



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE
SORGO SACARINO IRRIGADOS NO OUTONO-INVERNO E
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO BAGAÇO RESIDUÁRIO**

EDILANE SANTOS DUTRA

2012

EDILANE SANTOS DUTRA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE
SORGO SACARINO IRRIGADOS NO OUTONO-INVERNO E
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO BAGAÇO RESIDUÁRIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador:

Prof. Dr. Dorismar David Alves

**UNIMONTES MG
MINAS GERAIS BRASIL
2012**

D978c Dutra, Edilane Santos.
Características agronômicas de genótipos de sorgo sacarino irrigados no outono-inverno e composição química do bagaço residual [manuscrito] / Edilane Santos Dutra. – 2012.
57 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2012.

Orientador: Prof^o. DSc. Dorismar David Alves.

1. Crescimento invernal. 2. Sorgo sacarino. 3. Valor nutricional. I. Alves, Dorismar David. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

EDILANE SANTOS DUTRA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE
SORGO SACARINO IRRIGADOS NO OUTONO-INVERNO E
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO BAGAÇO RESIDUÁRIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 31 de agosto de 2012.

Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires - UNIMONTES

Prof. Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales - UNIMONTES

Prof. Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella - EMBRAPA

Prof. Dr. Dorismar David Alves
UNIMONTES
(Orientador)

UNIMONTES
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Marlene e Divino, pelo incentivo incondicional em todos os momentos nos quais precisava de apoio e conselho, pela confiança depositada em mim e pelo amor e carinho que sempre me dedicaram.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo e força nos momentos de dificuldades.

Ao meu namorado, Josedete, que sempre esteve a meu lado, pela paciência e amor dedicado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força para realização de mais esta conquista cercada de tantos que amo.

Às amigas Poliana e Benara, sinceras companheiras, pela ajuda no árduo trabalho de campo.

Ao professor David, pela amizade, paciência, orientação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos.

À Universidade Estadual de Montes Claros e ao Departamento de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES, pela bolsa de estudo.

À Embrapa Milho e Sorgo, pelo apoio estrutural necessário para a realização deste trabalho, em especial aos pesquisadores Rafael Parrella e Arley.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UNIMONTES, Messias, Valmir, Sr. Joaquim, pela força e contribuição no trabalho pesado.

Enfim a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!!!

“Bom mesmo é ir a luta com determinação, abraçar a vida com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve... E a vida é muito para ser insignificante.”

Charles Chaplin

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	Erro! Indicador não definido.
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1. A cultura do sorgo.....	6
2.2. Classificação	8
2.3. Potencial do sorgo sacarino	11
2.4. Características agronômicas da planta do sorgo	15
2.5. Características nutricionais do resíduo do sorgo.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido. 21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÕES	Erro! Indicador não definido. 37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Resultados médios de altura de plantas e produtividade de matéria seca e respectivos coeficientes de variação (CV) de genótipos de sorgo sacarino. Nova Porteirinha–MG, 2011.....	23
TABELA 2	Resultados médios de porcentagem de folha, colmo e panícula na matéria seca de genótipos de sorgo sacarino e respectivos coeficientes de variação (CV). Nova Porteirinha–MG, 2011.....	24
TABELA 3	Resultados médios da produtividade de caldo e °Brix de genótipos de sorgo sacarino com respectivos coeficientes de variação (CV). Nova Porteirinha–MG, 2011.....	26
TABELA 4	Teores médios de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) do resíduo de genótipos de sorgo sacarino, com respectivos coeficientes de variação (CV). Nova Porteirinha–MG, 2011.....	27
TABELA 5	Correlações simples de produtividade de caldo, teor de sólidos solúveis totais (°BRIX), altura de planta (ALT), produtividade de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), porcentagens de folha (FOLHA), colmo (COLMO) e panícula (PANÍCULA) na matéria seca de genótipos de sorgo sacarino. Nova Porteirinha–MG, 2011.....	31

RESUMO

DUTRA, EDILANE SANTOS. **Características agronômicas de genótipos de sorgo sacarino irrigados no outono-inverno e composição química do bagaço residuário.** 2012. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG, Brasil.¹

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no município de Nova Porteirinha no Norte de Minas Gerais. O experimento foi realizado no laboratório de bromatologia da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, com o objetivo de avaliar as características agronômicas de genótipos de sorgo sacarino irrigados no outono-inverno e composição química do bagaço residuário na região norte de Minas Gerais. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições, e 10 genótipos de sorgo sacarino provenientes do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, sendo BR501-Brandes, BR504, BR505-Wray, BRS506, CMSXS629, CMSXS633, CMSXS634, CMSXS635, CMSXS642 e o CMSXS646. Foram avaliados os parâmetros de altura de plantas, produtividade de matéria seca, porcentagem de colmo, folha e panículas na matéria seca, produtividade de caldo e o teor de sólidos solúveis totais presente no caldo. Foram analisados matéria seca (MS), matéria Mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Para a produção de etanol e do bagaço residuário para alimentação de ruminantes, os genótipos mais indicados são o BR505 e CMSXS633, por apresentarem características de elevada produtividade de matéria seca, de caldo e de teor de sólidos solúveis totais, associadas às melhores características químicas do bagaço, em especial baixos valores de FDA.

Palavras-chave: valor nutricional, produtividade, crescimento invernal.

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. Dr. Dorismar David Alves – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador)

ABSTRACT

DUTRA, EDILANE SANTOS. Agronomic characteristics of genotypes of sweet sorghum irrigated in the autumn-winter and chemical composition of the bagasse. 2012. 57 f. Dissertation (Master's degree in Animal Science). Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG, Brazil.¹

The experiment was carried out at Experimental farm of EMBRAPA Milho e Sorgo in the municipal district of Nova Porteirinha in the North of Minas Gerais. The experiment was accomplished at laboratory of Bromatology of the Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES in order to evaluate the agronomic characteristics of genotypes of sweet sorghum irrigated in the autumn-winter and chemical composition of the bagasse in the North of Minas Gerais. The experimental design was in blocks at random with three repetitions, and 10 genotypes of sweet sorghum from the genetic breeding program of Embrapa Milho e Sorgo, being ‘BR501-Brandes’, ‘BR504’, ‘BR505-Wray’, ‘BRS506’, ‘CMSXS629’, ‘CMSXS633’, ‘CMSXS634’, ‘CMSXS635’, ‘CMSXS642’ and ‘CMSXS646’. They were evaluated the parameters of plants height, dry matter yield, percentage of stem, leaves and panicles in the dry matter, juice productivity and total solids soluble content in the juice. They were analyzed dry matter (DM), mineral matter (MM), ether extract (EE), crude protein (CB), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) and acid detergent insoluble nitrogen (ADIN). For ethanol production and bagasse for ruminant feeding, the most suitable genotypes are BR505 and CMSXS633, because they present characteristics of high productivity of dry matter, juice and total soluble solids content, associated to better chemical characteristic of bagasse, especially low values of ADF.

Keywords: nutritional value, productivity, winter growth.

¹ Guidance Committee: Prof. Dr. Dorismar David Alves– Departament of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser) -

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo e é considerado o país com maior potencial de crescimento produtivo, pois conta com uma imensa área apta à agricultura e à pecuária. A região do norte de Minas Gerais tem papel significativo com 2,9 milhões de cabeças de bovinos (IBGE, 2009).

O principal fator que limita o desenvolvimento da agropecuária na região é a escassez de forrageira de boa qualidade na maior parte do ano, o que é devido ao clima semiárido com baixos índices pluviométricos e à má distribuição das chuvas. Dessa maneira, fica clara a necessidade de fontes alternativas de forragem de boa qualidade no período de escassez.

A cultura do sorgo dentro deste contexto merece destaque, visto que é altamente adaptada às condições tropicais por possuir características xerófilas e mecanismo eficiente de tolerância ao deficit hídrico, sendo uma alternativa viável para a produção de forragem. Outra importante característica dessa cultura é que ela é indicada para o processo de ensilagem devido as suas características fenotípicas as quais determinam facilidade de semeadura, manejo, colheita e armazenamento.

O sorgo é uma cultura em que todo seu processo de produção pode ser mecanizado, reduzindo seu custo de produção, além disso, o sorgo possui valores nutritivos equivalentes ao milho. Neumann *et al.* (2002), comparando a produtividade de milho e sorgo para forragem, verificaram grande desempenho do sorgo na produtividade de matéria verde e também na qualidade de sua silagem. Esta espécie é recomendada principalmente em regiões onde o cultivo do milho sofre limitações edafoclimáticas. Um tipo de sorgo que vem sendo considerado promissor é o sacarino por apresentar alta produção de matéria verde e seca. Esse tipo de sorgo possui colmos com caldo e rico em açúcares,

podendo ser utilizado como matéria-prima para a produção de etanol nas mesmas destilarias que processam a cana, e o bagaço, juntamente com os grãos produzidos nas panículas, pode ser utilizado como fonte de alimento para bovinos.

