

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS  
CAMPUS ARAGUATINS  
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

**KARLA AGDA BOTELHO MOTA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E BROMATOLÓGICO DE HÍBRIDOS DE SORGO  
BIOMASSA**

ARAGUATINS - TO

2019

**KARLA AGDA BOTELHO MOTA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E BROMATOLÓGICO DE HÍBRIDOS DE SORGO  
BIOMASSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Araguatins, como parte das exigências à obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

**Orientador:** Leonardo Corrêa da Silva  
**Coorientador:** Poliana Mendes Avelino de Carvalho

ARAGUATINS - TO

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

M917d Mota, Karla Agda Botelho  
DESEMPENHO AGRONÔMICO E BROMATOLÓGICO DE  
HÍDRIDOS DE SORGO BIOMASSA / Karla Agda Botelho Mota. –  
Araguatins, TO, 2019.  
39 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,  
Campus Araguaatins, Araguaatins, TO, 2019.

Orientador: Dr. Leonardo Corrêa da Silva  
Coorientador: Me. Poliana Mendes Avelino de Carvalho

1. Energia. 2. Forragem. 3. Fotoperíodo. I. Silva, Leonardo Corrêa  
da. II. Carvalho, Poliana Mendes Avelino de. III. Título.

**CDD 630**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO TOCANTINS CAMPUS ARAGUATINS  
CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA

**TÍTULO: “DESEMPENHO AGRONÔMICO E BROMATOLÓGICO DE  
HÍBRIDOS DE SORGO BIOMASSA”**

**AUTOR (A): Karla Agda Botelho Mota**

**ORIENTADOR (A): Prof. Dsc. Leonardo Corrêa da Silva**

**COORIENTADOR (A): Prof. Msc. Poliana Mendes Avelino de Carvalho**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, como parte das exigências para a conclusão do Curso Bacharelado em Agronomia.

Aprovado em 28 de novembro de 2019.

---

**Prof. Dsc. Leonardo Corrêa da Silva**  
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

---

**Profª. Msc. Poliana Mendes Avelino de Carvalho**  
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

---

**Profª. Msc. Kalindy Maressa Soares Monteiro**  
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

Dedico este trabalho aos meus pais, Carlos A. de Moraes Mota e Valdenia M. Botelho Mota, por todo amor e cuidado, e por acreditarem na minha capacidade de ir além.

Aos meus irmãos Sara Raquel B. Mota, Sara Rejane B. Mota e Ricardo B. Mota, por não medirem esforços para ajudar a tornar a faculdade um sonho possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças e nunca me deixou desistir mesmo diante de situações difíceis. Foi ele que me deu esperança, amor, fé, me ensinou a esperar o melhor Dele e ao longo desses cinco anos se mostrou de maneiras maravilhosas cuidando de mim em cada detalhe. Sem Deus nada disso seria possível.

Agradeço à minha mãe Valdenia Maria Botelho Mota e ao meu pai Carlos Alberto de Moraes Mota que, juntos enfrentaram tantas dificuldades para que eu pudesse estudar. Vocês são peças fundamentais dessa conquista.

Aos meus queridos irmãos Sara Raquel B. Mota, Sara Rejane B. Mota e Ricardo B. Mota, pelo apoio incondicional, torcida e todo cuidado a mim oferecido. Aos meus cunhados Rafael Gomes e Rafael Ribeiro pelo apoio.

Meu eterno agradecimento a Dona Maria Aparecida da Silva Araújo que se tornou minha mãe do coração e me acolheu durante esses cinco anos de trajetória acadêmica. Meu muito obrigada a você e sua família por todo suporte, conselhos e cuidado.

Agradeço a todos os meus amigos, que deram uma contribuição valiosa para a minha jornada acadêmica. Em especial, Danielly Pereira, Fernando José, Ana Cristina, Rakelyne Costa, João Carlos, Jacob Alves, Adalberto Bandeira, Nortton Balby, João Felipe, Stiven Simm, Luann Castro, Rodrigo Barbosa e Luís Felipe. Obrigada pelos conselhos, palavras de apoio e risadas em tempos de estresse. Só tenho a agradecer e dizer que esse TCC também é de vocês.

Aos meus queridos professores que durante esses anos compartilharam seus conhecimentos comigo, meu muito obrigado pela incansável dedicação e confiança. Agradecer em especial ao meu orientador, Dr. Leonardo Corrêa da Silva pelas valiosas contribuições durante o TCC, e a Me. Poliana Mendes Avelino de Carvalho por todo apoio e confiança durante o curso.

Sou grato (a) ao pessoal da biblioteca e ao IFTO – Campus Araguatins que me proporcionou a chance de expandir os meus horizontes. Sou grata à direção, ao pessoal do administrativo, da limpeza e demais colaboradores da instituição.

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa.  
Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”*

*Paulo Freire*

## RESUMO

O sorgo biomassa é uma planta com rápido crescimento e elevado potencial produtivo, sendo uma das alternativas mais interessantes para abastecimento das demandas atuais, dentre elas, a geração de energia. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e bromatológico de diferentes híbridos de sorgo biomassa submetidos a condições de solo e clima do extremo norte do Tocantins. O experimento foi instalado na área experimental pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - *Campus Araguatins*. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), composto de 36 parcelas, 12 híbridos, sendo 2 deles cultivares comerciais, e três repetições. Cada parcela foi formada por duas fileiras de cinco metros, espaçadas de 0,80 metros entre si, com 10 sementes por metro linear. A área útil da parcela foi constituída pelos 3 metros centrais das duas fileiras. Os 12 híbridos foram cedidos pela Embrapa Milho e Sorgo, Sete lagoas, Minas Gerais. Na área útil de cada parcela foram avaliadas, em ocasião do estágio fenológico 8 (grão pastoso), as características agrônômicas número de plantas acamadas (PA); altura de planta (AP); produção de matéria verde (PMV); comprimento da panícula (TP); massa de panícula (MP); diâmetro de colmo (DC); perfilhamento (PMT); e dias para do florescimento (FLOR). Estas mesmas parcelas foram caracterizadas bromatologicamente pelas análises de fibra em detergente neutro da folha (FDNf) e do colmo (FDNc); fibra em detergente ácido da folha (FDAf) e do colmo (FDAc); e porcentagem de matéria seca da folha (MSf) e do colmo (MSc). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de skott knott. Houve diferença significativa ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ) pelo teste F apenas para as características TP, AP, MP, FLOR, FDNc e FDAc. As médias para PMV variaram de 52,36 a 71,50 ton/ha. Para os teores de FDNc os híbridos 2, 4, 5, 7, 8 e 9, estão dentro dos padrões aceitáveis para forragem, uma vez que apresentaram valores entre 38 e 45%. Além disso, estes apresentaram elevada produção de biomassa para época em que foram semeados. Novos ensaios devem ser conduzidos na região para verificar a estabilidade de comportamento destes híbridos, uma vez que é comum a variação do comportamento dos híbridos em função da época de plantio/safra, do local e do ano, o que chamamos de interação genótipo x ambiente.

