 6,55 e 9,36%, e os de CCEL variaram entre 32,55% e 44,13%. Os teores encontrados de FDN variaram entre 55,87% e 67,45%, e FDA 29,21% e 41,55%. Os genótipos 13F26005 e 13F23019 apresentam melhor perfil bromatológico com os menores teores de FDN e FDA, e maiores teores de PB e CCEL.

Palavras-chave: fibra, lignina, proteína bruta, *Sorghum sp*

CHEMICAL COMPOSITION OF SORGHUM GENOTYPES IN SÃO JOÃO DEL-REI

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the bromatological composition of genotypes of silage sorghum. The design was a randomized complete block design in a 2 × 11 factorial scheme, with two years of evaluation and 11 genotypes (9 experimental and 2 commercial controls) and 3 repetitions. Sorghum plants were harvested after 95 days, between 30 and 40% of dry matter in the plant. Significant effect of genotype was observed for all the variables of the study ($P < 0.05$), already the year effect was observed on all HEMI content, and no genotype x year significant interaction was found. CP contents varied between 6.55 and 9.35%, and CELLC contents varied between 32.55 and 44.13%. The contents of DNF varied between 55.87 and 67.45%, and ADF 29.21% and 41.55%. The genotypes 13F26005 and 13F23019 presented a better bromatological profile with the lowest levels of NDF and ADF, and higher levels of CP and CELLC.

Key-words: crude protein, fiber, lignin, *Sorghum sp*

Introdução

O uso do sorgo na produção de silagem tem se tornado cada dia mais comum no Brasil. Isso se deve a vantagens agronômicas como a elevada produção de forragem, menor

exigência em fertilidade do solo, maior tolerância ao déficit hídrico que culturas convencionais, bem como menor exigência em manejo (Rezende *et al.*, 2011).

A ampla adoção desta forrageira pelos pecuaristas gera demanda por novas cultivares mais produtivas, competitivas, de alto valor nutritivo e adaptadas a diversas regiões de cultivo. Nestas situações, a avaliação do valor nutritivo da forragem também deve ser realizada como forma de melhoria do desempenho animal, já que as plantas de sorgo silageiro tendem a apresentar colmos muito fibrosos e desenvolvidos. O conhecimento do valor nutricional dos genótipos de sorgo também pode auxiliar na escolha de cultivares, bem como permitir o planejamento e o balanceamento adequado das dietas dos animais (Ferreira *et al.*, 2015).

Estes novos materiais genéticos precisam ser avaliados para que os produtores e técnicos possam se orientar na escolha do melhor material, de acordo com sua região e condições. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a composição bromatológica de genótipos experimentais de sorgo silageiro e duas cultivares, em dois anos de avaliação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no *Campus* Tancredo Neves da Universidade Federal de São João del-Rei, por dois anos, safra 2015 e 2016. O município de São João del-Rei está situado às coordenadas geográficas 21°08'11" de latitude Sul e 44°15'43" de longitude Oeste, a 904 m de altitude. O clima da região segundo a classificação de Köppen (1948) é do tipo Cwa, temperado quente com chuvas de verão e inverno seco. A precipitação acumulada média da região é de 1456,3 mm e a temperatura média é de 21,3° C. Durante o experimento, os dados climáticos foram coletados em estação meteorológica situada a 300 m da área experimental (Figuras 1A e 1B).