A qualidade do volumoso é dada pelo seu valor nutritivo, representado pela composição química do alimento, pela digestibilidade de seus constituintes, consumo voluntário e desempenho do animal (MAGALHÃES *et al.*, 2005).

Os trabalhos sobre a composição química do bagaço de sorgo sacarino dirigidos para a produção animal são escassos. Em geral, os resíduos culturais apresentam limitada disponibilidade de nutrientes, principalmente por se tratar de alimentos com altos teores de fibra de baixa degradabilidade. Assim, torna-se necessário mais estudos para viabilizar a inclusão desses na alimentação animal.

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar as características agronômicas de genótipos de sorgo sacarino irrigados no outono-inverno e composição química do bagaço residuário na região norte de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do sorgo

O sorgo é uma planta da família Poaceae, do gênero *Sorghum*, e da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench. É uma das culturas mais importantes do mundo agrícola sendo o quinto cereal mais cultivado, vindo depois do trigo, arroz, milho e cevada e constitui a maior fonte de alimento e de rações na África e Oriente Médio (SOUZA *et al.*, 2005).

O sorgo tem se tornado uma alternativa para alimentação animal, especialmente em regiões de baixa disponibilidade de água, por apresentar sementes ricas em proteínas, vitaminas, hidrato de carbono e sais minerais, além de produzir plantas com elevado volume de massa verde e que apresentam tolerância à seca e à alta temperatura (CARVALHO *et al.*, 2000).

O sorgo é uma planta C4 com altas taxas fotossintéticas e fotorrespiração reduzida. A maioria dos materiais genéticos de sorgo exige temperaturas superiores a 21 °C para o bom crescimento e desenvolvimento, sendo que a planta tolera mais o déficit de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo (MAGALHÃES *et al.*, 2003).

O sorgo é sensível ao fotoperíodo, o qual pode ser definido como a resposta do crescimento a duração dos períodos, de luz e escuro. O comprimento do dia varia de acordo com a estação do ano e com a latitude. O sorgo é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em noites longas. A maioria dos materiais comerciais de sorgo granífero foi melhorada geneticamente para insensibilidade ao fotoperíodo (MAGALHÃES *et al.*, 2003).

Segundo Camacho *et al.* (2002), o sorgo possui tolerância a períodos de estiagem durante seu ciclo vital e produz colheitas de grãos e massa verde,

economicamente compensadora, em condições de pluviosidade baixa e em solos de baixa fertilidade. Por conseguinte, vem sendo cultivado principalmente em zonas áridas e semiáridas, tornando-se um alimento básico, visto que apresenta um elevado potencial de produção, grande versatilidade e potencial de adaptação a regiões mais secas (NEUMANN et al., 2002).

O sorgo é muito resistente à desidratação devido ao seu sistema radicular fibroso e muito extenso (podendo atingir 1,5 m de profundidade, valor este normalmente 50 % maior que o do milho), ao ritmo de transpiração eficaz (retardamento do crescimento) e características foliares das xerófitas, como a serosidade e a ausência de pilosidade, que reduzem a perda de água da planta. Aliada a estas características há a possibilidade de aproveitamento da rebrota, que pode produzir de 60 a 70 % da MS do primeiro corte (SERRANO, 1971).

O uso do sorgo-grão na alimentação animal é justificado por apresentar características bromatológicas semelhantes às do milho, possui em média 90 a 95% do valor nutritivo do milho, tendo menor percentual de óleo e maior teor de proteína bruta, podendo apresentar-se de 1 a 2% superior, em algumas variedades e pelas características agrônômicas que, entre outras, incluem maior tolerância à seca (BORGES e GONÇALVES, 1997).

No pericarpo dos grãos de sorgo ocorre a presença de compostos fenólicos denominados de taninos, que funcionam como defesa química contra pássaros, patógenos e outros competidores, já que seus grãos não possuem outra proteção física. A presença de tanino no grão de sorgo varia largamente dependendo da constituição genética do material, podendo ocorrer duas classes, tanino condensado e tanino hidrolisável. O tanino condensado é responsável pela inibição de algumas enzimas no sistema digestivo, reduzindo a absorção de alguns nutrientes, principalmente em monogástricos (MAGALHÃES e DURÃES, 2003b).

2.2 Classificação do sorgo

O Sorgo é cultivado em áreas e condições ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é inviável economicamente. É, dentre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação.

De acordo com Miranda e Pereira (2006) e a Embrapa (2008), o sorgo é classificado agronomicamente em quatro grupos - granífero, forrageiro para silagem e/ou sacarino, forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta e o vassoura.

O sorgo granífero é de porte baixo que varia de 1,00-1,70 metros de altura, desenvolvido especialmente para produção de grãos, possui panículas bem desenvolvidas, podendo chegar a 8 t ha⁻¹ de grãos secos. Quando utilizado para silagem, a produção de massa verde é baixa, geralmente abaixo de 30 t ha⁻¹, o que eleva o custo de produção, mas a qualidade da silagem é alta, devido à elevada participação de grãos na massa ensilada. Para compensar o menor porte da planta, elevar a produção de massa verde e reduzir o custo da silagem, recomenda-se aumentar a densidade de plantio, visando obter uma maior população de plantas por hectare na colheita. Esse tipo de sorgo tem uma boa capacidade de rebrota e a produtividade de grãos na rebrota pode alcançar valores médios de 80 % do rendimento obtido na primeira colheita. A intensidade e a produção da rebrota é proporcional à sanidade das plantas na primeira colheita e do número de plantas sobreviventes. O sorgo granífero está entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo, ficando atrás do arroz, trigo, milho e cevada.

O sorgo forrageiro para silagem e/ou sacarino inclui os sorgos de porte alto que variam de 2,50 a 4,00 metros de altura, o que confere a esses genótipos

um alto potencial de produção de massa verde, sendo utilizados para a produção de silagem ou álcool. Existem no mercado várias empresas produzindo genótipos adaptados às diversas condições brasileiras. A produção de massa verde dos genótipos é alta, variando de 50 a 70 t/ha no primeiro corte; eles têm boa rebrota, colhendo-se de 30 a 70 % no segundo corte, dependendo da temperatura, da disponibilidade de água, da fertilidade do solo e adubação. Dos sorgos forrageiros destinados à produção de silagem, existem os tradicionais cuja maior vantagem é o baixo custo da silagem produzida. Entretanto, a qualidade da silagem produzida é inferior a uma boa silagem de milho, devido a uma baixa produção de grãos. Em geral, os sorgos forrageiros de porte alto comercializados no Brasil apresentam colmos suculentos, com alto teor de açúcares, pois são derivados do sorgo sacarino, que são destinados para produção de álcool, além da silagem.

Ao utilizar tais cultivares, o produtor deve atentar para o fato de que, ao fazer a colheita, as plantas se apresentem com 30-35 % de matéria seca, aproximadamente, para evitar a perda de nutrientes por lixiviação, para obter um bom padrão de fermentação, e, conseqüentemente, conseguir uma silagem de boa qualidade. Cultivares de porte alto são muito propensas ao acamamento ou tombamento das plantas, causando sérios prejuízos aos produtores, afetando qualidade e custo da silagem, pela perda de grãos e de folhas, além de dificultar ou impossibilitar a colheita mecanizada. Assim, para minimizar os problemas com acamamento, deve-se trabalhar com densidade de plantio adequada para cada tipo de material.

Os sorgos forrageiros de alta qualidade, conhecidos como sorgo de duplo propósito (grão e forragem), produzem silagem comparável à de milho. São genótipos de porte médio, com plantas variando de 2,00 a 2,30 metros de altura. A produção de massa verde é alta, variando de 40 a 55 t ha⁻¹ com boa produção de grãos (4 a 6 t ha⁻¹), o que confere alta qualidade à silagem. O

rendimento da rebrota desse tipo de sorgo é razoável, variando de 20 a 50 % do obtido no primeiro corte.

O sorgo forrageiro para pastejo/ corte verde/ fenação/ cobertura morta: são variedades de capim-Sudão ou híbridos interespecíficos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*. O capim-Sudão é uma espécie anual, que pode atingir até 3 m de altura, colmos com espessura variando de 3 a 9 mm, folhas de 30 a 60 cm de comprimento e de 8 a 15 mm de largura, panículas com tamanho variando de 15 a 30 cm, que se apresentam abertas quando maduras. O capim-Sudão também se adapta ao clima seco e prospera em locais com baixa disponibilidade de água, embora responda bem à irrigação. As suas sementes apresentam boa germinação, com rápida emergência sob altas temperaturas do solo e do ar, tem melhor capacidade de rebrota que a maioria das gramíneas anuais, permitindo utilizações sucessivas.

Atualmente no Brasil, a área cultivada com sorgo granífero é cerca de 800 mil hectares, o que gerou uma produção de quase dois milhões de toneladas de grãos. A região centro-oeste é responsável por 70 % da produção (IBGE, 2008), advinda em maior parte de plantios de sucessão à cultura da soja.