**Palavras-chave:** Energia. Forragem. Fotoperíodo.

## ABSTRACT

The biomass sorghum is a plant with fast growth and high productive potential, being one of the most interesting alternatives to supply the current demands, among them, the energy generation. The objective of this work was to evaluate the agronomic and bromatological performance of different biomass sorghum hybrids submitted to soil and climate conditions in the extreme north of Tocantins. The experiment was installed in the experimental area of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - *Campus Araguatins*. A randomized complete block design (DBC) was used, composed of 36 plots, formed by 12 hybrids, 2 of them commercial cultivars, and three replications. Each plot consisted of two rows of five meters, spaced 0.80 m apart, with 10 seeds per linear meter. The useful area of the plot consisted of the central 3 meters of the two rows. The 12 biomass sorghum hybrids were provided by Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais. In the useful area of each plot were evaluated, at the time of the phenological stage 8 (pasty grain), the agronomic characteristics number of bedridden plants (PA); plant height (AP); green matter production (PMV); panicle length (TP); panicle mass (MP); stem diameter (DC); tillering (PMT); and days for flowering (FLOR). These same plots were characterized by the analysis of neutral detergent fiber of leaf (FDNf) and stem (FDNc); acid detergent fiber of leaf (FDAf) and stem (FDAc); and percentage of dry matter from leaf (MSf) and stem (MSc). Data were subjected to analysis of variance and means grouped by the skott knott test. There was significant difference ( $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ ) by the F test only for the characteristics TP, AP, MP, FLOR, FDNc and FDAc. The means for PMV ranged from 52.36 to 71.50 tons/ha. For the FDNc contents the hybrids 2, 4, 5, 7, 8 and 9, are within the acceptable forage standards, since they presented values between 38 and 45%. In addition, they showed high biomass production for the time they were sowed. New trials should be conducted in the region to verify the behavioral stability of these hybrids, since it is common to vary the behavior of hybrids as a function of planting/crop season, location and year, which we call genotype x environment interaction.

**Keywords:** Energy. Fodder. Photoperiod

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso, estimativas de média e do coeficiente de variação experimental (CV%) de 14 características avaliadas em 12 híbridos de sorgo biomassa. Araguatins, TO, 2019 .....	22
<b>Tabela 2</b> - Resumo do teste de Scott e Knott para 14 características avaliadas em 12 híbridos de sorgo biomassa. Araguatins, TO, 2019.....	24

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases fenológicas da cultura do sorgo.....	14
Figura 2. Área de implantação do experimento.....	19
Figura 3. Horas de luz solar e crepúsculo do estado do Tocantins.....	19

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>2.1 Cultura do sorgo: origem, histórico e importância econômica</b> .....	12
2.1.1 Classificação Botânica, biologia floral e reprodução.....	13
<b>2.2 Caracteres agronômicos da cultura do sorgo</b> .....	14
<b>2.3 Tipos de sorgo</b> .....	15
2.3.1 Sorgo biomassa .....	16
<b>2.4 Sorgo biomassa como potencial energético</b> .....	16
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	19
<b>3.1 Características da área</b> .....	19
<b>3.2 Delineamento e condução do experimento</b> .....	20
<b>3.3 Material genético e caracterização fenotípica</b> .....	20
<b>3.4 Análises estatísticas</b> .....	21
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....	22
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30
<b>ANEXOS</b> .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

A região do bico do papagaio localizada no extremo norte do Tocantins é caracterizada por forte presença da Agricultura Familiar e um grande número de Projetos de Assentamentos. Dessa forma, a agricultura predominante não detém altas tecnologias nem extensivas áreas. As atividades agrícolas mais comuns na região são a produção bovina de corte e leiteira e o cultivo de culturas de subsistência. O sorgo não é uma cultura tradicional da região em nenhuma de suas aptidões, forrageira, biomassa, sacarino, granífero ou vassoura.

Contudo, alguns produtores locados na região bico do papagaio já cultivam sorgo para produção de silagem, mas não sabem se a mesma foi desenvolvida para esta ou outra finalidade, nem sua possível recomendação para cultivo na região. Além disso, não há na região nenhum registro de plantio de sorgo biomassa para alimentação animal e, tão pouco, para geração de energia.

De acordo com Netto *et al.* (2018), o sorgo biomassa é uma planta com rápido crescimento e elevado potencial produtivo, sendo uma das alternativas mais interessantes para abastecimento das demandas atuais, dentre elas, a geração de energia. Diante do cenário mundial atual, com alta demanda por energia elétrica, buscar fontes alternativas e sustentáveis para geração de energia é um dos maiores desafios do século.

Segundo May *et al.* (2013), o sorgo é uma das principais plantas que melhor atendem à demanda de produção de biocombustíveis, principalmente o sorgo biomassa, o qual detém um eficiente processo de fotossíntese, semelhante ou até superior ao da cana-de-açúcar e do capim-elefante. A característica de adaptação a climas tropicais e temperados, sua elevada eficácia na utilização da água, sua tolerância a períodos de seca e sua capacidade potencial de produzir altas quantidades de biomassa lignocelulósica são alguns dos numerosos pontos fortes dessa planta.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico e bromatológico de diferentes híbridos de sorgo biomassa submetidos a condições de solo e clima do extremo norte do Tocantins e gerar conhecimentos que futuramente permitam a recomendação de cultivares de sorgo biomassa que melhor se adaptem às condições locais para serem utilizados tanto na produção de energia como na alimentação animal.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cultura do sorgo: origem, histórico e importância econômica**

O local exato da origem do sorgo se perdeu ao longo dos séculos e não se sabe precisamente onde aconteceu. No entanto, existem registros que indicam a África Oriental (Etiópia e/ou Sudão) como centro de origem sendo difundido para outros países por meio da migração de nativos africanos. Outros autores afirmam ainda que existem dois centros de origem para sorgo, a África e a Índia (WALL e ROSS, 1975; VON PINHO e VASCONCELOS, 2002; BUSO, 2011).

No Brasil o sorgo foi introduzido provavelmente da mesma maneira que na América do Norte e Central, trazido por escravos africanos, na época de intenso tráfico de escravos para trabalhar na produção açucareira. Todavia, somente depois da segunda década do século XX o sorgo foi reintroduzido no Brasil de forma ordenada, por meio das intuições de ensino e órgãos de pesquisa (RIBAS, 2003).

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo perdendo apenas para o trigo, milho, arroz e a cevada (OLIVETTI e CAMARGO, 1997; ROCHA, 2017). O cultivo de sorgo no Brasil majoritariamente se concentra no Sudeste e Centro-Oeste, especialmente no bioma Cerrado. Nas últimas safras a cultura apresentou expansão na sua produção no País, sendo colhido na safra 2018/2019 cerca de 732,2 mil hectares, com uma produtividade de 2.973 kg/ha e produção de 2.177 mil toneladas (CONAB, 2019).

Na safra de 2019/2020 a área plantada de sorgo manteve-se a mesma da safra anterior, porém havendo uma pequena diminuição da produtividade e da produção, passando de 2.973 para 2.880 kg/ha, e de 2.177 para 2.109,3 toneladas, respectivamente (CONAB, 2019).

Segundo a Conab (2018), no ano de 2018 o Brasil exportou 335 toneladas de sorgo ao valor de US\$ 85.472. Este volume exportado foi totalmente destinado aos Emirados Árabes Unidos, mas ainda assim o Brasil chegou a importar cerca de duas toneladas do produto da vizinha Argentina pelo valor de US\$ 3.300.

O sorgo é uma cultura extremamente versátil por possuir diversas formas de utilização. No Brasil é utilizado não somente para grão e forragem, como também para fonte de energia limpa, por meio da produção de etanol e geração de energia elétrica, térmica e mecânica usando a queima da biomassa. No entanto, segundo Olivetti e Camargo (1997), o cultivo de sorgo no Brasil ainda esbarra em um grande

preconceito por parte do produtor, isso devido à falta de informação e conhecimentos técnicos sobre a cultura.

### 2.1.1 Classificação Botânica, biologia floral e reprodução

O Sorgo é uma planta monocotiledônea, monoica, anual e gramínea, pertencente à família poaceae, gênero *Sorghum* e espécie *Sorghum bicolor* L., Moench (BORÉM *et al.*, 2014). Todos os tipos comerciais de sorgo pertencem a essa espécie, independente da finalidade e morfologia, sendo eles os sorgos granífero, forrageiro, vassoura, sacarino e biomassa.