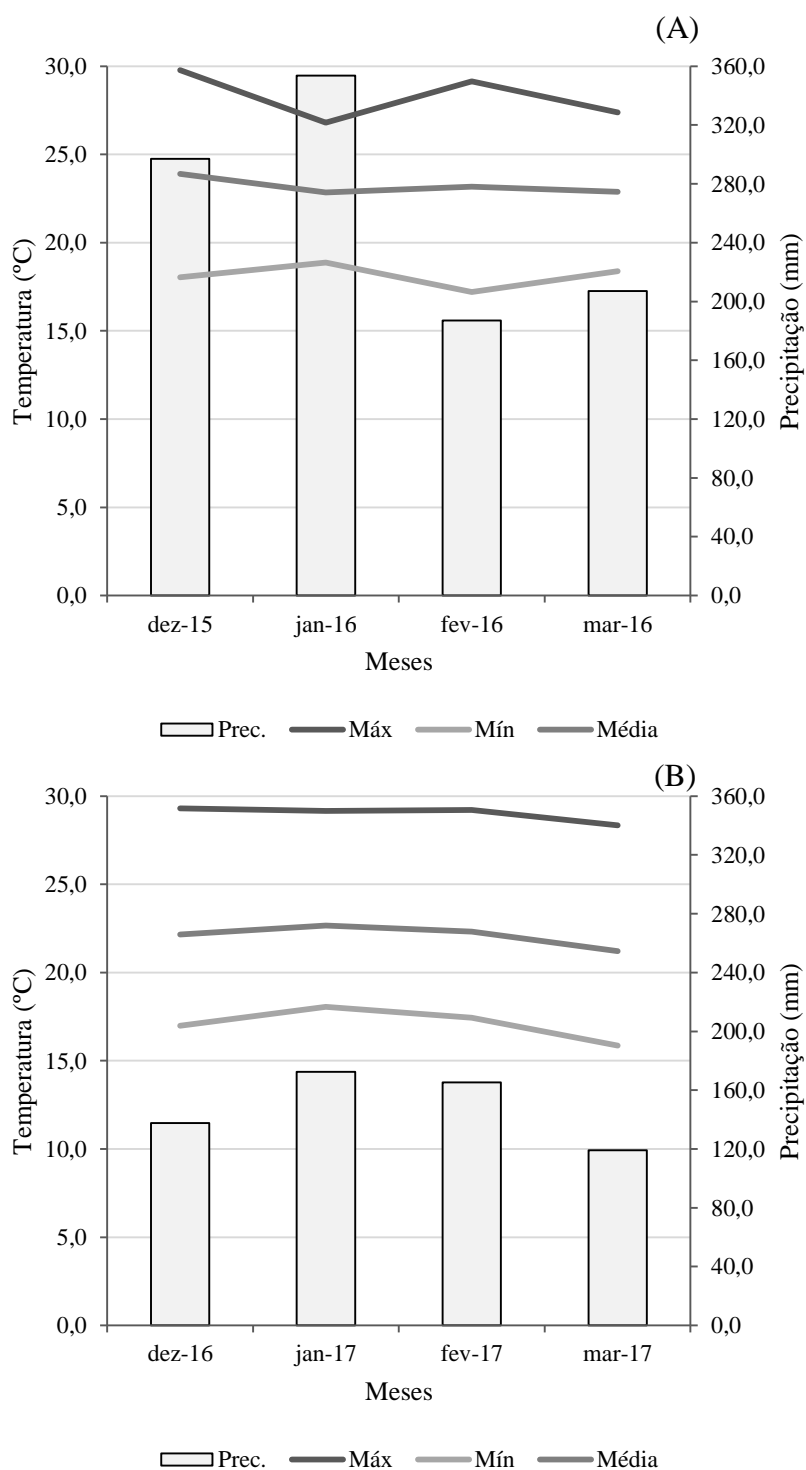


Figura 1. Precipitação acumulada (Prec.), temperatura mínima (Mín), temperatura média (Média) e temperatura máxima (Máx) do município de São João del-Rei – MG, durante o primeiro (A) e segundo (B) anos de avaliação.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 11, constituído por dois ambientes (dois anos de avaliação), 11 genótipos de sorgo e três repetições. Foram avaliados os genótipos experimentais 13F23019, 14F20005, 13F26005,

13F26006, 14F20019, 13F23005, 13F23020, 14F21021 e 14F21028, além das cultivares BRS 655 e Volumax. Os genótipos experimentais estão em fase de avaliação pelo programa de melhoramento de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo.

As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,7 m, onde os genótipos foram posicionados lado a lado dentro do bloco.

Foram coletadas amostras de solo da área experimental que apresentaram as seguintes características: pH em água = 6,12; P = 6,7 mg.dm⁻³; K = 160 mg.dm⁻³; Ca = 4,63 cmolc.dm⁻³; Mg = 0,53 cmolc.dm⁻³; Al = 0,00 cmolc.dm⁻³; H + AL = 0,95 cmolc.dm⁻³; MO = 3,70 dag.kg; SB = 5,57 cmolc.dm⁻³; CTC (efetiva - t) = 5,57 cmolc.dm⁻³; V% = 85,4. A interpretação e recomendação das doses de adubos e corretivos foi realizada de acordo com Alves et al. (1999).