Quanto ao sorgo forrageiro, a área é de cerca de 410 mil hectares dos quais 65 % estão localizados nas regiões Sul e Sudeste, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor desse tipo agrônômico, com cerca 115 mil hectares plantados na safra de 2008 (APPS, 2009). Já a cultura do sorgo sacarino ainda não é tão expressiva no Brasil, embora tenha se despontado como alternativa para a produção de etanol (PARRELLA, 2009).

2.3 Sorgo sacarino

Uma das preocupações do mundo atual é com o suprimento de energia nas próximas décadas, uma vez que a principal fonte de energia utilizada hoje é

o petróleo, que é um combustível fóssil não renovável. O petróleo representa ainda 40 % da energia utilizada no mundo, e até 2020 o consumo saltará dos atuais 85 milhões de barris dia⁻¹ para 110 milhões de barris dia⁻¹, ou seja, 31 bilhões de barris ano⁻¹ para 40 bilhões de barris ano⁻¹. E ainda os aumentos no preço do petróleo, as perspectivas de esgotamento das reservas, os riscos geopolíticos decorrentes da dependência do petróleo de países politicamente instáveis e os compromissos mais sólidos com a questão ambiental desde a assinatura do Protocolo de Quioto fizeram renascer a atenção nas fontes alternativas de energia (BASTOS, 2007).

A crise do petróleo que se instaurou nas últimas décadas, aliada ao aumento da demanda por combustíveis e à crescente preocupação com o meio ambiente, aumentou a busca por fontes alternativas de energia no Brasil e no mundo. Segundo Borges *et al.* (2010), as pesquisas têm se concentrado no desenvolvimento de novos insumos básicos, de caráter renovável, para a produção de combustíveis que possam substituir os derivados de petróleo, o que coloca a biomassa em uma posição de destaque em razão da sua natureza renovável, ampla disponibilidade, biodegradabilidade e baixo custo.

A utilização da biomassa vegetal como fonte de energia renovável contribui para a redução da emissão de dióxido de carbono no ar atmosférico (ANTCZAK *et al.*, 2009). Dentre os bicombustíveis oriundos da biomassa vegetal destacam-se o etanol e o biodiesel, que podem ser obtidos a partir de culturas como sorgo, milho, cana-de-açúcar e oleaginosas como soja, mamona, girassol, pinhão-manso e palmáceas (ZHAO *et al.*, 2009).

O sorgo sacarino possui uma semelhança com a cana-de-açúcar, uma vez que o armazenamento de açúcares se localiza nos colmos, além de fornecer quantidade de bagaço suficiente para a geração de vapor para a operação industrial. Entretanto, ele difere de maneira acentuada da cana-de-açúcar pelo

fato de ser cultivado a partir de sementes e apresentar um ciclo vegetativo bem mais curto, de 120 a 130 dias (TEXEIRA, 1997).

Além disso, os colmos do sorgo sacarino podem ser processados nas mesmas instalações usadas para produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, proporcionando também resíduo fibroso (bagaço) que pode ser usado como fonte de energia para gerar vapor nas caldeiras (RATNAVATHI *et al.*, 2010) ou na alimentação de ruminantes.

Conforme Oliveira *et al.* (2009), a quantidade de celulose no bagaço do sorgo é de 42,3 % o que torna o sorgo sacarino uma fonte potencial para a produção de álcool através de materiais lignocelulósicos. O teor de lignina do bagaço do sorgo é menor do que o da cana-de-açúcar, podendo, dessa forma, ser utilizado na alimentação de ruminantes com maior aproveitamento digestível que o bagaço da cana-de-açúcar.

O bagaço do sorgo sacarino, segundo Oliveira *et al.* (2009), apresenta a porcentagem de sólidos solúveis totais de 16,5 %, diferindo do bagaço da cana-de-açúcar, de acordo com Silva *et al.* (2007), apresenta sólidos solúveis totais de 2 %.

Além de o sorgo ser excelente alternativa como cereal e cultura forrageira a produtores e pecuaristas de leite e corte, pode ser opção de fonte de matéria-prima complementar a ser fornecida na entressafra a destilarias de produção de etanol da cana-de-açúcar (SOUZA *et al.*, 2005) ou mesmo de outros produtos como aguardente (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2008) e açúcar.

Durante o processamento do sorgo sacarino pelas indústrias, somente os colmos têm sido utilizados na fabricação do álcool. O bagaço e as sementes têm sido descartados e em alguns casos utilizados para a produção animal. Consoante Parrella *et al.* (2010), o sorgo sacarino também produz grãos, em torno de 2 a 5 t ha⁻¹, que podem ser utilizados para a alimentação animal. Nas grandes usinas, o sorgo sacarino está sendo colhido com os grãos e após a

moagem obtém-se um bagaço misturado com grãos, que pode ser utilizado para confecção de silagens para alimentação de bovinos.

Ao lado da cana-de-açúcar, que é tradicionalmente empregada na produção de etanol, o sorgo sacarino apresenta-se como uma ótima opção sob os pontos de vista agrônomo e industrial. Esta cultura deve merecer atenção dentre os objetivos propostos no Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 (OLIVEIRA e RAMALHO, 2006), principalmente pelas características reveladas no Brasil e em outros países, como os Estados Unidos e Índia.

O sorgo sacarino pode oferecer, dentre outras, as seguintes vantagens: rapidez no ciclo (quatro meses), cultura totalmente mecanizável (plantio por sementes, colheita mecânica), colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis (produção de 40 a 60 t ha⁻¹), utilização do bagaço como fonte de energia para industrialização, cogeração de eletricidade, etanol ou forragem para animais, contribuindo para um balanço energético favorável, cultura tolerante à seca e baixa fertilidade. E ainda, o Brasil oferece condições climáticas adequadas para permitir a obtenção de duas colheitas por ano e até três colheitas em regiões quentes e sob irrigação, tornando a cultura competitiva mesmo com a cana-de-açúcar na produção total de álcool/ha/ano.

A produtividade média brasileira de biomassa verde da cana-de-açúcar é de 81,59 t ha⁻¹, e a região Centro-Sul do Brasil apresenta as maiores produtividades, 86,03 t ha⁻¹ (CONAB, 2010). Em áreas de primeiro corte da cana e de maior fertilidade, é possível conseguir maiores níveis de produtividade como as obtidas por Azevedo *et al.* (2003), que variaram de 96,4 a 117,6 t ha⁻¹ de matéria verde. Contudo, esta produtividade tende a cair gradativamente do primeiro até o quinto ou sexto corte.

A produtividade de etanol utilizando a cana está em torno de 70 l por tonelada de biomassa verde, já a produtividade de etanol com sorgo sacarino varia em torno de 40 a 70 l de etanol por tonelada de biomassa verde,

dependendo da qualidade da biomassa, diâmetro de colmo, maturidade, entre outros (PARRELLA *et al.* 2010). Lima *et al.* (2010), trabalhando com sorgo sacarino constataram uma produtividade de caldo e matéria verde variando de 5,787 a 14,930 l ha⁻¹ e 40,850 a 67,574 t ha⁻¹ respectivamente. Essa baixa produtividade de caldo pode ser decorrente do método de extração artesanal do caldo que é de baixa eficiência.

É importante ressaltar que a cana é colhida com um ano ou um ano e meio, e o ciclo do sorgo sacarino é de no máximo 120 dias. Desse modo, é possível obter 2 ou 3 safras por ano de sorgo sacarino e, considerando a produtividade média dos ensaios por ciclo de 46,36 t ha⁻¹ (PARRELLA *et al.* 2010). Vale ressaltar que a concentração de sólidos solúveis totais (Brix) tem sido largamente empregada pelas indústrias de produção de açúcar e álcool como principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares presentes no caldo (TSUCHIHASHI *et al.* 2004). Assim, pode-se concluir que o sorgo sacarino é uma cultura bastante competitiva com a cana-de-açúcar por possuir altos teores de Brix e boas produtividades de caldo.

2.4 Características agronômicas do sorgo

Segundo Jaremtchuk *et al.* (2005), as características agronômicas são determinantes na avaliação da qualidade e no custo da forragem a ser ensilada, afetando a eficiência da produção no campo. Portanto, deve-se escolher, de forma criteriosa, as cultivares a serem trabalhadas dentro de um sistema de produção, visando a adequação de todos os aspectos produtivos da planta às características locais tais como fertilidade do solo, disponibilidade de chuvas e finalidade do sistema produtivo.

Diversos trabalhos mostraram larga amplitude na produtividade do sorgo, variando em função da época de semeadura, das condições ambientais

durante o período de cultivo e do grande número de variedades existentes (PEREIRA, 1991; DEMARCHI *et al.*, 1995; VALENTE, 1992). Em sistemas de sucessão de culturas, o sorgo granífero pode ser plantado após as colheitas das culturas de verão, o que normalmente ocorre em fevereiro e início de março. Esta alternativa tem sido cada vez mais utilizada, principalmente devido às características do sorgo quanto a tolerância à escassez de chuvas, o que deve favorecer o uso do solo, garantindo melhores resultados econômicos à atividade.