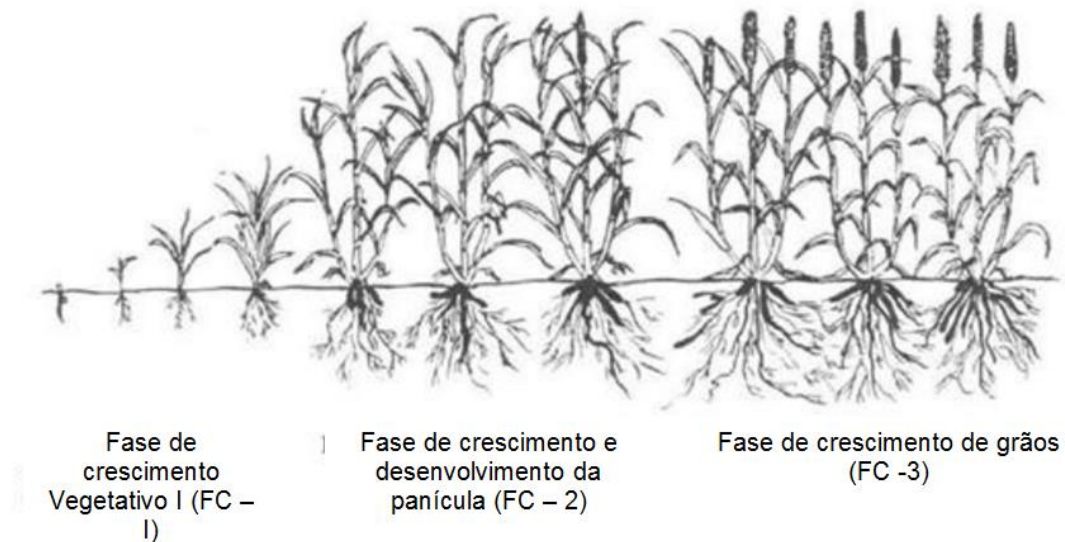
A inflorescência do sorgo é uma panícula que apresenta um eixo central do qual partem os eixos secundários. Dependendo da variedade a ráquis pode ser curta ou longa, espessa ou fina, peluda ou glaba e ainda com vários eixos que partem de cada nó do eixo central (DURÃES, 2014). A partir do ângulo de inserção dos eixos secundários as panículas podem ser assim classificadas: decumbentes; muito abertas e eretas; abertas e decumbentes; abertas e eretas; semiaberta e ereta; semiaberta e decumbente; semiaberta e elíptica; compacta e elíptica; compacta e redonda; média e escora; e escorada (BORÉM *et al.*, 2014).

O sorgo apresenta flores andróginas sendo considerada predominantemente uma espécie autógama, porém com uma taxa de fecundação cruzada entre 2 e 10%. O processo de fecundação começa no topo da panícula e pode durar de 4 a 5 dias (DURÃES, 2014).

As flores hermafroditas abrem a partir do momento que a inflorescência se encontra totalmente fora da bainha. O florescimento inicia pela abertura das flores da parte superior da ráquis e continua do ápice para a base. Dessa forma, as flores situadas na parte superior liberam o pólen e se fecham quando aquelas localizadas na parte inferior começam a se abrir (CAMPOS e CANECCHIO, 1987).

De forma resumida, o ciclo do sorgo se divide em três fases: vegetativa, reprodutiva e maturação. A primeira, denominada etapa de crescimento 1, se caracteriza pela germinação, surgimento da plântula, desenvolvimento das folhas e do sistema radicular. A fase de crescimento 2 tem início na diferenciação do meristema apical em um meristema floral e vai até o florescimento. A fase de crescimento 3 é dada com a maturação dos grãos e senescência das folhas (VON PINHO *et al.*, 2014).

**Figura 1.** Fases fenológicas da cultura do sorgo



Fonte: Adaptada de Embrapa 2010

## 2.2 Caracteres agrônômicos da cultura do sorgo

O cultivo de sorgo pode ser efetuado em diversas regiões do Brasil, o que faz dele uma cultura rústica e facilmente adaptável aos mais variados tipos de solo e clima. No Brasil é plantado desde o Sul, Sudeste, Centro-Oeste até o Nordeste. E apresenta ainda tolerância a estresse hídrico e a solos com baixa fertilidade (RIBAS, 2008). Todas essas características de alta importância agrônômica, principalmente em locais com agricultura de baixa tecnologia, faz dessa cultura um bom substituinte para o milho.

A altura do sorgo é um ponto importante para a sua classificação, podendo variar de 40 cm até mais de quatro metros. A altura é medida do início do caule até a extremidade da panícula, sendo diretamente ligada à distância e à quantidade dos entrenós e também relacionada com o pedúnculo e a panícula (MAGALHÃES *et al.*, 2014). Os sorgos de portes mais elevados são do tipo biomassa, os quais chegam a medir mais de cinco metros de altura.

Em decorrência da origem tropical, o sorgo apresenta uma grande sensibilidade a baixas temperaturas no período noturno. Temperaturas entre 33 e 34° C são consideradas ótimas para o crescimento e desenvolvimento. Sendo que, em temperaturas acima de 38° C e abaixo de 16° C decrescem a produção (MAGALHÃES *et al.*, 2008).

Em relação à necessidade hídrica, apesar de ser uma cultura resistente à seca, o sorgo necessita de 400 mm de chuva distribuídas uniformemente durante todo o ciclo. As fases críticas estão entre os dias 20 e 25 após o plantio e na fase de polinização. O estresse hídrico pode comprometer o estande da lavoura, o desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, a produtividade final (ANDROCIÓLI, 2014).

### **2.3 Tipos de sorgo**

No Brasil são cultivados basicamente cinco tipos de sorgo: granífero, sacarino, forrageiro, vassoura e, mais recentemente, o sorgo biomassa.

O sorgo granífero compreende as cultivares de porte baixo, menores que 1,70 m, as quais produzem uma panícula na extremidade superior da planta onde ficam localizados os grãos. A produção de grãos é a principal finalidade deste tipo de sorgo, no entanto, após a colheita os restos culturais são utilizados para formação de palhada para culturas posteriores. O sorgo granífero pode ser utilizado na alimentação humana e animal. Na alimentação humana o sorgo é muito comum nos países africanos e asiáticos, principalmente em forma de farinha (MORGADO, 2002).

Já o sorgo forrageiro são plantas de porte alto, acima de 2,70 m, o que faz destas cultivares grandes produtoras de massa verde. Muitos programas de melhoramento genético no Brasil estão desenvolvendo híbridos de sorgo forrageiro visando maior produção de massa verde total por área, uma vez que, híbridos geralmente são mais produtivos do que as variedades. O principal objetivo no cultivo de sorgo forrageiro é a produção de silagem para a alimentação animal e a sua maior vantagem é o baixo custo da silagem produzida. Entretanto, a qualidade nutricional do alimento produzido é inferior a uma boa silagem de milho devido à baixa produção de grãos (MIRANDA e PEREIRA, 2006).

O sorgo sacarino tem um grande potencial energético pela sua alta capacidade de acumulo de açúcares em seu caule. Possui porte alto e pode também ser utilizado como forrageiro (MORGADO, 2002). Atualmente vem sendo estudado como um grande potencial para produção de biocombustíveis (etanol).

O sorgo vassoura possui uma panícula do tipo laxa com ráquis curtas e longas ramificações, o que a confere aptidão para fabricação de vassouras,

conhecidas em muitas regiões do Brasil como vassoura melga (FARIAS, 1989; COSTA *et al.*, 2008).

### 2.3.1 Sorgo biomassa

O sorgo biomassa possui grande quantidade de massa verde, caule fibroso e porte alto (EMBRAPA, 2015). O alto potencial de produção de biomassa deste tipo de sorgo é devido principalmente à sua sensibilidade ao fotoperíodo, isto possibilita uma extensão do ciclo vegetativo e, conseqüentemente, o aumento de biomassa verde em toneladas/hectare.