Durante o plantio foram aplicados cerca de 70g de adubo 05-20-05 por parcela (35g por linha) e, 30 dias após a germinação, foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura com 460 g de sulfato de amônio por parcela (230 g por linha). Cerca de 15 dias após a germinação, foi realizado o desbaste para proporcionar número final de 12 plantas por metro linear. Antes da adubação de cobertura, foi realizado controle de plantas invasoras por meio de capinas.

Para o controle do pulgão-verde (*Schizaphis graminum*) e da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foram realizadas aplicações de Diazinon 40 PM em diluição de 1 kg/ha e Zeta-Cipermetrina, 1 ml/L, aos 34 e 44 dias após a germinação, respectivamente.

As plantas de sorgo foram colhidas 95 dias após a semeadura, próximo ao ponto de grãos pastosos para farináceos (entre 30 e 40% de matéria seca na planta). Foram retiradas 10 plantas por parcela, que posteriormente foram trituradas em ensiladora estacionária, amostradas e levadas à estufa de circulação forçada à 55°C por 72 h para secagem. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho tipo Willey em peneira de 1 mm e levadas à estufa de 105°C por 24 h para determinação da matéria seca.

As amostras secas e moídas tiveram os teores de proteína bruta (PB), conteúdo celular (CCEL), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CELU), hemicelulose (HEMI) e lignina (LIG) estimados por meio da técnica de espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS), de acordo com os procedimentos de Marten et

al. (1985). Os dados de reflectância das amostras na faixa de comprimento de onda de 1.100 a 2.500 nm foram armazenados por um espectrofotômetro (Modelo NR5000: NIRS systems, Inc., USA) acoplado a um microcomputador. Os valores de PB, CCEL, FDN, FDA, CELU, HEMI e LIG foram obtidos por equações de calibração desenvolvidas por métodos convencionais.

Os dados foram submetidos à análise de variância adotando-se 5% como nível crítico de probabilidade. Quanto à verificação de diferenças significativas entre os genótipos, as médias foram comparadas por teste Duncan. No caso de interação significativa, procedeu-se a decomposição da mesma. Todas as análises foram realizadas no software estatístico Genes versão 1990.2017.29 (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

Foi observado efeito significativo de genótipo para todas as variáveis do estudo ($P < 0,05$). Somente observou-se efeito de ano para o teor de hemicelulose, não sendo encontrada interação genótipo x ano significativa para nenhuma variável (Tabela 1). A ausência de efeito significativo de ano para a maioria das variáveis provavelmente se deve a condições similares de temperatura e valores satisfatórios de precipitação pluviométrica entre os dois anos de avaliação, além do manejo do estabelecimento da lavoura, que seguiu cronograma semelhante.

Tabela 1 – Resumo do quadro de análise de variância das características bromatológicas dos genótipos de sorgo para produção de silagem em dois anos de avaliação

Variáveis	Quadrado médio			
	Bloco	Genótipo	Ano	Interação
PB	5,9341	5,6942*	0,0851	2,6840
CCEL	48,7121	66,9742*	3,2209	30,8307
FDN	48,7121	66,9742*	3,2209	30,8307
FDA	58,2402	69,1896**	51,2689	30,3138
CELU	50,4950	63,6946**	68,5848	27,1990
HEMI	1,5857	2,1823*	28,7892**	0,6337
LIG	0,2984	0,7738*	1,2575	0,3395

PB: proteína bruta; CCEL: conteúdo celular; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CELU: celulose; HEMI: hemicelulose; LIG: lignina; *, **: significativo pelo teste F a 5 e 1%, respectivamente;

Os teores de PB variaram entre 6,55 e 9,36%, sendo o maior valor observado para os genótipos 14F21028 e 13F26005, que não diferiram estatisticamente dos genótipos 13F23005, 13F23019, 13F23020 e das testemunhas BRS 655 e Volumax (Tabela 2). Já o menor valor foi registrado para o genótipo 14F20019.

As variações observadas na PB podem ser atribuídas a diferenças na constituição genética dos genótipos experimentais e à proporção de panículas dos mesmos. Segundo Antunes *et al.* (2007) o sorgo pode apresentar teor de proteína de até 18% em seus grãos. Assim, genótipos com maior quantidade de panículas também serão os mais ricos em PB. Lima *et al.* (2017) encontraram 7,70% de PB para o Volumax e 9,82% para o BRS 655.