As cultivares de sorgo forrageiro disponíveis atualmente no mercado são adaptadas para produção de silagem e para corte verde, e caracterizam-se por possuir colmos suculentos, boa produção de grãos e altura variando entre dois a três metros (MONTAGNER *et al.* 2005). Magalhães *et al.* (2003), referindo-se aos tipos de sorgo produzidos no Brasil, afirmam que a altura da planta é importante para sua classificação, podendo variar desde 40 cm até 4 m. A altura do caule até o extremo da panícula varia segundo o número e a distância dos entrenós, e também segundo o pedúnculo e a panícula.

Quanto à produção de matéria seca por hectare, vários estudos têm apontado grandes produções para o sorgo, que atinge rendimentos aproximados à cultura do milho quando são comparados os primeiros cortes. Quando se inclui a produção alcançada com o rebrote, que geralmente fica em torno de 60 % do primeiro corte, o sorgo alcança produção superior por área (MAGALHÃES *et al.* 2003).

Oliveira *et al.* (2002), testando estabilidade e produção de diversos cultivares destinados à produção de silagem, encontraram valores de produção de matéria seca para AG-2002 de até 22,76 t/ha, com maior estabilidade em diferentes condições de plantio e Volumax com 20,83 t/ha, que obteve melhor desempenho em locais mais favoráveis.

Avaliando os aspectos agronômicos de genótipos de sorgo, Chiesa *et al.* (2008) registraram, para a porcentagem de folha na matéria verde, que a maior

produção foi para o BR101 (16,38 %) em relação aos demais genótipos. O AG2005E (14,05 %) produziu relativamente maior quantidade que o AG60298 (4,76 %). A proporção de colmo na matéria verde foi maior para o AG60298 (81,55 %), em relação aos demais genótipos, sendo que o AG2005E e o BR101 tiveram proporções de 56,59 e 59,53 %, respectivamente. A proporção de panícula na matéria natural foi superior para o AG2005E em relação ao AG60298 e ao BR101, com valores de 4,97; 2,24 e 2,00 %, respectivamente. Em relação à altura de planta, o AG2005E, AG60298 e o BR101 não apresentaram diferença significativa, sendo suas alturas de 1,72, 2,16 e 2,52 m, respectivamente.

As proporções entre folha, colmo e panícula podem ser um indicador do valor nutritivo da planta e a variação dessas proporções decorre da grande variabilidade genética dos materiais (ZAGO, 1997).

2.5 Características nutricionais do sorgo

A qualidade do volumoso é dada pelo seu valor nutritivo, representado pela composição química do alimento, pela digestibilidade de seus constituintes, consumo voluntário e desempenho do animal (MAGALHÃES *et al.*, 2005).

Independente dos níveis nutricionais da planta de sorgo em relação a outras forrageiras, dentro da espécie *Sorghum bicolor* existe variabilidade muito grande de composição devido aos muitos híbridos existentes e suas aptidões produtivas: grão, forrageiro ou duplo propósito. Portanto, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos para caracterização do conteúdo nutricional desses diferentes híbridos (NEUMANN *et al.* 2004).

Nos sorgos, o teor de matéria seca varia com a idade de corte e com a natureza do colmo da planta (CARVALHO *et al.*, 1992). Conforme Zago (1991), híbridos de sorgo com colmo seco, geralmente elevam o teor de matéria

seca mais precocemente com a maturação. Esse autor encontrou para o sorgo AG 2002, de colmo suculento, 21,1; 24,9; 30,9 e 29,3 % de matéria seca nos estádios de grãos leitosos, pastosos, farináceos e duros, respectivamente. Já para o sorgo AG 2005E de colmo seco, 29,1; 33,4; 38,7 e 48,9 % de matéria seca respectivamente para os mesmos estádios citados anteriormente.

Pedreira *et al.* (2005), ao avaliarem oito híbridos de sorgo, constataram teores de matéria seca das plantas no momento do corte que variaram de 31,80 a 34,80 % de MS.

Skonieski *et al.* (2010), mensurando a produção e o valor nutritivo de silagens de sorgo forrageiro e duplo propósito, registraram, para os materiais forrageiros, valor de 33,01 % de MS. Já para os materiais de duplo propósito observaram valor de 38,22 % de MS.

Segundo Van Soest (1994), o valor proteico de 6 % é o mínimo necessário para um bom desenvolvimento dos microrganismos ruminais, garantindo uma boa degradação do alimento ingerido. Os teores de proteína bruta (PB) das plantas de sorgo podem variar bastante, atingindo valores de 2,5 a 13,6 % (GAGGIOTTI *et al.*, 1992). Essas variações, consoante Gontijo Neto *et al.* (2002), são atribuídas a fatores como cultivares, estágios de maturação e adubação, entre outros. Von Pinho *et al.* (2007), avaliando a qualidade de silagem de sorgo em função da época de semeadura, obtiveram 8,2 % de PB, para os genótipos de sorgo duplo propósito e; 7,1 % de PB para os genótipos forrageiros.

A determinação dos teores das frações fibrosas é muito importante na caracterização do valor nutritivo das forragens. Tanto o teor de fibra em detergente ácido (FDA) quanto o de fibra em detergente neutro (FDN) são negativamente correlacionados com a digestibilidade e com o seu consumo (VAN SOEST, 1994). A FDN está diretamente relacionada com o efeito de enchimento e inversamente relacionada com o nível energético da dieta, ela pode

ser usada para caracterizar a dieta e expressar os dois mecanismos de controle de consumo numa mesma escala (MERTENS, 1992). Dietas com elevada concentração de fibra, necessariamente, possuem baixa densidade energética e a repleção ruminal limita a ingestão, reduzindo o desempenho animal. Por outro lado, dietas com baixa concentração de fibra também podem resultar em menor ingestão total de matéria seca, uma vez que as exigências energéticas do animal são supridas em níveis mais baixos de ingestão (VAN SOEST, 1994).

Von Pinho *et al.* (2006), avaliando as características nutricionais das silagens dos genótipos de sorgo AG1018 (granífero), DKB860 (granífero), AG2005E (duplo propósito), MASSA3 (duplo propósito), VOLUMAX (forrageiro) e BRS610 (forrageiro), relataram percentuais de FDN de 41,9; 47,2 e 50,1 %, respectivamente para os sorgos graníferos, duplos propósitos e forrageiros. Em relação aos percentuais de FDA, observaram-se valores de 30,1; 33,1 e 35,4 % para os sorgos graníferos, duplos propósitos e forrageiros, respectivamente. Resende *et al.* (2003) relataram valores de FDN na cultura de sorgo variando de 44,8 a 60,4 %.

Em conformidade com Cruz e Pereira Filho (2001), valores de FDN nas silagens inferiores a 50 % são mais desejáveis. De acordo com Van Soest (1991), teores de FDN superiores a 55 % da matéria seca estão negativamente correlacionados com o seu consumo e digestibilidade.

Em relação à FDA, um bom nível na silagem ocorre quando se tem valores inferiores a 30 % (CRUZ e PEREIRA FILHO, 2001). Resende *et al.* (2003) registraram valores de FDA variando de 26,5 a 40,6 % em determinados genótipos de sorgo. Entretanto, Fonseca *et al.* (2002), ao estudarem características químicas das silagens de 60 genótipos de sorgo, verificaram variação para percentuais de FDA na matéria seca da silagem de 23,26 a 40,33 %.

Quanto aos componentes da parede celular, aumentos na porcentagem de hemicelulose, celulose e lignina, à medida que a planta envelhece são, em geral, inversamente correlacionados com a digestibilidade, resultando em diminuição do valor nutritivo e aumentos nas porcentagens de lignina nas forrageiras são responsáveis por menores taxas de digestão dos componentes da parede celular (VAN SOEST, 1994).

As silagens de dois sorgos forrageiros e dois de duplo-propósito, colhidos no estágio leitoso/pastoso, apresentaram os seguintes resultados descritos por Vieira *et al.* (2004): teor de Hemicelulose de 22,63 a 26,63 %, Celulose de 19,53 a 25,13 % e Lignina de 3,60 a 6,37 %. Skonieski *et al.* (2010), mensurando a produção e o valor nutritivo de silagens de sorgo forrageiro e duplo propósito, observaram, para os materiais forrageiros, valores de 21,26 % de HCEL; 23,88 % de CEL e 5,22 % de LGN.

Rodrigues filho *et al.* (2006) avaliaram a composição bromatológica do híbrido Ag 2005, cortado aos 97 dias, quando encerrava 35,90 % de matéria seca. O híbrido apresentou as seguintes características bromatológicas: 13,02 % de proteína bruta, 64,62 % de fibra em detergente neutro, 39,30 % de fibra em detergente ácido, 9,72 % de lignina, 25,32 % de hemicelulose e 10,38 % de carboidratos solúveis.

De acordo com o National Research Council (NRC., 2001), a proporção ideal de FDN dietética deve ser de 25 a 35 %. Abaixo do valor mínimo, poderá haver diminuição da gordura do leite, perda da motilidade intestinal e aumento na incidência de acidose.