Os híbridos de sorgo biomassa são fruto do melhoramento genético com a intenção de atender às demandas atuais por energia renovável e limpa. No cenário mundial de crise de energia o sorgo biomassa surgiu como boa alternativa para geração de bioenergia. De acordo com May *et al.* (2015) houve um crescimento expressivo na produção deste sorgo para geração de energia no Brasil nos últimos tempos. Assim, são importantes os estudos que possam aferir a produtividade e o potencial de geração de energia quando cultivada em diferentes climas e épocas de semeadura, gerando conhecimentos essenciais para os setores interessados na tecnologia.

No entanto, ainda segundo May *et al.* (2013), existe uma carência de informações específicas sobre o manejo cultural mais adequado para atingir altos patamares de produção de biomassa. Há, portanto, uma lacuna de conhecimento acerca de épocas de semeadura para diversas regiões de plantio da espécie, espaçamento, adubação, manejo de pragas e doenças, colheita e processamento da massa produzida, rentabilidade econômica e qualidade da matéria-prima do ponto de vista industrial.

## 2.4 Sorgo biomassa como potencial energético

A produção de energia renovável e limpa é o principal desafio do século para a humanidade. Em um mundo totalmente globalizado, onde praticamente tudo e todos são movidos a energia elétrica, dispor de fontes alternativas de energia é imprescindível para o futuro, uma vez que nossas principais fontes são finitas e nocivas ao meio ambiente. Dessa forma, o sorgo biomassa tem se mostrado um potencial e importante fornecedor de matéria prima para cogeração de energia, devido a sua alta produção de biomassa e ainda outros fatores como, ciclo curto, propagação via sementes e possibilidade de mecanização em todas suas etapas

produtivas, colheita, carregamento e transporte para o setor termoelétrico (MAY *et al.*, 2015).

Estudos recentes e o programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, mostram que o sorgo biomassa, além de possuir potencial no fornecimento de matéria para cogeração de energia, pode também ser utilizado para obtenção de etanol de segunda geração (Silva *et al.*, 2018). Ainda segundo Silva *et al.* (2018), a alta produtividade e alta qualidade da massa produzida fazem do sorgo biomassa uma das mais promissoras e excelentes alternativas de matérias-primas para cogeração de energia devido seu alto poder de queima.

De acordo com Castro (2017), o sorgo biomassa apresenta ainda vantagens em relação ao milho e à cana-de-açúcar, por ser uma cultura que apresenta menor custo de produção, maior eficiência no uso da água e tolerar déficit hídrico, podendo assim ser cultivado em várias regiões com climas e solos diversificados.

Simeone *et al.* (2018) testaram o potencial para produção de *pellets* do híbrido BRS716 da Embrapa e constataram que os *pellets* produzidos se encaixaram nas características mínimas de qualidade exigidas e ainda se adequaram às regras da norma europeia para comercialização de *pellets* de produtos não madeireiros. Esta constatação mostra mais uma aptidão oferecida pelo sorgo biomassa e reafirma a necessidade de mais estudos voltados para a exploração dos mais variados potenciais dessa cultura inovadora, produtiva e vantajosa.

O Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu híbridos de sorgo biomassa sensíveis ao fotoperíodo. Esses acessos apresentam elevado potencial produtivo, até 50 ton.ha<sup>-1</sup> de massa seca, com baixos teores de lignina, o que resulta em alta qualidade da biomassa produzida (PARRELLA *et al.*, 2010; SKONIESKI *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Segundo Parrella *et al.* (2010), o fotoperiodismo pode ser apresentado como a resposta do crescimento e desenvolvimento reprodutivo da planta em relação a duração de períodos de luz e escuro. O sorgo apresenta diferentes reações ao fotoperíodo e, a partir do melhoramento genético, pode ser classificado como sensível e insensível ao fotoperiodismo.

De acordo com Pereira (2012), cultivares que apresentam sensibilidade ao fotoperíodo só iniciam sua fase reprodutiva quando os dias forem curtos e tiverem menos de 12 horas e 20 minutos de luz/dia. Dessa forma o sorgo sensível é uma planta de dias curtos e noites longas. As cultivares de sorgo sensível ao fotoperíodo plantadas nos meses de setembro ou outubro em lugares com fotoperíodo maior que 12 horas e 20 minutos, só irão florescer a partir do dia 21 de março do ano posterior. Sendo assim, as cultivares sensíveis aumentam seu ciclo vegetativo e, conseqüentemente, elevam a produção de biomassa por hectare/ciclo em comparação as cultivares não sensíveis ao fotoperíodo.

A biomassa, devido à crise mundial de energia, passou a ser umas das mais importantes alternativas para a geração de energia. Partindo desse ponto de vista, biomassas são derivados de origem vegetal ou animal usados como combustíveis ou para geração deles, com exceção dos combustíveis fósseis. As vantagens dessa fonte de energia são: é renovável; possui baixo custo; o resíduo é reaproveitável; e é menos poluente em relação às demais fontes de energia (MAMEDES, RODRIGUES e VANISSANG, 2010).

Segundo CASTRO (2014), o uso de biomassa vegetal com finalidade energética pode ser realizada a partir de quatro formas básicas: combustão direta, para geração de energia térmica e, conseqüentemente, energia elétrica por cogeração; hidrólise química e enzimática da celulose e hemicelulose, com a finalidade de obter açúcares fermentáveis e produção de combustíveis líquidos; gaseificação, produção de gás ou geração de biogás; e, por fim, pirólise, produzindo bio-óleo ou carvão/coque.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Características da área

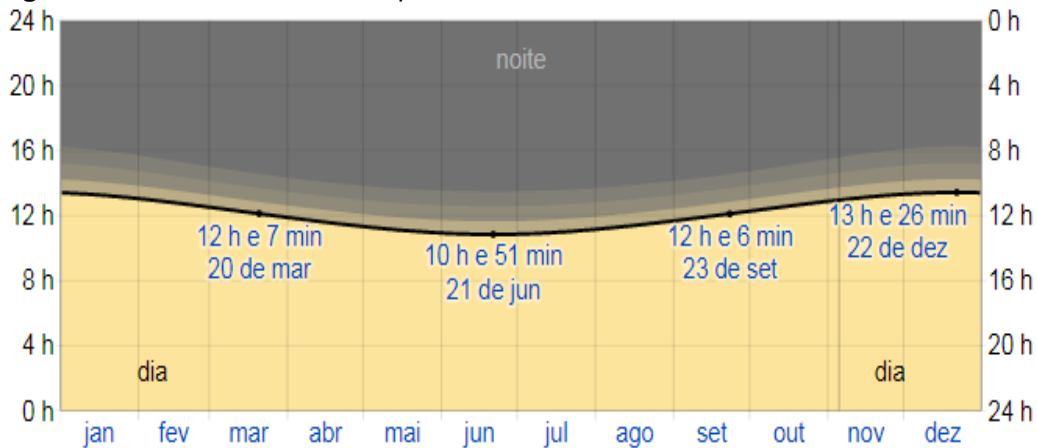
O experimento foi instalado na área experimental pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - *Campus Araguatins*, localizado nas coordenadas aproximadas de 05° 38' 35" S e 48° 04' 14" W. A área apresenta precipitação média anual de 1.500 mm, temperatura média de 28,5°C e altitude de 103 m (INMET, 2015).

Figura 2. Área de implantação do experimento



Fonte: Google Earth 2019

Figura 3. Horas de luz solar e crepúsculo do estado do Tocantins



Número de horas em que o sol é visível (linha preta). De baixo (mais amarelo) para cima (mais cinza), as faixas coloridas indicam: luz solar total, crepúsculo (civil, náutico e astronômico) e noite total.