Tabela 2 – Teores de proteína bruta (PB) e conteúdo celular (CCEL) em genótipos de sorgo para produção de silagem, em dois anos de avaliação

Genótipo	PB	CCEL
13F23019	8,09 ab	40,74 ab
14F20005	6,93 b	38,92 abc
13F26005	9,36 a	44,13 a
13F26006	6,99 b	35,22 bc
14F20019	6,55 b	37,69 abc
13F23005	8,38 ab	38,17 abc
13F23020	7,99 ab	34,04 bc
14F21021	6,73 b	35,58 bc
14F21028	9,36 a	34,42 bc
BRS 655	7,85 ab	38,18 abc
Volumax	7,70 ab	32,55 c
Média	7,81	37,24
CV (%)	12,50	8,90

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Macedo *et al.* (2012) avaliaram o híbrido BR 601 de sorgo forrageiro sob diferentes doses de adubação nitrogenada (0, 50, 100, 150 e 200 Kg de N.ha⁻¹). Os teores de PB encontrados aumentaram linearmente de acordo com a adubação, apresentando valores de 4,99, 4,73, 5,51, 5,65 e 6,23%, sendo o maior teor encontrado por estes autores, inferior ao registrado para o genótipo 14F20019, o mais baixo do estudo.

Todos os genótipos avaliados apresentaram teores próximos do mínimo recomendado para ruminantes, que é de 6 a 7% da MS (Van Soest, 1994). Medeiros & Marino (2015) ressaltam que a nutrição proteica é de suma importância para os animais e que há muitas situações em que a proteína pode ser o nutriente mais limitante à produção animal, principalmente para adequada atividade dos microrganismos do rúmen. De acordo com Silva *et al.* (2016), o fornecimento inadequado de proteína na dieta de ruminantes pode reduzir a produção de leite, além de alterar o desempenho reprodutivo.

Os teores de CCEL variaram de 32,55% a 44,13% sendo que a testemunha Volumax foi a que apresentou menor valor. Já o maior valor foi registrado para o genótipo 13F26005, que não diferiu estatisticamente de 13F23019, 14F20005, BRS 655, 13F23005 e 14F20019. A avaliação do CCEL é pouco usual na nutrição animal, mas pode fornecer informações importantes sobre a presença de compostos com maior digestibilidade na planta.

O conteúdo celular inclui nutrientes de maior solubilidade e digestibilidade, como as frações mais solúveis da proteína, das cinzas, o extrato etéreo e carboidratos de alta solubilidade (sacarose, frutanas) e de solubilidade intermediária (amido) (Mello & Nörnberg, 2004). Nesse sentido, plantas com maior CCEL podem apresentar vantagens nutricionais em relação às demais.

A ocorrência de elevado CCEL é um indicativo principalmente da presença de amido proveniente dos grãos em meio à forragem. Assim, espera-se que as plantas com maior CCEL sejam mais ricas em grãos. Moraes *et al.* (2013) analisaram os carboidratos não estruturais de diferentes sorgos no momento da ensilagem, sendo dois híbridos comerciais (AG 2005E e Sorgo Dow F305) e dois experimentais (Sorgo XBS 60451 e Sorgo XBS 60015), e obtiveram teores de 15,55, 21,04, 29,09, 21,99%, respectivamente. De acordo com os autores, o maior teor de carboidratos não estruturais indica boa participação do amido e carboidratos solúveis, que são características importantes na nutrição animal, pois contribuem sobremaneira com a quantidade de nutrientes digestíveis totais.

Avelino *et al.* (2011) avaliaram os teores de carboidratos não fibrosos de dois híbridos de sorgo, Volumax e AG2005, em diferentes espaçamentos (1,0, 0,75 e 0,5 m) e encontraram valores de 30,50; 28,22; e 25,00% no Volumax, e 23,79; 26,77; e 24,97% no AG2005.

Assim como a proteína, as fibras representam componente indispensável da dieta de ruminantes, já que estimulam o processo de ruminação e produção de saliva e, dependendo da sua qualidade, podem influenciar o tempo de retenção da digesta. De acordo com Alves *et al.* (2016), a fibra no balanceamento das rações recebe termos diferenciados, de acordo com suas características de solubilidade e degradação, como as fibras em detergente neutro e ácido.

Os teores de FDN dos genótipos estudados variaram entre 67,45% e 55,87%. Os genótipos que apresentaram maior e menor teor de FDN foram o Volumax e o 13F26005, assim como os valores de FDA. Lima *et al.* (2017), avaliando os mesmos genótipos,

encontraram valores inferiores de FDN para o Volumax e BRS 655, sendo 44,17% e 57,28%, respectivamente.