Os valores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos são estimados através de equações. Flaresso *et al.* (2000) determinaram os valores de NDT de quatro cultivares de sorgo e obtiveram valor médio de 55,30 % na safra de 1995- 1996 e 51,60 % na safra 1996-1997.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no município de Nova Porteira no Norte de Minas Gerais, entre os dias 08 de abril de 2010 e 15 de agosto de 2010. Foram feitas as avaliações de campo do dia 15 de agosto de 2010 a 16 de fevereiro de 2012 as análises foram realizadas no laboratório de bromatologia da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, cidade de Janaúba, região norte de Minas Gerais.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições, foram avaliados 10 genótipos de sorgo sacarino provenientes do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, sendo os genótipos: BR501-Brandes, BR504, BR505-Wray, BRS506, CMSXS629, CMSXS633, CMSXS634, CMSXS635, CMSXS642, CMSXS646.

O preparo de solo foi feito convencionalmente com uma aração e uma gradagem, sendo feito em seguida a abertura dos sulcos de plantio com espaçamento entre linhas de 70 centímetros. A semeadura foi realizada dia 08/04/2010 manualmente, com posterior desbaste, deixando nove plantas por metro linear, objetivando uma população de noventa plantas por área útil de cada parcela.

A correção de solo foi feita a partir da análise de solo, sendo que a adubação foi realizada no sulco de plantio na dosagem de 300 kg do adubo formulado com 8 % de nitrogênio, 28 % de fósforo e 16 % de potássio. A adubação de cobertura foi realizada em parcela única na dosagem de 200 kg por hectare do adubo nitrogenado com 45 % de nitrogênio, isso quando as plantas apresentaram oito folhas.

Foi utilizado herbicida à base de triazina, aplicado logo após o plantio em solo úmido. Para controle de pragas foi utilizado inseticida a base de Deltametrina, na dosagem de 200 ml ha⁻¹. A área experimental foi irrigada com

sistema de irrigação por aspersão, com turno de rega de dois dias por semana, sendo utilizada uma lâmina de água de 20 milímetros por irrigação.

Foram avaliados os parâmetros de altura de plantas, produtividade de matéria seca, porcentagem de colmo, folha e panículas na matéria seca, produtividade de caldo e o teor de sólidos solúveis totais presente no caldo.

A altura de planta foi mensurada em oito plantas ao acaso da área útil da parcela, da extremidade superior da panícula até o solo, com auxílio de uma régua graduada, após o florescimento da planta.

A colheita foi feita de forma manual cortando as plantas a uma altura de 10 centímetros do solo quando 70 % das plantas apresentaram o grão no estágio pastoso/ farináceo sendo que a colheita foi apenas da área útil da parcela (fileiras centrais), posteriormente foi feita a pesagem de todo o material da área útil. Para a determinação da produtividade de matéria seca, foram selecionadas ao acaso oito plantas de cada parcela, que foram divididas nas frações colmo, folha e panícula onde foi feita a pesagem dessas frações separadamente e depois feito o processamento em um desintegrador isso com o intuito de reduzir o tamanho das partículas e assim facilitar a secagem da amostra, em seguida foi retirada sub-amostras que foram pesadas e devidamente identificadas e seguiram para o laboratório de Bromatologia da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), campus de Janaúba-MG . No laboratório as amostras foram secas em estufa de aeração forçada, a 55 °C, por 72 horas, para determinação da matéria pré-seca.

As amostras depois de pré-secas foram moídas em moinho tipo *Willey*, com peneira de 1 mm de crivo, para determinação da matéria seca definitiva a 105 °C por 12 horas de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006).

Para a determinação da produtividade de caldo, foram amostradas aleatoriamente oito plantas, sem panículas, que foram pesadas e posteriormente

passadas em moendas, esse engenho é um equipamento de baixa eficiência por ser de produção artesanal, não obtendo a mesma extração de caldo das moendas das usinas, além disso, a planta foi passada apenas uma vez pela moenda, o volume de caldo extraído foi quantificado e logo em seguida com o auxílio de um refratômetro digital, foi determinado o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) presentes nas amostras. No resíduo do sorgo sacarino foi adicionado à panícula, que foram processadas, em seguida foi retirada subamostras que foram pesadas e devidamente identificadas. No laboratório as amostras foram secas em estufa de aeração forçada, a 55 °C, por 72 horas, para determinação da matéria pré-seca, em seguida as amostras foram retiradas e trituradas em moinho tipo *Willey* com peneira de 1 mm, sendo levadas para a estufa de 105 °C por 12 horas para determinação da matéria seca definitiva de acordo com a metodologia descrita por Silva; Queiroz (2006), assim como as análises de extrato etéreo (EE) e cinzas (CINZ).

Foram feitas determinações: PB pelo método de Kjeldhal (AOAC, 1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, pelo método seqüencial descrito por Van Soest *et al.* (1991).

A concentração de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculada, utilizando-se a fórmula proposta por Capelle *et al.* (2001) em que $NDT = 99,39 - 0,7641 FDN$.

As variáveis produtividade de caldo, teor de sólidos solúveis totais (°BRIX), altura de planta (ALT), produtividade de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), porcentagens de folha (FOLHA), colmo (COLMO) e panícula (PANÍCULA) na matéria seca foram submetidas à análise de correlação de Pearson[®] em nível de 5 % de probabilidade pelo teste t (Student).

Utilizou-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000) para avaliação dos resultados, que foram submetidos à análise de variância e teste “F”, sendo que as características que foram significativas em nível de 5 % foram submetidas ao teste Scott-Knott também em 5 % de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os valores médios de precipitação e temperatura ocorridas no período de condução e manejo das lavouras dos diferentes genótipos de sorgo.

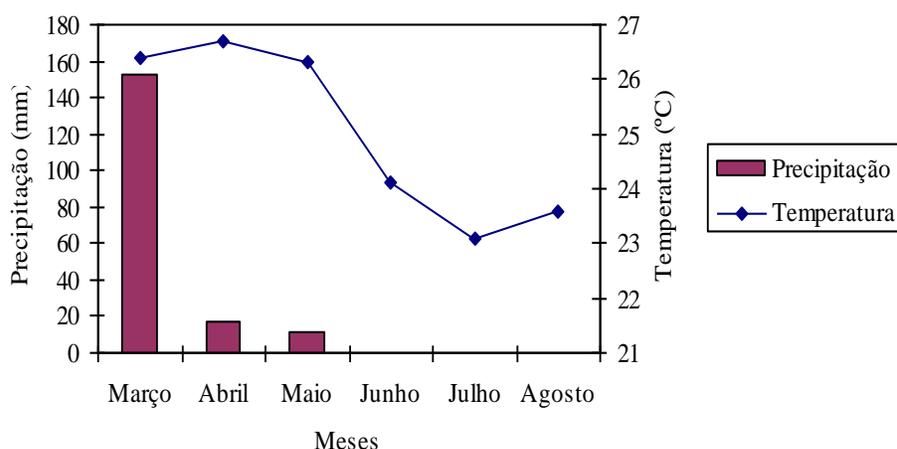


FIGURA 1. Dados médios de temperatura e precipitação pluvial, em Nova Porterinha-MG, de março de 2010 a agosto de 2010. Dados obtidos na estação meteorológica da EPAMIG, em Nova Porterinha-MG.

Considerando as condições experimentais, os genótipos BR504, BR505, CMSXS633, CMSXS634, CMSXS635, CMSXS642 e CMSXS646 apresentaram maiores alturas de plantas. Da mesma forma, os genótipos de sorgo influenciaram a produtividade de matéria seca (TABELA 1), com maiores valores para BR501, BR504, BR505, BRS506, CMSXS629 e CMSXS633. Em regiões onde há deficiência estacional de produção qualitativa e quantitativa de

matéria seca, essas seriam as cultivares mais promissoras, quando se avalia exclusivamente a possibilidade de utilização do resíduo da planta do sorgo resultante da extração do caldo na alimentação de ruminantes.

TABELA 1. Resultados médios de altura de plantas e produtividade de matéria seca e respectivos coeficientes de variação (CV) de genótipos de sorgo sacarino. Nova Porteirinha–MG, 2011.

Genótipos	Altura de Planta (m)	Produtividade de Matéria Seca (t ha⁻¹)
BR501	2,30 B	21,26 A
BR504	2,72 A	20,92 A
BR505	2,73 A	20,13 A
BRS506	2,33 B	18,76 A
CMSXS629	2,53 B	17,67 A
CMSXS633	2,67 A	16,40 A
CMSXS634	2,60 A	15,05 B
CMSXS635	2,70 A	13,04 B
CMSXS642	2,90 A	14,67 B
CMSXS646	2,85A	12,21 B
CV (%)	5,67	8,44

Médias com mesma letra maiúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott em nível de 5 % de probabilidade.

Parrella *et al.* (2010), avaliando genótipos de sorgo sacarino, observaram valores de altura de planta variando de 2,57 a 3,09 m, próximos aos encontrados neste trabalho pelas variedades superiores, que apresentaram uma altura variando de 2,67 a 2,90 m. Tabosa *et al.* (2010b) relataram variação de 1,88 a 3,19 m, trabalhando com variedades de sorgo sacarino.