Fonte: Weather Spark

Foram coletadas amostras do perfil do solo para análises químicas (teores de P, K, Ca, Mg, Al, (H+Al)), de matéria orgânica (MO), de pH e dos níveis de  $Al^{3+}$ ; e análise física (Areia, Silte e Argila) de acordo com o manual de Análises Químicas desenvolvido por Silva (2000), na camada de 0-20. A adubação realizada no experimento foi de acordo com os resultados da análise de solo, recomendada por Ribeiro et al. (1999). Assim, foram usados 266 Kg/ha do adubo formulado NPK 4:30:10 no plantio e 222 Kg/ha de ureia (45% de nitrogênio) em cobertura, dividido em duas aplicações.

### **3.2 Delineamento e condução do experimento**

O experimento foi instalado segundo o delineamento em blocos casualizados (DBC), composto de 36 parcelas, sendo 12 híbridos (cultivares) e três repetições. Cada parcela foi formada por duas fileiras de cinco metros, espaçadas de 0,80 m, com 10 sementes por metro linear, semeadas de três a cinco cm de profundidade. A área útil da parcela foi constituída pelos 3 metros centrais das duas fileiras, ou seja, foram eliminados 1 metro de cada extremidade. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com a recomendação para a cultura (EMBRAPA, 2015).

### **3.3 Material genético e caracterização fenotípica**

Foram utilizados 12 híbridos biomassa cedidos pela Embrapa Milho e Sorgo, Sete lagoas, Minas Gerais considerando duas testemunhas (BRS716 e AGR1002E). Nas fileiras de cada parcela foram avaliadas, em ocasião do estágio fenológico 8(grão pastoso), as características agronômicas: número de plantas acamadas (NPA), obtido pela contagem das plantas que apresentaram um ângulo de inclinação maior que  $45^\circ$  em relação ao eixo vertical; altura de planta (AP), em cm, medida da base do colmo até o ápice da inflorescência de cinco plantas; produção de matéria verde (PMV), em ton/ha, obtida a partir da pesagem de todas as plantas da área útil da parcela; comprimento da panícula (TP), em cm, medida da base da panícula ao ápice da ráquis de cinco plantas; Massa de panícula (MP) em g, de cinco plantas; diâmetro de colmo (DC), em mm, obtido com o auxílio de um paquímetro digital, medido de 15 a 20 cm do solo, de cinco plantas; perfilhamento (PMT), aferido pela quantidade de perfilhos emitidos na área útil da parcela; dias para do florescimento (FLOR), contados a partir do plantio até que 50% das plantas da área útil da parcela emitissem pólen.

As mesmas parcelas avaliadas anteriormente foram caracterizadas bromatologicamente. Para a determinação da matéria seca (MS) foi feita a separação da folha e do caule, seguida de secagem do material em estufa de ventilação forçada de ar a 65° C por 72 horas, moagem e análises. A determinação dos teores de FDN e FDA foram realizadas conforme Van Soest *et al.* (1991) adaptada por Detmann *et al.* (2012). Todas essas análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do *Campus Araguatins* do IFTO.

### **3.4 Análise estatística**

Os dados obtidos com as caracterizações agronômicas e bromatológicas foram submetidos à análise de variância segundo o modelo de blocos casualizados e as médias de cada uma das características foram comparadas pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2016).

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Na tabela 1 é apresentado o resumo da análise de variância dos híbridos, as estimativas das médias dos híbridos e o coeficiente de variação (CV%) para cada característica avaliada.

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso, estimativas de média e do coeficiente de variação experimental (CV%) de 14 características avaliadas em 12 híbridos de sorgo biomassa. Araguatins, TO, 2019

Fonte de variação	GL	Quadrados médios							
		DC mm	TP cm	MP g	PMV ton/ha	PMS ton/ha	AP m	FLOR dias	PA --
Bloco	2	1,75	1,17	357,12	14.48	20.05	0,12	9,75	22.69
Híbrido	11	1,82 <sup>ns</sup>	11,35*	3662,8*	173.40 <sup>ns</sup>	23.95 <sup>ns</sup>	0,19*	55,88**	5.5 <sup>ns</sup>
Resíduo	22	3,71	1,34	129,30	79.47	15.16	0,02	6,47	4.48
Média		19,85	30,45	37,21	58.63	17.78	4,76	81,92	1.61
CV (%)		9.71	3.80	30.56	15.21	21.90	3.16	3.11	131.41

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F. GL: graus de liberdade. DC: diâmetro de colmo; TP: tamanho de panícula; MP: massa de panícula; PMV: produção de massa verde total; PMS: Produção de matéria seca total AP: altura de planta; FLOR: dias para o florescimento; PA: Plantas acamadas.

**Tabela 1** continuação - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso, estimativas de média e do coeficiente de variação experimental (CV%) de 14 características avaliadas em 12 híbridos de sorgo biomassa. Araguatins, TO, 2019

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		FDNc %	FDNf %	FDAc %	FDAf %	MSc %	MSf %
Bloco	2	16,92	33,84	55.04	3.15	12.63	123.90
Híbrido	11	51,92*	14,42 <sup>ns</sup>	35.62**	4.95 <sup>ns</sup>	16.08 <sup>ns</sup>	17.32 <sup>ns</sup>
Resíduo	22	16,45	9,26	5.31	4.38	8.75	14.99
Média		44,43	51,39	22.04	17.55	29.16	31.69
CV (%)		9,13	5,92	10.46	11.93	10.15	12.22

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F. GL: graus de liberdade. FDNc: fibra em detergente neutro da colmo; FDNf: fibra em detergente neutro da folha; FDAc: fibra em detergente neutro do colmo; FDAf: fibra em detergente neutro da folha; MSc: Matéria seca da colmo; MSf: Matéria seca do folha;

Os valores de CV% (coeficiente de variação) variaram entre 3,11 (FLOR) e 131% (PA). Na estatística considera-se que quanto menor os valores de CV mais confiáveis são os dados obtidos. Pimentel Gomes (1985), estudou os coeficientes de variação obtidos nos ensaios agrícolas e classificou-os da seguinte forma: baixos, para valores inferiores a 10%; médios, para valores entre 10 e 20%; altos, para valores entre 20 e 30%; e muito altos, para valores acima de 30%. Dessa forma, apenas as características, MP e PA obtiveram valores muito altos para CV. Parrella *et al.* (2010) caracterizou a biomassa obtida a partir de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando a produção de biocombustíveis e encontrou CVs% de 5,29,

7,85 e 19,92 para florescimento, altura de planta e produção de massa verde respectivamente, valores superiores àqueles encontrados no presente trabalho.

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ) pelo teste F para as características TP (tamanho de panícula), AP (altura de planta), MP (Massa de panícula), FLOR (dias para o florescimento), FDNc (fibra em detergente neutro da folha) e FDAc (fibra em detergente neutro do colmo) (Tabela 1). Assim, é indicado que existe pelo menos dois grupo de médias de híbridos estatisticamente diferente entre si para as características acima citadas, conforme a tabela 2.

Para as características DC (diâmetro de colmo), PMV (produção de massa verde total), PMS (produção de massa seca), NP (perfilhamento), FDNf (fibra em detergente neutro da folha), FDAf (fibra em detergente ácido da folha) MSf (matéria seca da folha) e MSc (matéria seca do colmo) não houve diferença estatística pelo teste F (Tabela 1).

Para DC, os híbridos apresentaram médias estatisticamente iguais às testemunhas, híbridos 11 (BRS716) e 12 (AGRI002E). Os valores das médias variaram de 18,51 (híbrido 5) a 21,04 mm (híbrido 2) conforme a tabela 2. Mesmo sem diferença estatística entre os híbridos para DC, os valores encontrados estão de acordo com os padrões aceitáveis para diâmetro de colmo no sorgo biomassa. Netto *et al.* (2018) testaram genótipos de sorgo com finalidade de produção de biomassa, compararam-nos com duas cultivares já lançadas pela Embrapa e obtiveram médias para diâmetro do colmo variando entre 17 e 20,35mm. Estas médias são parecidas com os valores encontrados no presente trabalho.