Tabela 3 – Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em genótipos de sorgo para produção de silagem, em dois anos de avaliação

Genótipo	FDN	FDA
13F23019	59,26 bc	33,58 bc
14F20005	61,08 abc	34,38 bc
13F26005	55,87 c	29,21 bc
13F26006	64,78 ab	37,69 ab
14F20019	62,31 abc	37,00 ab
13F23005	61,83 abc	35,13 abc
13F23020	65,96 ab	39,56 ab
14F21021	64,42 ab	38,85 ab
14F21028	65,58 ab	38,58 ab
BRS 655	61,82 abc	35,57 abc
Volumax	67,45 a	41,55 a
Média	62,76	36,46
CV (%)	5,3	9,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

O menor teor de FDN (55,87%) foi registrado para o genótipo 13F26005, que não diferiu estatisticamente de 13F23019, 14F20005, BRS 655, 13F23005 e 14F20019. Nota-se que as plantas com menor conteúdo de fibra apresentaram, também, maiores teores de PB e CCEL, o que se deve principalmente à presença de paredes celulares mais finas e a maior presença de grãos.

Magalhães *et al.* (2010) avaliaram a produção de 25 híbridos de sorgo de duplo propósito, sendo 22 híbridos experimentais e três testemunhas comerciais, dentre esses o Volumax, e obtiveram teores de FDN variando entre 59,03% e 73,40%. O teor encontrado no Volumax foi próximo ao do presente trabalho, 67,33%.

Oliveira *et al.* (2010) avaliaram a composição bromatológica do sorgo-sudão e sorgo forrageiro (BR 601) e encontraram teores de FDN de 61,8% e 56,9%, respectivamente. Já Singh *et al.* (2017) avaliaram a composição química de quatro variedades de sorgo cultivados na Índia (CSV20, Pant Chari 5, PKV 809 e CSV 17) e obtiveram 77,1%, 74,5%, 73,1% e 73,5% de FDN, respectivamente.

A FDN é composta por carboidratos de baixa degradação e lenta passagem pelo rúmen, devido a estes fatores, dietas com altos teores de FDN podem provocar redução na ingestão de matéria seca total, em função do enchimento do rúmen provocado pela quantidade de fibra (Alves *et al.*, 2016).

Os teores de FDA variaram de 41,55% a 29,21%, sendo que o de menor valor, encontrado no genótipo 13F26005, não diferiu estatisticamente dos genótipos 13F23019 e 14F20005. O Volumax apresentou maior teor de FDA, seguido dos genótipos 13F23020, 14F2102, 14F21028, 13F26006, 14F20019, BRS 655 e 13F23005. O conteúdo de FDA do alimento está diretamente ligado à digestibilidade do mesmo, já que FDA inclui a celulose e a lignina, frações de menor solubilidade da fibra. De acordo com Oliveira *et al.* (2010), essa fração pode indicar o valor energético do alimento, pois quanto menor o teor de FDA, maior será seu valor energético.

No trabalho conduzido por Lima *et al.* (2017) os valores obtidos de FDA foram de 37,29% para o BRS 655, e 44,17% para o Volumax, sendo próximos aos observados neste estudo. Já os teores de FDA encontrados por Magalhães *et al.* (2010) foram inferiores, variando entre 32,46 e 35,94%, sendo que no Volumax o valor encontrado foi de 33,94%.

No trabalho de Macedo *et al.* (2012), sob diferentes doses de adubação nitrogenada (0, 50, 100, 150 e 200 Kg de N.ha⁻¹), os teores de FDA encontrados no híbrido de sorgo BR 601, de característica forrageira e porte alto, foram de 49,84%, 53,27%, 51,51%, 52,90% e 51,96%.

De acordo com Alves *et al.* (2016), a fibra tem grande função no equilíbrio e funcionamento do rúmen, porém inclui componentes vegetais de baixa degradabilidade. Esses componentes são representados pela hemicelulose, celulose e lignina, sendo a lignina e a celulose, as que apresentam maior resistência à degradação.