Os genótipos BR501, BR504, BR505, BRS506, CMSXS629 e CMSXS633 foram superiores para a variável produtividade de matéria seca

(TABELA 1). Esse fato, provavelmente, ocorreu devido à maior capacidade de adaptação desses genótipos às condições da região onde foi realizado o experimento.

Lima *et al.* (2010), trabalhando com sorgo sacarino, registraram produtividades de matéria seca variando de 11,44 a 23,48 t ha⁻¹. Oliveira (2008), também analisando sorgo sacarino na região semiárida da Bahia, constatou produtividades médias de 23,15 t ha⁻¹ de matéria seca, valores superiores aos obtidos neste trabalho.

Resultados contrastantes de produtividade de matéria seca em relação aos observados no presente trabalho foram relatados por Sousa *et al.* (2010), pesquisando genótipos forrageiros em cultivo de sequeiro na safra de verão, também na região de Nova Porteira-MG, com valores entre 9,74 e 12,69 t ha⁻¹. De maneira semelhante, Tabosa *et al.* (2010a), avaliando algumas variedades de sorgo, IPA SF-25, IPA 1158, IPA Sudão 4202 e IPA 2502, verificaram produtividades de matéria seca de 6,9 a 10,1 t ha⁻¹. Considerando que os resultados de produtividade de matéria seca observados no presente trabalho foram obtidos no período de outono-inverno, quando há restrições de fotoperíodo e temperatura, constata-se o elevado potencial produtivo de matéria seca dos genótipos de sorgo sacarino avaliados, em condições irrigadas.

A produtividade de matéria seca pela planta é decorrente das diferentes características morfológicas e qualitativas, sendo que há um aumento na produção quando se trabalha com material genético de porte mais elevado, que é o caso das cultivares destinadas à produção de etanol, em que se buscam obter maiores produtividades de colmo e conseqüentemente mais caldo.

Os genótipos não diferiram na porcentagem de folha na matéria seca, apresentando valor médio de 13,92 % (TABELA 2). Sousa *et al.* (2010), ao analisarem sete genótipos de sorgo forrageiro (Exp 866, 1F 305, BRS 610, Ponta Negra, SHS 500, Silotec 20 e Volumax), observaram variação na porcentagem

de folha na matéria seca entre 33,18 e 40,29 %. Já Pedreira *et al.* (2003), avaliando genótipos de sorgo, relataram uma variação de 26,7 a 34,4 %. Menores valores percentuais de folha na matéria seca em sorgo sacarino podem estar associados ao fato de se buscar nesse tipo de planta uma maior produção de caldo, que se concentra especialmente no colmo, ao passo que em genótipos de sorgo forrageiros o melhoramento visou a aumentar as partes mais digestíveis da planta, em especial folha e panícula.

TABELA 2. Resultados médios de porcentagem de folha, colmo e panícula na matéria seca de genótipos de sorgo sacarino e respectivos coeficientes de variação (CV). Nova Porteirinha–MG, 2011.

Genótipos	% Folha	% Colmo	% Panícula
BR501	12,95 A	49,52 B	37,52 A
BR504	13,21 A	66,17 A	20,63 B
BR505	13,84 A	72,23 A	13,92 C
BRS506	14,47 A	64,53 A	21,00 B
CMSXS629	9,86 A	79,08 A	11,05 C
CMSXS633	16,13 A	70,94 A	12,92 C
CMSXS634	16,68 A	69,54 A	13,78 C
CMSXS635	10,97 A	55,66 B	33,37 A
CMSXS642	16,48 A	70,25 A	13,26 C
CMSXS646	14,66 A	69,67 A	15,68 C
Média geral	13,92	---	---
CV (%)	20,98	6,68	19,94

Médias com mesma letra maiúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott em nível de 5 % de probabilidade.

Os genótipos BR501 e CMSXS635 apresentaram os menores valores percentuais de colmo (TABELA 2) na constituição da matéria seca total,

associados aos maiores valores percentuais de panícula na matéria seca, demonstrando que essas duas variáveis se correlacionaram negativamente. Valores intermediários de panícula foram observados para os genótipos BR504 e BR506. Zago (1992) relata que as panículas e as folhas são os componentes da planta que apresentam maiores coeficientes de digestibilidade, em contraposição ao colmo que, segundo Flaresso *et al.* (2000), constitui o principal responsável pelo menor valor nutritivo da planta.

Pedreira *et al.* (2003), avaliando oito genótipos de sorgo encontraram uma variação de colmo na matéria seca de 28,9 a 41,3 %. Neumann *et al.* (2002) reportaram que sorgo de duplo propósito quando comparado com variedades forrageiras possui um maior valor nutritivo, isso devido a maior proporção de panícula na matéria seca.

Sousa *et al.* (2010), testando genótipos forrageiros, verificaram de 13,67 a 33,69 % de panícula na matéria seca. Por outro lado, Albuquerque (2009), trabalhando com os genótipos de sorgo forrageiro 1F305, BRS 610, SHS 500 e BRS 655, constataram de 13,31 a 43,47 % de panícula na matéria seca.

Os genótipos BR505, BRS506, CMSXS629, CMSXS633, CMSXS635 e CMSXS646 apresentaram os maiores valores de produtividade de caldo (TABELA 3). Lima *et al.* (2010), avaliando genótipos de sorgo sacarino, observaram uma variação na produtividade de caldo de 5.787 a 14.930 l ha⁻¹. Tabosa *et al.* (2010b), analisando genótipos de sorgo sacarino, reportaram produtividade entre 25.600 e 81.600 l ha⁻¹. Há que se considerar que as condições edafoclimáticas têm grande influência na amplitude de respostas observadas na produtividade de caldo.

Para a avaliação do grau Brix (°Brix), os genótipos BR505, CMSXS629, CMSXS633, CMSXS634, CMSXS642 e CMSXS646 apresentaram um maior valor, que variou de 19,63 a 20,83 °Brix.

TABELA 3. Resultados médios da produtividade de caldo e °Brix de genótipos de sorgo sacarino com respectivos coeficientes de variação (CV). Nova Porteirinha–MG, 2011.

Genótipos	Produtividade de Caldo (t ha⁻¹)	°Brix
BR501	13.614,29 B	16,93 B
BR504	13.516,67 B	17,13 B
BR505	23.920,24 A	20,07 A
BRS506	20.546,13 A	18,13 B
CMSXS629	18.508,93 A	19,50 A
CMSXS633	19.371,43 A	20,50 A
CMSXS634	16.888,69 B	20,77 A
CMSXS635	23.545,83 A	16,46 B
CMSXS642	13.031,55 B	20,83 A
CMSXS646	19.866,07 A	19,63 A
CV	17,70	7,12

Médias com mesma letra maiúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott em nível de 5 % de probabilidade.

O grau Brix (°Brix) tem sido largamente empregado pelas indústrias de produção de açúcar e álcool como principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares presentes no caldo (TSUCHIHASHI e GOTO, 2004). Variações no grau Brix de 11,73 a 18,61 e 15,47 a 20,00 foram reportadas por Lima *et al.* (2010) e Parrella *et al.* (2010), respectivamente.

O teor de matéria seca do resíduo foi influenciado pelos genótipos de sorgo sacarino (TABELA 4). Os genótipos BR505, CMSXS629, CMSXS633, CMSXS634, CMSXS635 e CMSXS642 apresentaram teores superiores em relação aos demais genótipos, com valores entre 39,17 e 41,17 %. Valores intermediários foram observados nos genótipos BR504 (34,89 %) e CMSXS646 (36,53 %) e as menores concentrações de matéria seca foram constatadas nos

genótipos BR501 e BR506, com teores de 30,41 e 31,67 %, respectivamente. Ressalta-se que os genótipos BR505, CMSXS629 e CMSXS633 revelaram elevados teores de matéria seca, associados aos maiores valores de produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$), produtividade de caldo ($l\ ha^{-1}$) e grau Brix.

Os teores de MS determinados são diferentes dos resultados obtidos por Zago e Pozar (1991), que foram de 21,1; 24,9; 29,3 e 30,9 % para genótipos de colmo suculento, e de 29,1; 33,4; 38,7 e 48,9 % para os genótipos de colmo seco. Independentemente da natureza dos colmos, suculentos ou secos, o teor de matéria seca determinado por Araújo (2002), média de 36,90 %, foi bem próximo ao deste estudo.

O teor de matéria mineral diferiu entre os genótipos, sendo os maiores valores para os genótipos BR504, BR505, CMSXS634, CMSXS642 e CMSXS646 apresentando variação de 4,76 a 6,68 %. Os demais apresentaram valores que oscilaram de 2,81 a 4,14 %. Esses resultados foram semelhantes e próximos aos valores de 2,8 a 4,0 % encontrados por Pedreira *et al.* (2003) em diferentes genótipos de sorgo. Variações nos teores de matéria mineral podem, em parte, serem associadas à contaminação das folhas basais das plantas de sorgo por partículas de solo, por ocasião dos respingos de água (chuva ou irrigação).