**Tabela 2-** Resumo do teste de Scott e Knott para 14 características avaliadas em 12 híbridos de sorgo biomassa. Araguatins, TO, 2019

Híbridos	Características							
	DC mm	TP Cm	MP g	PMV ton/ha	PMS ton/ha	AP m	FLOR dias	PA
1	19,73 a	33,23 a	46,83 a	54,79 a	17,51 a	4,91 a	83,0 a	1,66 a
2	21,04 a	32,75 a	51,22 a	50,29 a	15,49 a	4,85 a	76,66 b	2,0 a
3	19,69 a	30,40 b	21,41 b	54,43 a	17,96 a	4,09 c	73,66 b	0,0 a
4	19,85 a	32,19 a	23,60 b	52,63 a	15,76 a	4,58 b	76,66 b	1,0 a
5	18,41 a	29,21 b	31,89 b	60,15 a	19,13 a	4,81 b	82,0 a	1,33 a
6	21,02 a	29,36 b	35,02 b	52,36 a	13,28 a	4,74 b	86,00 a	4,66 a
7	20,04 a	31,55 a	55,61 a	53,89 a	16,22 a	4,66 b	82,66 a	3,33 a
8	19,62 a	27,83 b	24,40 b	71,18 a	21,02 a	4,79 b	86,66 a	0,0 a
9	19,82 a	30,38 b	45,71 a	71,50 a	22,70 a	4,90 a	85,66 a	2,0 a
10	18,79 a	28,80 b	37,59 b	54,02 a	14,94 a	4,64 b	79,66 b	0,66 a
11	19,56 a	27,46 b	34,33 b	67,93 a	21,01 a	5,07 a	85,66 a	2,0 a
12	20,57 a	32,22 a	38,91 b	60,32 a	21,01 a	5,02 a	84,66 a	0,66 a

Médias seguidas pela mesma letra do alfabeto são iguais estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott. Diâmetro do colmo (DC); Tamanho de panícula (TP); Massa de panícula (MP); Massa verde total (PMV); Produção de massa seca (PMS); Altura de planta (AP); Florescimento (FLOR) e Plantas acamadas (PA).

**Tabela 1 continuação** - Resumo do teste de Scott e Knott para 14 características avaliadas em 12 híbridos de sorgo biomassa. Araguatins, TO, 2019

Híbridos	Características					
	FDNc %	FDNf %	FDAc %	FDAf %	MSc %	MSf %
1	46,82 a	50,10 a	20,84 a	17,04 a	31,74 a	32,21 a
2	44,51 a	48,49 a	19,88 a	16,29 a	30,00 a	31,27 a
3	33,52 b	52,95 a	12,76 b	17,31 a	35,07 a	31,79 a
4	42,72 a	53,16 a	22,93 a	17,94 a	31,84 a	28,34 a
5	43,30 a	50,25 a	22,03 a	18,15 a	32,94 a	29,75 a
6	47,53 a	48,07 a	23,41 a	15,40 a	26,65 a	24,34 a
7	44,43 a	50,75 a	23,57 a	17,54 a	31,34 a	28,57 a
8	42,40 a	51,64 a	21,68 a	17,74 a	30,68 a	27,45 a
9	44,08 a	53,30 a	22,85 a	18,47 a	35,38 a	27,38 a
10	46,00 a	55,75 a	22,56 a	20,56 a	32,72 a	27,85 a
11	50,52 a	51,97 a	26,96 a	16,45 a	32,57 a	29,30 a
12	47,25 a	50,17 a	24,91 a	17,61 a	29,32 a	31,58 a

Médias seguidas pela mesma letra do alfabeto na coluna são iguais estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott. Fibra em detergente neutro do colmo (FDNc); Fibra em detergente neutro da folha (FDNf); Fibra em detergente ácido do colmo (FDAc); Fibra em detergente ácido da folha (FDAf); Matéria seca do colmo (MSc); Matéria seca da folha (MSf).

Para as características tamanho de panícula (TP) e massa de panícula (MP) houve diferença estatística entre os híbridos. Quanto à massa de panícula (MP), apenas os híbridos 1, 2, 7 e 9 apresentaram médias com letra 'a' que os discrimina no teste de agrupamento, sendo que os demais apresentaram a letra ('b'). Apesar da variação entre a maior e a menor MP, o valor da diferença mínima significativa (DMS) foi alta, 33,78, fazendo com que o contraste de médias discrepantes fossem consideradas estatisticamente iguais dado ao alto valor do DMS. Pela variação das médias, pode-se observar que há uma considerável variabilidade entre os materiais para esta característica.

O alto valor do DMS em relação às médias, por sua vez, pode ser explicado pelo alto valor do resíduo, comum quando um mesmo tratamento apresenta valores diferentes nas diferentes repetições. Essa variação geralmente não é totalmente transferida para os blocos. Estes valores podem ter sido consequência do ataque de pássaros sobre os grãos das panículas. Algo parecido aconteceu com o tamanho da panícula (TP) em que apenas dois grupos foram formados 'a' e 'b', todavia os valores variam de 27 a 33 cm, indicando baixa variabilidade entre os híbridos para esta característica. Assim, tanto para MP e TP os híbridos foram, de maneira geral, iguais estatisticamente às testemunhas, indicando que apresentam padrões aceitáveis para ambas as características.

Todos os híbridos e cultivares avaliados apresentaram ciclos curtos, inferiores a 100 dias, com número de dias para o florescimento (FLOR) variando de 73 a 86 dias. Os híbridos mais tardios (grupo com letra 'a') variaram de 82 a 86 dias, enquanto que os de ciclo mais precoce (grupo com letra 'c') variaram de 73 a 79 dias para o florescimento. No entanto, de acordo com Tardin *et al.* (2018), o cultivar BRS 716, e outros 14 híbridos de sorgo biomassa apresentaram ciclo longo, acima de 136 dias.

O principal fator que propiciou ciclo inferior a 100 dias foi a época de semeadura. O plantio foi realizado no dia 24 de janeiro de 2019. Nesse período do ano no estado do Tocantins ainda se tem dias longos, com um período de luz acima de 12 horas e 20 minutos. No entanto, a partir do dia 21 de março os dias começaram a encurtar, diminuindo o período luminoso e o sorgo sensível ao fotoperíodo foi estimulado a florescer. Assim, o período de dias longos, que estimula o crescimento vegetativo, para híbridos de sorgo biomassa plantados no mês de

janeiro, época de safrinha, foi consideravelmente reduzido em relação aos híbridos que são convencionalmente semeados no início do mês de novembro e, dessa forma, o ciclo foi encurtado.

A diferença dos resultados deste trabalho em relação à literatura também pode ser explicada pelo clima quente e a alta incidência de chuvas na região norte do Tocantins nos meses de fevereiro, março e abril, corroborando para o florescimento precoce dos híbridos.

Pereira *et al.* (2010) e May *et al.* (2013), os quais testaram híbridos de sorgo biomassa semeados nos meses de novembro e dezembro, obtiveram até 169 dias para o florescimento, confirmando a sensibilidade ao fotoperíodo.

Para produção de massa verde (PMV) e massa seca total (PMS), tanto os híbridos como os cultivares testemunhas produziram estaticamente as mesmas quantidades (Tabela 2), não havendo variabilidade genética para estas características nos híbridos testados. Este resultado contrasta com aquele obtido por Parrella *et al.* (2011), os quais avaliaram 64 híbridos de sorgo biomassa com aptidão para produção de energia e observaram que, em geral, os híbridos foram mais produtivos que as cultivares testemunhas (diferente das usadas neste trabalho).