O genótipo 14F21028 (Tabela 4) apresentou o maior teor de lignina e não diferiu estatisticamente dos genótipos 13F26006 e 13F23020. As testemunhas BRS 655 e Volumax apresentaram teores de LIG semelhantes. O genótipo 13F23019 foi o que apresentou menor teor, com 5,12%. A lignina representa a fração insolúvel da fibra que não pode ser degradada ao longo do tempo de retenção no trato gastrintestinal dos bovinos. Ferreira *et al.* (2015), avaliando híbridos de sorgo com capim-sudão, observaram teores de LIG inferiores aos do presente trabalho, sendo 3,69% para o BR 800, 2,49% para o BRS 810 (*bmr*), e 4,42% para o

BRS 802. No trabalho conduzido por Lima *et al.* (2017), a testemunha Volumax apresentou teor de LIG superior ao do presente trabalho (6,51%) e o BRS 655, inferior (5,51%).

Tabela 4 – Teores de lignina (LIG), celulose (CELU) e hemicelulose (HEMI) em genótipos de sorgo para produção de silagem, em dois anos de avaliação

Genótipo	LIG	CELU	HEMI
13F23019	5,12 c	28,46 bc	25,68 bcd
14F20005	5,61 bc	28,77 bc	26,70 abc
13F26005	5,61 bc	23,60 c	26,66 abcd
13F26006	6,04 ab	31,65 ab	27,10 a
14F20019	5,39 bc	31,61 ab	25,31 d
13F23005	5,71 bc	29,43 b	26,70 abc
13F23020	5,86 abc	33,70 ab	26,40 abcd
14F21021	5,70 bc	33,15 ab	25,57 cd
14F21028	6,54 a	32,04 ab	27,00 ab
BRS 655	5,74 bc	29,83 ab	26,26 abcd
Volumax	5,75 bc	35,81 a	25,90 abcd
Média	5,73	30,73	26,30
CV (%)	6,20	10,6	2,29

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Variações nos teores de lignina podem estar associadas à presença de grande quantidade de colmos na forragem. Segundo trabalho conduzido por Oliveira *et al.* (2010), as forragens que apresentaram maior porcentagem de colmos também apresentaram maiores teores dos componentes associados à parede celular vegetal. Deve-se ressaltar que a presença de maiores quantidades de LIG, por si só, já representa maior quantidade de tecidos indigestíveis. Porém, a lignina também afeta a extensão da degradação da celulose, sendo que quanto mais lignina, menor a degradação da celulose. Ainda, de acordo com Neumann *et al.* (2002), valores altos de lignina indicam baixa participação das panículas na massa de forragem.

A testemunha Volumax foi a que apresentou maior teor de CELU (35,81%), não diferindo estatisticamente da maioria dos genótipos em estudo (Tabela 4). Já os genótipos 13F26005, 14F20005 e 13F23019 não diferiram entre si e apresentaram os menores teores de CELU, com 23,60%, 28,46% e 28,77%, respectivamente. No trabalho de Oliveira *et al.* (2010), os teores de CELU encontrados no sorgo-sudão e sorgo forrageiro (BR 601), foram de 38,4% e 35,8%, sendo superiores aos teores observados no presente estudo. Os autores afirmam que o teor de

celulose está relacionado aos teores de FDN e FDA, já que este é um componente dessas frações. Singh *et al.* (2017) encontraram teores de 34,6%, 32,9%, 32,3% e 33,8% de CELU, nas variedades CSV20, Pant Chari 5, PKV 809 e CSV 17.

Para a característica HEMI, os teores encontrados variaram entre 25,31% e 27,10%, sendo que os genótipos que apresentaram maior e menor teor foram 13F26006 e 14F20019. Os teores de HEMI encontrados por Oliveira *et al.* (2010) não diferiram significativamente entre o sorgo-sudão e sorgo forrageiro (BR 601), sendo, 15,6% e 15,7%, respectivamente. No trabalho conduzido por Avelino *et al.* (2011), os teores de HEMI encontrados, em diferentes espaçamentos (1,0; 0,75; e 05, m), foram de 23,32 21,81 26,85%, respectivamente no Volumax, e 28,95 28,71 31,05%, respectivamente no AG2005.

Gomes *et al.* (2006) avaliaram diferentes cultivares de sorgo forrageiro, dentre esses o Volumax, que apresentou teor inferior (20,80%) ao encontrado no presente trabalho (25,90%), e observaram o maior teor de HEMI para o genótipo 0698005 (24,60%). Segundo os autores, a hemicelulose é uma reserva de carboidratos e fornece energia para os microrganismos presentes no rúmen do animal.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, somente foi verificado efeito significativo de ano para o teor de HEMI. No primeiro ano de cultivo o teor médio de HEMI foi de 26,96% e no segundo ano, de 25,64%. Esta diferença pode ser atribuída às alterações na composição química da parede celular, devido às possíveis modificações climáticas ambiente, como temperatura, luminosidade e fotoperíodo, influenciando de maneira diferente o desenvolvimento das plantas.