Dos nutrientes usualmente balanceados em rações de ruminantes, a proteína bruta representa, via de regra, o principal fator que onera o custo das formulações.

TABELA 4. Teores médios de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) do resíduo de genótipos de sorgo sacarino, com respectivos coeficientes de variação (CV). Nova Porteirinha – MG, 2011

Genótipos	MS%	MM⁽¹⁾	PB⁽¹⁾	EE⁽¹⁾	FDN⁽¹⁾	FDA⁽¹⁾	NDT⁽¹⁾
BR501	30,41 D	3,58 B	7,06 A	0,75 B	64,59 A	40,49 A	50,04 A
BR504	34,89 C	4,76 A	8,17 A	1,88 A	66,54 A	41,42 A	48,54 A
BR505	39,51 A	6,26 A	7,96 A	1,87 A	60,92 A	35,59 B	52,84 A
BRS506	31,67 D	4,14 B	6,52 A	1,55 A	62,20 A	36,75 B	51,86 A
CMSXS629	40,33 A	3,89 B	5,77 A	1,31 B	61,44 A	40,11 A	52,44 A
CMSXS633	39,66 A	3,93 B	7,14 A	1,06 B	62,16 A	37,59 B	51,89 A
CMSXS634	40,19 A	6,68 A	5,91 A	2,02 A	62,41 A	36,47 B	51,70 A
CMSXS635	41,17 A	2,81 B	7,05 A	1,36 B	65,24 A	40,32 A	49,54 A
CMSXS642	39,17 A	5,78 A	6,89 A	1,09 B	58,83 A	33,72 B	54,44 A
CMSXS646	36,53 B	5,68 A	6,47 A	0,70 B	66,27 A	42,59 A	48,75 A
Média	---	---	6,89	---	63,06	---	51,20
C.V	3,86	16,69	12,26	29,15	4,69	6,16	4,42

Médias com mesma letra maiúscula na vertical pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott em nível de 5 % de probabilidade.

⁽¹⁾Valores expressos em porcentagem da matéria seca.

Os valores de proteína bruta não foram influenciados pelos genótipos, com valores entre 5,77 e 8,17 % (TABELA 4). Silva (1996), ao utilizar sorgo de porte alto, obteve silagem com 6,49 % de proteína bruta. Neto *et al.* (2000) avaliaram cinco genótipos forrageiros e obtiveram teores de proteína bruta entre 6,25 % a 7,55 %. Rocha Júnior *et al.* (2000) relataram em sete genótipos de sorgo, com diferentes suculências de colmo, valores de proteína bruta entre 4,9 e 10,3 % para os teores de PB nas silagens. Considerando o fato de que os resultados de proteína bruta observados no presente trabalho são referentes à planta após remoção do caldo, esses valores podem ser considerados adequados ao requerimento mínimo para o crescimento dos microrganismos ruminais.

Os teores de EE dos genótipos CMSXS634, CMSXS630, BR504, BR505, CMSXS636, BR506 e CMSXS643 foram superiores aos demais genótipos, com valores entre 1,55 a 2,02 % (TABELA 4). Souza (2003), avaliando composição bromatológica das silagens de sorgo dos genótipos AG2006, AGX215, AGX213, AGX202 e AG2002 constataram teores médios de extrato etéreo de 2,0 %, valor próximo ao deste trabalho.

A fibra em detergente neutro (FDN) e a em detergente ácido (FDA) são referências fundamentais para os sistemas de predição de ganho de peso, como o *National Research Council - NRC* (1996).

O teor de FDN é o indicativo de quantidade total de fibra do volumoso estando diretamente relacionado com o consumo dos animais. Considerando que a FDN consiste no total da parede celular, é altamente relacionada com a densidade volumétrica do alimento e, portanto, é altamente correlacionada com o enchimento ruminal e o consumo de matéria seca, ou seja, quanto menor a quantidade de FDN maior será o consumo de matéria seca.

A FDA se relaciona com a digestibilidade do volumoso, por apresentar maior proporção de lignina na fração digestível (ROSA *et al.*, 2004).

Eifert (2000) relatou relação negativa entre o FDN e o consumo de matéria seca e entre a FDA e digestibilidade aparente. Wolf *et al.* (1993) registraram coeficientes negativos de correlação entre a digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca, com os teores de FDN ($r = - 0,76$) e de lignina ($r = - 0,85$).

Os teores de FDN não foram influenciados pelos genótipos de sorgo, com valor médio de 63,06 %. Cândido *et al.* (1999) não encontraram diferenças entre os teores de FDN das silagens dos genótipos AG 2002, AGX 202, AGX 213, AGX 215 e AG 2005E, cujos valores variaram de 61,5 a 69,5 %. Pires *et al.* (2010), analisando quatro genótipos de sorgo forrageiro, Volumax, BRS610, XBS60329 e AG2005E, observaram valores de FDN de 53,40 a 61,00 %. Neumann *et al.* (2004), trabalhando com o genótipo AG2005E, verificaram valor de FDN de 65,03 %.

Quando avaliados os teores de FDA dos genótipos, houve variação significativa de 33,72 a 42,59 %, com os melhores resultados para BR 505, BRS 506, CMSXS33, CMSXS34 e CMSXS42 (TABELA 4). Neumann *et al.* (2004), trabalhando com o genótipo AG2005E, encontraram valor de FDA de 30,53 %. Pires *et al.* (2010), estudando quatro genótipos de sorgo forrageiro, Volumax, BRS610, XBS60329 e AG2005E, observaram valores de FDA entre 30,44 e 34,20 %.

Silva *et al.* (2000) pesquisando a relação entre a composição química e a degradabilidade *in situ* da MS e da FDN da fração volumosa de híbridos de milho evidenciaram que os constituintes da parede celular correlacionaram negativamente com a degradabilidade da MS da fração volumosa. Entre os constituintes da parede celular, o teor de FDA da porção volumosa apresentou a maior relação com a degradabilidade efetiva da MS. Como esta variável é relativamente fácil de determinar, os autores sugeriram que a mesma seja utilizada como indicador da degradabilidade da fração volumosa.

Os teores de NDT não foram influenciados pelos genótipos de sorgo, com valor médio de 51,20 %. Borges *et al.* (1995) encontraram para os genótipos de sorgos forrageiros valores de digestibilidade de 54,4 a 58,4 %.

Observam-se na matriz de correlações (TABELA 5) coeficientes significativos entre o teor de sólidos solúveis totais (BRIX) e os teores na matéria seca de NDT ($r = 0,59$), FDN ($r = - 0,59$) e FDA ($r = - 0,50$), ou seja, a seleção para teor de sólidos solúveis totais nos genótipos avaliados proporciona bagaço residuário após a extração do caldo com melhor valor nutritivo.

TABELA 5: Correlações simples de produtividade de caldo, teor de sólidos solúveis totais (°BRIX), altura de planta (ALT), produtividade de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), porcentagens de folha (FOLHA), colmo (COLMO) e panícula (PANÍCULA) na matéria seca de genótipos de sorgo sacarino. Nova Porteirinha–MG, 2011.

Característica	CALDO	BRIX	PB	NDT	FDN	FDA
CALDO	1,0	0,03	0,08	- 0,01	0,01	- 0,06
BRIX	0,03	1,0	- 0,30	0,59*	- 0,59*	- 0,50*
ALT	0,28	0,15	0,22	- 0,10	0,10	- 0,02
PMS	0,12	0,28	0,03	0,10	- 0,10	- 0,18
FOLHA	- 0,15	0,58*	0,01	0,42*	- 0,42*	- 0,47*
COLMO	0,15	0,21	- 0,18	0,04	- 0,04	- 0,03
PANÍCULA	0,10	0,48*	0,19	0,22	0,22	0,23

* significativo a 5 % pelo teste t.

A seleção para maior percentual de folha na matéria seca dos genótipos também apresenta correlações significativas com o teor de sólidos solúveis totais ($r = 0,58$), NDT ($r = 0,42$), FDN ($r = - 0,42$) e FDA ($r = - 0,47$), demonstrando

que há compatibilidade em selecionar nos genótipos avaliados características desejáveis ao maior rendimento de etanol (°BRIX) e características nutricionais desejáveis na alimentação dos ruminantes (teores elevados de NDT e folha e baixos teores de FDN e FDA). Nessa ótica, maximiza-se a produção de etanol e se obtém um maior potencial de exploração da cultura, tanto para produção de biocombustível quanto para alimentação de ruminantes. Desse modo, o conceito de sustentabilidade da cultura do sorgo fica mais consistente.

5 CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais, a produção de etanol e do bagaço residuário para alimentação de ruminantes, os genótipos mais indicados são o BR505 e CMSXS633, por apresentarem características de elevada produtividade de matéria seca, de caldo e de teor de sólidos solúveis totais, associadas às melhores características químicas do bagaço, em especial baixos valores de FDA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B. **Arranjo de plantas de sorgo para a região do semiárido de Minas Gerais**. 2009. 125 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras-MG, 2009.