As médias para PMV variaram de 52,36 a 71,50 ton/há (Tabela 2). A relativa redução na PMV dos híbridos testados neste trabalho é devida, principalmente, à característica de sensibilidade ao fotoperiodismo do sorgo biomassa. Como já explicado anteriormente, a semeadura foi realizada no final do mês de janeiro em período de safrinha, de forma que com o plantio tardio o ciclo vegetativo foi reduzido em decorrência da presença de fotoperíodo indutivo à diferenciação floreal e, por conseguinte, o acúmulo final de massa verde diminuiu. Algo semelhante aconteceu com PMS (produção de matéria verde total), em que as médias variaram de 13,28 a 22,70 ton/há. Todavia, os valores de PMV e PMS alcançados mostram que híbridos possuem alto potencial de produção de biomassa e estão dentro dos limites aceitáveis para o uso em época de safrinha, assim como as cultivares testemunhas.

Pereira *et al.* (2012) testaram híbridos de sorgo biomassa em diferentes localidades e encontraram valores para PMV e PMS de 102,55 e 37,95 ton.ha<sup>-1</sup>, em Janaúba, e 72,56 e 27,95 t.ha<sup>-1</sup>, em Sete lagoas, na devida ordem, em Minas Gerais. O autor explica que o maior desempenho do plantio de Janaúba foi devido a

semeadura antecipada em um mês em relação à semeadura em Sete Lagoas, ocorrendo redução de ciclo desta última e, conseqüentemente, diminuição dos índices produtivos, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

Fortes *et al.* (2018) avaliaram híbridos de sorgo sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, nos meses de março e junho, sob nas condições edafoclimáticas do Tocantins, mais especificamente na região de Palmas, e constataram que as cultivares sensíveis tiveram menores desempenhos produtivos para PMV e PMS. Estes autores também afirmaram que a baixa produção foi propiciada pela presença de fotoperíodo propício à indução floral no período avaliado.

Para a variável altura de planta (AP) foram formados três grupos de médias distintas, sendo designados de grupos 'a', 'b' e 'c'. Os híbridos 11 (BRS716) e 12 (AGRI002E), cultivares testemunhas com aptidão para biomassa, formaram o grupo 'a' e apresentaram as maiores médias de altura de planta, 5,07 e 5,02 m, nessa ordem (Tabela 2). Os híbridos 1, 2 e 9 apresentaram médias de alturas estatisticamente iguais às testemunhas. Apenas o híbrido 3 apresentou a menor média (4,09 m), sendo alocado sozinho no grupo de média 'c'. Todos os demais híbridos apresentaram médias intermediárias, sendo alocados no grupo 'b'. Os híbridos apresentaram altura elevada, mesmo o híbrido 3. Este resultado pode ser explicado pelo fato das linhagens genitoras serem muito semelhantes na altura e, em média, altas, de modo que seus híbridos apresentassem pouca variabilidade genética e média alta para essa característica.

Tardin *et al.* (2018) avaliaram o desempenho agrônômico de 25 genótipos de sorgo, dentre eles 23 biomassa e 2 forrageiros, e constataram que o cultivar BRS 716 também apresentou média de altura de planta elevada, 5,23 m, juntamente com os demais híbridos testados, conforme ocorreu no presente projeto.

O híbrido 3 apresentou o menor valor de altura, mas também está dentro dos limites aceitáveis para a altura de sorgo destinado à produção de biomassa. De uma maneira geral, os híbridos de sorgo destinados a produção de biomassa possuem porte mais elevado em relação aos demais tipos de sorgo. Parrella *et al.* (2010) e Delgado (2017) testaram híbridos de sorgo biomassa e encontraram médias de 4,61 e 4,73 m respectivamente, sendo estes valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

No que se refere a plantas acamadas, de modo geral, os híbridos apresentaram resistência ao acamamento, não constando nenhuma média superior a 3,33 plantas acamadas por tratamento. Este é um resultado extremamente desejável, principalmente quando se trata de culturas de porte elevado como é o caso do sorgo biomassa. As principais causas para o baixo índice de acamamento foram, provavelmente, a utilização do espaçamento adequado e o baixo índice de doenças fúngicas no caule. No entanto, são necessário novos trabalhos para avaliação desta variável, uma vez que, o valor de CV% foi muito elevado. Molina *et al.* (2000) avaliaram híbridos de sorgo para produção de silagem e constataram uma relação positiva entre altura de plantas e porcentagem de acamamento. Os autores observaram que os híbridos de sorgo BR601 e AG2006, ambos de porte alto, apresentaram maiores tendências ao acamamento. Corrêa (1996) evidenciou que o acamamento se torna mais presente com o avanço da maturação fisiológica, principalmente em híbridos de porte mais elevado.

Quanto às características bromatológicas, para FDNc (fibra em detergente neutro do colmo) 11 dos 12 híbridos testados concentraram-se no grupo 'a', com exceção apenas do híbrido 3 (Tabela 2 - continuação). Para FDNf (fibra em detergente neutro da folha) apenas um grupo de média foi formado. Os valores de porcentagem de FDN estão entre 33,52 e 50,52 % para colmo e 48,07 e 55,75% para folha. Este fato remete novamente à grande homogeneidade genética dos híbridos testados, os quais possivelmente possuem gerações parentais muito semelhantes geneticamente para essas características.

Segundo Netto *et al.* (2018), a FDN é o melhor indicativo para verificação dos teores de fibra e também o melhor parâmetro para avaliação de qualidade de material com aptidão para silagem. De acordo com Pioneer (2018), para uma silagem de qualidade os valores de FDN devem estar entre 38 e 45%. Dessa forma, no presente trabalho os valores de FDN, no colmo, dos híbridos 2, 4, 5, 7, 8 e 9 estão dentro dos padrões recomendados por Pioneer (2018) e, portanto, possivelmente aptos a serem utilizados para processo de ensilagem. Porém, os híbridos 1, 6, 10, 11 (BRS 716) e 12 (AGRI002E) apresentam valores acima do recomendado por Pioneer (2018). Dentre todos os híbridos testados, apenas o 3 apresentou valores inferiores.

No que se refere aos valores de FDA (fibra em detergente ácido), ocorreram resultados semelhantes à FDN, em que apenas o híbrido 3 se distinguiu dos demais em FDA<sub>c</sub>. Todos os outros híbridos, tanto para FDA<sub>f</sub> como para FDA<sub>c</sub>, se concentraram em único grupo com letra 'a'.

As médias para FDA<sub>c</sub> variaram de 12,76 (híbrido 3) a 26,96% (híbrido 11 - BRS 716) e para FDA<sub>f</sub> variaram de 15,40 (híbrido 2) a 20,56% (híbrido 9). A FDA está contida na FDN e representa as frações de celulose e lignina. A FDA é a fração não digerível da planta, inversamente proporcional à digestibilidade, ou seja, quanto maior o teor de FDA, menor será a digestibilidade do alimento produzido (VAN SOEST, 1994). Partindo desse ponto de vista, os híbridos testados apresentam possível potencial para serem utilizados na alimentação animal devido ao baixo teor de FDA.

Os valores encontrados para FDA estão relativamente baixos em comparação a outros trabalhos relacionados à Bromatologia do sorgo. Pedreira *et al.* (2003) testaram híbridos de sorgo forrageiro e obtiveram valores para FDA acima de 30%. Castro *et al.* (2015) avaliaram o potencial energético de híbridos de sorgo biomassa e encontraram médias para FDA que variaram entre 38,7 e 51,9%. Os valores de FDA e FDN variam de acordo com o local de plantio, híbridos utilizados, épocas de semeadura, adubação, tipos de solos, épocas de colheita, entre outros fatores.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos são inovadores, já que a Embrapa Milho e Sorgo não dispunha de dados sobre o comportamento destes híbridos na região do Bico do papagaio e em seu entorno.

Em um programa de melhoramento genético, espera-se que os híbridos sempre sejam superiores àqueles já existentes no mercado para as principais características. Apesar dos híbridos avaliados não superarem as cultivares testemunhas (BRS 716 e AGRI002E) para produção de massa verde (PPMV), eles apresentaram o mesmo desempenho das mesmas, que são destaques no mercado de sorgo biomassa.