Conclusões

Os genótipos experimentais de sorgo silageiro testados são diferentes entre si quanto à composição bromatológica da biomassa.

Os genótipos 13F26005 e 13F23019 apresentam melhor perfil bromatológico entre os demais, com os menores teores de FDN e FDA, e maiores teores de PB e CCEL.

Agradecimentos

Ao programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, pelo fornecimento dos genótipos experimentais e à Universidade Federal de São João del-Rei pelo grande apoio na condução do trabalho.

Referências

ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B.; TRAJANO, J. S.; DA SILVA, C. M. GOIS, G. C. Fibra para ruminantes: aspecto nutricional, metodológico e funcional. **PUBVET**, v. 10, n. 7, p. 513-579, 2016.

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. RECOMENDAÇÕES para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. p. 314–316. Viçosa, 1999.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.5, p.1351-1354, 2007.

AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L.; ALEXANDRINO, E.; BOMFIM, M. A. D.; RESTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 208-215, 2011.

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

FERREIRA, D. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; JAYME, D. G.; SALIBA, E. O. S.; PIRES NETO, O. S.; CRUZ, D. S. G.; MAGALHÃES, F. A.; RIBEIRO JUNIOR, G. O.; VELASCO, F. O. Valor nutricional de híbridos de sorgo para corte e pastejo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) em diferentes fases fenológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 337-390, 2015.

GOMES, S. O.; PITOMBEIRA, J. B.; NEIVA, J. N. M.; CANDIDO, M. J. D. Comportamento agrônomo e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México. Fundo de Cultura Econômica, 1948.

LIMA, L. O. B.; PIRES, D. A. A.; MOURA, M. M. A.; RODRIGUES, J. A. S.; TOLENTINO, D. C.; VIANA, M. C. M. Agronomic traits and nutritional value of forage sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 7-12, 2017.

MACEDO, C. H. O.; DA SILVA, T. C.; DE ANDRADE, A. P.; DA SILVA, D. S.; SILVA, A. P. G.; DE OLIVEIRA, J. S. Produção e composição bromatológica do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 209-216, 2012.

MAGALHÃES, R. T. *et al.* **Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 5p.

MARTEN, G.C.; SHENK, J.S.; BARTON II, F.E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis quality**. Washington: USA, 1985.110 p. Agriculture Handbook, 643.

MEDEIROS, S.R., MARINO, C. T. **Proteínas na nutrição de bovinos de corte**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, 2015. 18p.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1537-1542, 2004.

MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p. 624-634, 2013.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M.Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L.A.O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.302-312, 2002.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARVALHO, G. G. P.; RIVEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.

REZENDE, G. M., PIRES, D. A. D. A., BOTELHO, P. R. F., JÚNIOR, V. R. R., SALES, E. C. J., JAYME, D. G.; MOREIRA, P. R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011.

SILVA, V. L. BORGES, I.; ARAÚJO, A. R.; COSTA, H. H. A.; ALVES FILHO, F. M.; INÁCIO, D. F. S.; PAIVA, P. D. A.; ALCÂNTARA, P. B. X. Importância da nutrição energética e proteica sobre a reprodução em ruminantes. **Revista Acta Kariri - Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, 2016.

SINGH, S.; BHAT, B. V.; SHUKLAC, G. P.; GAHARANA, D.; ANELE, U. Y. Nutritional evaluation of different varieties of sorghum stovers in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 227, n. 1, p. 42-51, 2017.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução desse estudo gerou informações importantes a respeito dos novos genótipos que estão sendo estudados pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e, também, das cultivares que estão no mercado.

Através da avaliação da composição bromatológica da forragem, pôde-se observar quais genótipos se destacaram em relação aos demais, nos aspectos que compõem o perfil bromatológico da forragem oferecida aos animais. Assim, torna-se possível optar por aqueles que, além de elevada produção, fornecem alimento com composição favorável à formulação de dietas que maximizem o desempenho.

Portanto, a realização de novos estudos sobre os genótipos que vem sendo criados no mercado é muito importante, para que o produtor consiga escolher de forma correta o alimento fornecido aos seus animais.