ALBUQUERQUE, C. J. B. *et al.* Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010. Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-ROM.

ANTCZAK, M. S. *et al.* Enzymatic biodiesel synthesis-key factors affecting efficiency of the process. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 34, p. 1185-1194, 2009.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis**. 16th ed. Washington, DC: AOAC, 1995. 2000 p.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS- APPS. **Evolução da Área e Produção de Sorgo no Brasil, 2009**. Disponível em: <<http://www.apss.agr.br/dados-estatisticos/>>. Acesso em: 6 jan. 2012.

ARAÚJO, V. L. **Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem**. 2002. 47 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2002.

AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Composição químicobromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003.

AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de

cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003.

BASTOS, V. D. **Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 25, março, 2007. p. 5-38. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/artigos/Producao/alcoolquimica.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2011.

BORGES, I. D. *et al.* Caracterização do caldo extraído dos colmos da cultivar de sorgo sacarino BRS 506 (*Sorghum bicolor* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-ROM.

BORGES, A. L. C. C. *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte-MG, v. 49, n. 4, p. 441-452, 1997.

CAMACHO, R. *et al.* Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. **Journal of Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 771-776, 2002.

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. Avaliação da produção e do valor nutritivo das silagens de cinco híbridos de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

CAPELLE, E. R. *et al.* Estimativa do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

CARVALHO, L. F. *et al.* Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 185-192, 2000.

CARVALHO, D. D. *et al.* Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 49, n. 2, p. 91-99, 1992.

CHIESA, E.D. *et al.* Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Revista Acta scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **1º Levantamento da cana-de-açúcar**: abril/2010. Brasília, 2010. <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_cana_10.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 11-37.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem de alta qualidade. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 33, n. 3, p. 111-136, 1995.

EIFERT, E. C. **Silagens de sorgo e de *triticales* associadas a níveis de concentrado para a alimentação de terneiros de corte desmamados precocemente**. 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo. **Sistemas de produção**: Cultivo do sorgo. 4. ed. Sete Lagoas: 2008. Disponível em: Acesso em abril 2012.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 1608-1615, 2000.

FONSECA, A. H. *et al.* Desempenho de cultivares de milho em relação às características agronômicas, químicas e degradabilidade da silagem. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.

GAGGIOTTI, M. C. *et al.* Cultivares de sorgo forrageiros para silaje. II. Características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina Producción Animal**, Buenos Ayres, v. 12, n. 2, p. 163-167, 1992.

GONTIJO NETO, M. M. *et al.* Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 1640-1647, 2002.

GONTIJO, M. H. R. *et al.* Potencial forrageiro de seis híbridos de sorgo com capim-Sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v. 7, n. 1, p. 33-43, 2008.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa pecuária**. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp>> Acesso em: 3 jan. 2012.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa pecuária**. 2009. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp>> Acesso em: 3 jan. 2012.

LIMA, J. M. P *et al.* Avaliação de Cultivares de Sorgo Sacarino na Chapada do Apodi no Estado do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-ROM

JAREMTCHUK, A. R. *et al.* Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 181-188, 2005.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de Sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003b. 4 p. (Comunicado Técnico, 87).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da Planta de Sorgo**. 1 ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003a. 4 p. (Comunicado Técnico, 86).

MAGALHÃES, R. T. *et al.* Estimativa da degradabilidade ruminal de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) utilizando a técnica *in situ*. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 483-490, 2005.

MERTENS, D. R. Nonstructural and structural carbohydrates in large dairy herd management. **American Dairy Science Association**, Champaign, p. 219-239, 1992.

MIRANDA, J. E. C. de.; PEREIRA, J. R. Instrução técnica para o produtor de leite. In: **Tipos de sorgo para silagem**. Juiz de Fora, MG: EMBRAPA/CNPGL, 2006. 2 p. (Circular técnica do Centro nacional de pesquisa do milho e sorgo; n. 51).

MONTAGNER, D. B. *et al.* Características agronômicas e bromatológicas de cultivares avaliados no ensaio sul-rio-grandense de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 447-452, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of Dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001. 362 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of Dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 1996.

NETO, M. M. G. *et al.* Rendimento e valor nutritivo de cinco híbridos de sorgo forrageiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 37., 2000. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa- MG: SBZ, 2000.

NEUMANN, M. J. *et al.* Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438-452, 2004.

OLIVEIRA, J. S. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade em cultivos de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 883-889, 2002. Suplemento.

OLIVEIRA, I. K. C. P. *et al.* **Caracterização Físico-Química do Bagaço do Sorgo Sacarino (*Sorghum bicolor*) Para Hidrolise Ácida do Material Lignocelulósico.** Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/103121101.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2012.

OLIVEIRA, L. B. **Produção e valor nutritivo de diferentes espécies forrageiras e de suas respectivas silagens.** 2008. 46 p. Dissertação (Mestrado em Veterinária)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, BA, 2008.

PARRELLA, R. A. DA C. *et al.* Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando à produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-ROM.

PARRELLA, R. A. **Sorgo sacarino desponta como alternativa na produção de etanol.** Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/maio/2a-semana/sorgo-sacarino-desponta-como-alternativa-promissora-na-producao-de-etanol>: Acesso em: 7 jan. 2012.

PEDREIRA, M. dos S. *et al.* Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.

PEDREIRA, M. dos S. *et al.* Características Agronômicas e Bromatológicas de Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), Cultivados para Produção de Silagem. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, SP, v. 21, p. 183-192, 2005.

PEREIRA, O. G. **Produtividade do milho (*Zea mays* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da aveia (*Avena sativa*), do milheto (*Pennisetum americanum* L.) e do híbrido (*S. bicolor* x *S. sudanense*), e respectivos valores nutritivos sob a forma de silagem e verde picado.** 1991. 86 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1991.

PIRES, D. A. A.; BOTELHO, P. R. F.; LIMA, L. O. B. Avaliação da Fibra em Detergente Neutro e da Fibra em Detergente Ácido da Rebrota Anual de Quatro Genótipos de Sorgo para Produção de Silagem na Região Norte de Minas Gerais. In: FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO, 10., 2010, Montes Claros-MG. **Anais...** –Montes Claros-MG: UNIMONTES, 2010.

RATNAVATHI, C. V. *et al.* Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Biomass and Bioenergy**, [s.l.], v. 34, p. 947-952, 2010.

RESENDE, J. A. R. *et al.* Ruminant silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 457-463, 2003.

RIBEIRO FILHO, N. M. *et al.* Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a Produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 2008. Disponível em: <http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T59.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2012

ROCHA Jr., V. R. *et al.* Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. I- Características agronômicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte-MG, v. 52, n. 5, 2000.

RODRIGUES FILHO, O. *et al.* Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.

ROSA, J. R. P. *et al.* Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, p. 302-312, 2004.

SERRANO, J. M. R. El sorgo híbrida despierta interés en las Américas. **La Hacienda**, Kissimmée, v. 66, n. 5, p. 36-37, 1971.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SILVA, F. F. *et al.* Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 21-29, 1996.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA O. L. S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2, 2007. Disponível em: < www.dema.ufcg.edu.br/revista>. Acesso em: 10 jan. 2012.

SILVA, L. F. P. e; MACHADO, P. F.; FRANCISCO JÚNIOR, J. C. Relação entre a Composição Química e a Degradabilidade In Situ da Matéria Seca e da Fibra em Detergente Neutro da Fração Volumosa de Híbridos de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 288-294, 2000.

SKONIESKI, F. R. *et al.* Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2010.

SOUZA, V. G. *et al.* Valor Nutritivo de Silagens de Sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 753-759, 2003.

SOUZA, C. C. *et al.* Produtividade do sorgo granífero C.V. Sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 512-517, 2005.

SOUZA, R. R. J. *et al.* Características Agronômicas de Genótipos de Sorgo Forrageiro no Semiárido de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-ROM.

TABOSA, J. N. *et al.* Produção de Biomassa e Eficiência de Uso de Água de Cultivares e Sorgo no Semiárido de Pernambuco em Dois Estádios de Colheita. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010a. CD-ROM.

TABOSA, J. N. *et al.* O Sorgo Sacarino no Semi-Árido Brasileiro: Elevada Produção de Biomassa e Rendimento de Caldo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010b. CD-ROM.

TEIXEIRA, C. G. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 17, p. 17, 1997.

TSUCHIHASHI, N.; GOTO, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. **Plant Production Science**, [s.l.], n. 7, p. 442-448, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas** - SAEG. Versão 8.0. Viçosa-MG, 2000. 142 p.

VALENTE, J. O. Introdução. In: **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 1992. p. 5-7 . (Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS, n.17).

VAN SOEST, J. P.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign , v. 74, n. 10, p. 3583- 3597, 1991.

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

VIEIRA, F. A. P. *et al.* Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte-MG , v. 56, n. 6, p. 764-772, 2004.

VON PINHO, R. G. *et al.* Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 266-279, 2006.

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

WOLF, D. P. *et al.* Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 7. p. 1353-1359. 1993.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 169-218.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1997. p. 9-26. (Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS, v. 17).

ZHAO, Y. L. *et al.* Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 111, p. 55-64, 2009.