Já para FDN, esse progresso com o melhoramento genético foi alcançado uma vez que os híbridos 2, 4, 5, 7, 8 e 9 se destacaram em relação aos cultivares comerciais. Assim, pensando na capacidade biomassa e forrageira, estes híbridos demonstram potencial agrônomo e bromatológico para a região.

Novos ensaios devem ser conduzidos na região para verificar a estabilidade de comportamento deste híbridos, como é feito em diferentes espécies cultivadas, uma vez que é comum a variação do comportamento dos híbridos em função da época de plantio/safra, do local e do ano, o que chamamos de interação genótipo x ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ANDROCÍOLI, J. R. Manejo operacional no plantio. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PRRELLA, A. C. P. **Sorgo do plantio à colheita**. Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG: Ed UFV, 2014. Capítulo 4.
- BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PRRELLA, A. C. P. **Sorgo do plantio à colheita**. Universidade Federal de Viçosa; Viçosa: Editora UFV, 2014.
- BUSO, W. H. D. **Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal**. PUBVET, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- CAMPUS, T.de; CANÉCHHIO, V. F. **Principais culturas**. 2 ed. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 1987.
- CASTRO, E.; NIEVES, I. U.; RONDÓN, V.; SAGUES, W. J.; FERNÁNDEZSANDOVAL, M. T.; YOMANO, L. P.; YORK, S. W.; ERICKSON, J.; VERMERRIS, W. Potential for ethanol production from different sorghum cultivars. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 367-373, 2017.
- CASTRO, F. M. R. **Potencial agrônômico e energético de genótipos de sorgo biomassa**. 2014. 80 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014 .
- CASTRO, F. M. R.; BRUZI, A. T.; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. C. **Potencial energético de genótipos de sorgo biomassa**. 8º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. Goiânia, 2015.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2019. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2018/2019– 5º levantamento**. Brasília, 2019. Disponível em: C:/Users/USUARIO/Downloads/BoletimZGraosZfevereiroZ2019.pdf> Acesso em: 17/10/2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2019. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2019/2020– 1º levantamento**. Brasília, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Rafael%20Gomes/Downloads/GrosZoutubroZ2019.pdf> Acesso em: 17/10/2019.
- CORREA, C.E.S. **Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação**. 1996. 119f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.
- COSTA, J. S.; OLIVEIRA, L. P.; SOUZA, E. I. **Vassouras de sorgo: alternativa para “limpar” o desemprego e a desigualdade social**. Santa Teresa: Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, 2008.
- CRUZ, C. D. **Genes Software** – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. Acta Scientiarum. v. 38, n. 4, p. 547-552. 2016.

DELGADO, I. D. **Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos de Sorgo Biomassa**. 2017. 60 p. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT** - Ciência Animal. 1.ed. Visconde do Rio Branco: Suprema; 2012. 214p. Português.

DURÃES, N.N.L. **Heterose em sorgo sacro**. 2014. 96 p. Dissertação (mestrado)- Univbbersidade Federal de Lavras, 96 p., 2014.

EMBRAPA. **Sistema de Produção**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2015. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MILHO E SORGO. **Cultivo do sorgo**. Brasília, 2014.

FARIAS, J. G. **Recomendações técnicas para o cultivo e aproveitamento do sorgo-vassoura**. Goiânia: EMGOPA, 1989.

FORTES, C.; EVARISTO, A. B.; BARROS, A.; PIMENTEL, L. D. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa nas condições edafoclimáticas do Tocantins. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 33, n.1, p.27-30, 2018.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. [2015]. MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O.M.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção. 4ª ed. Sete Lagoas, 2008.

MAGALHÃES, P.C.; SOUZA, T. C. S.; MAY, A.; LIMA, O. F.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A. M.; LEITE, C. E. P.; ALBUQUERQUE, C. J. B. FREITAS, R. S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PRRELLA, A. C. P. **Sorgo do plantio à colheita**. Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG: Ed UFV, 2014. Capítulo 3.

MAMEDES, J.A.; RODRIGUES, M.P.J.; VANISSANG, C.A. Biomassa no Brasil. **Bolsista de Vlor**, Campos dos Goytacazes, v. 1, p. 65-73, 2010.

MAY, A. SILVA, D. D. da.; SANTOS, F. C. dos. **Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2013.

MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C.; PARRELLA, N. N.L. D.; SCHAFFERT, R. E.; CASTRO, L. H. S.; ASSIS, R.T. de; **Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia**. Embrapa milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2015.

MIRANDA, J.E.C.; PEREIRA, J.R.; **Tipos de sorgo para silagem**. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora, 2006.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J.; FERREIRA, V.C.P. Avaliação agrônômica de seis

híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, vol.52 n.4, 2000.

MORGADO, L. B. **Curso: Produção e manejo de forragem e culturas alimentares**. Embrapa Semi-árido, Petrolina, 2002.

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

OLIVEIRA, R.; FRANÇA, A.; SILVA, A. da; MIYAGI, E.; OLIVEIRA, E. de; PERÓN, H.. **Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio**. Ciência Animal Brasileira, Goiânia, v. 10, n. 4, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br> . Acesso em: 06 nov. 2019.

OLIVETTI, M. P. de A.; CAMARGO, A. M. M. P. de. **Aspectos econômicos e desenvolvimento da cultura do sorgo**. São Paulo: Informações Econômicas, v.27, n.1, jan. p.11, 1997.

PARRELLA, R.A. da C; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2010.

PARRELLA, R.A. da C; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2011.

PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. Características agrônômicas e composição química de oito híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.

PEREIRA, G.A.; PARRELLA, R. A.C.; PARRELLA, N. N.N.L.D.; SOUSA, V.F.; SCHAFFERT, R.E.; COSTA, R. K. **Desempenho Agrônômico de Híbridos de Sorgo Biomassa**. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia, 2012.

PIMENTEL-GOMES, **Curso de Estatística Experimental**. ESALQ/USP: Piracicaba. 1985.

PIONEER. **Análise bromatológica**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/milho/silagem/analise-bromatologica>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

RIBAS, P. M. **Cultivo do Sorgo**. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa : CFSEMG, 1999. 359 p.

ROCHA, A. G. C. **Adensamento de plantas na cultura do sorgo granífero**. 2017. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2017.

SILVA, M. J. da; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. de S.; DAMASCENO, C. M. B.; PARRELLA, N. N. L. D.; PASTINA, M. M.; SIMEONE, M. L. F.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. Evaluation of the potential of lines and hybrids of biomass sorghum. **Industrial Crops and Products**, v. 125, p. 379-385, 2018.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 370p.

SIMEONE, M. L.F.; PARRELLA, R. A. da C.; MAY, A.; SCHAFFERT, R. E. Produção e caracterização de pellets de sorgo biomassa. **Brazilian Applied Science Review**. Curitiba, v. 2, n. 5, p. 1682-1695, 2018.

SKONIESKI, F.; NORBERG, J.; AZEVEDO, E.; DAVID, D.; KESSLER, J.; MENEGAZ, A. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/7200>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

TARDIN, F. D.; NASCIMENTO, P. N. do; GODINHO, V. de P. C.; BARELLI, M. A. A.; DORES, F. J. das; SPIERING, B.; SILVA, A. J. R.; PARRELLA, R.A. da C. **Avaliação do desempenho de genótipos de sorgo biomassa em sinop-MT**. Congresso Nacional de Milho e sorgo, Lavras, 2018.

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

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

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. Cultura do Sorgo. Lavras: UFLA/FAEPE, 76 p., 2002.

VON PINHO, R.G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PRRELLA, A. C. P. **Sorgo do plantio à colheita**. Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG: Ed UFV, 2014. Capítulo 2.

WALL, J.S; ROSS, W.M. **Produccion Y usos del sorgo**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sul, 1975.

# ANEXOS

## Abertura de sulcos; Adubação; Plantio



### Adubação de cobertura



Dias de análises



### Cortes das plantas para análises laboratoriais



