



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

DAVID AIMAR SOUSA SILVA

**POTENCIAL PRODUTIVO DE SORGO BIOMASSA CULTIVADO EM PERÍODO
SECO**

**ARAGUATINS - TO
2022**

DAVID AIMAR SOUSA SILVA

**POTENCIAL PRODUTIVO DE SORGO BIOMASSA CULTIVADO EM PERÍODO
SECO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Agrônoma do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Araguatins, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Dr. Leonardo Corrêa da Silva

**ARAGUATINS - TO
2022**

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

S586p Silva, David Aimar Sousa
Potencial produtivo de sorgo biomassa cultivado em período seco / David Aimar Sousa Silva. – Araguatins, TO, 2022.
31 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2022.

Orientador: Leonardo Corrêa da Silva

1. Sorgo Biomassa. 2. Melhoramento Genético de Plantas. 3. Fitotecnia.
I. Silva, Leonardo Corrêa da. II. 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
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "POTENCIAL PRODUTIVO DE SORGO BIOMASSA CULTIVADO EM PERÍODO SECO"

AUTOR (A): David Aimar Sousa Silva
ORIENTADOR (A): Leonardo Corrêa da Silva

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

Aprovado em 19 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por Leonardo Correa da Silva, Servidor, em 19/11/2022, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Edvar de Sousa da Silva, Servidor, em 19/11/2022, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Wyratan da Silva Santos, Servidor, em 19/11/2022, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1792282 e o código CRC 5E73A6C1.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Evangelista Batista Lima da Silva e Francisca de Jesus Felipes de Sousa, por todo amor, carinho, apoio, inspiração e incentivo durante a minha caminhada; à minha irmã mais velha, Dhully Caroline Sousa Silva, por também ter cuidado de mim durante todos esses anos; e às minhas irmãs mais novas, Nataly Sousa Silva, Francyne Sousa Silva e Elisa Araújo da Silva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter sido meu principal refúgio nos momentos de dificuldades durante a minha graduação, ele sempre me deu força e não me deixou desistir.

À minha mãe, Francisca Felipes de Sousa, e ao meu pai, Evangelista Lima da Silva, por não terem medido esforços para me conduzirem pelo caminho certo.

À minha irmã mais velha, Dhully Caroline Sousa Silva, pelo cuidado e proteção que vem tendo comigo desde o dia em que nasci e por sempre ter ajudado quando precisei; às minhas irmãs caçulas, Nataly Sousa Silva, Francyne Sousa Silva e Elisa Araújo da Silva, que me permitiram retribuir o amor, o carinho e o cuidado com o qual fui abençoado através de meus pais e de Dhully, e a todos os meus demais familiares pelo carinho, apoio e incentivo.

À minha namorada, Ana Paula da Silva Santa, por todo amor, dedicação, companheirismo e por ter tornado esses últimos anos bem mais fáceis.

Ao meu irmão de outra mãe, Brenno Alef Barroso de Sousa, por ter me acompanhando desde o ensino médio, serei eternamente grato por essa amizade.

A todos os meus colegas da turma de 2018, em especial, Cledyson Gabriel, Danilo Vêncio, Mayara Luz, Lorhana Mesquita, Izabel Araújo e todos os membros da ‘tribo’, pela amizade sincera e todas as experiências e alegrias proporcionadas ao longo desses cinco anos.

Aos meus amigos do Povoado Grotão, Carlos Eduardo, Rômulo José, Jandson Conceição, Geovane e todos os demais integrantes do grupo ‘resenha de pobre’, por estarem presente nos momentos mais divertidos da minha vida.

Ao meu Professor Orientador, Dr. Leonardo Corrêa da Silva, pela valiosa contribuição, dentro e fora da sala de aula e pela ajuda durante o TCC, com muita dedicação, compromisso e paciência.

À Embrapa Milho e Sorgo, por meio do Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella, por ter fornecido os híbridos utilizados neste experimento.

Aos professores, Dr. Edvar da Silva, Dr. Wyratan Santos e Me. Poliana de Carvalho por aceitarem participar da banca de defesa do TCC, como titular e suplente.

Aos servidores, Laudemir Lopes (vulgo “Potasse”) e Dinho Feitosa, pela ajuda ativa durante à condução do experimento e ao técnico Ricardo Lopes de Alencar, pelas orientações durante o estágio no laboratório de análise de solo do *campus*.

Ao IFTO *campus* Araguatins, pela oportunidade de ter feito parte de algo maior, todo o corpo docente do curso de Engenharia Agrônômica e cada um dos servidores pela contribuição em minha vida acadêmica.

*“Com mil motivos pra chorar eu ainda vou
escolher sorrir.”*

Lucas ART

RESUMO

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) tem ganhado espaço entre os principais monocultivos no Brasil. O sorgo biomassa com aptidão forrageira apresenta maior rusticidade, quando comparado ao milho, além de apresentar maior tolerância à seca e ao calor, boa capacidade de rebrota, capacidade de explorar maior volume de solo e maior eficiência do sistema radicular na absorção de água e nutrientes, sendo uma alternativa mais acessível aos produtores. Diante disso, objetivou-se avaliar o potencial produtivo de diferentes híbridos de sorgo cultivados em período seco. Os híbridos avaliados nesse projeto são provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, do município de Sete Lagoas, em Minas Gerais, sendo 21 biomassa com aptidão forrageira, em fase de teste, e quatro cultivares comerciais, denominadas testemunhas, BRS 716 e AGRI002E, ambas biomassas; e BRS 658 e Volumax, ambas forrageiras. O trabalho foi conduzido de sete de maio a dois de agosto de 2022, sob condições de irrigação, na área experimental situada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - *Campus* Araguatins. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, sendo 25 tratamentos e 3 repetições, totalizando 75 parcelas. Cada parcela foi formada por duas fileiras de três metros de comprimentos, espaçadas entre si por 0,70 m. Descartou-se os 0,5m iniciais de cada fileira, totalizando uma parcela útil de 2,8 m². Avaliou-se, em diferentes estádios fenológicos as seguintes características: número de dias para a germinação (NDG); número de dias para o florescimento (NDF); e, na ocasião do estádio fenológico 8 (grão pastoso), estande final (EF); número de dias para a colheita (NDC); altura de planta (AP); diâmetro de colmo (DC); comprimento da panícula (CP); massa de panícula (MP); produtividade de matéria verde (PMV); perfilhamento (PFM); e número de plantas acamadas (NPA). Os dados obtidos foram significativos a 5% de probabilidade pelo teste F, com exceção de PFM e NPA. As médias dos híbridos foram comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. De maneira geral, os híbridos apresentaram comportamento igual ou superior as cultivares comerciais, com destaque para o híbrido H3, H11, H12 e H18, porém com menor potencial quando comparado com outros híbridos cultivados em época de maior fotoperíodo.

Palavras-chave: caracterização fenotípica; *Sorghum bicolor* [L.] Moench; forragem; melhoramento genético.

ABSTRACT

Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) has gained space among the main monocultures in Brazil. Biomass sorghum with forage aptitude is more rustic when compared to maize, in addition to having greater tolerance to drought and heat, good regrowth capacity, ability to exploit a larger volume of soil and greater efficiency of the root system in absorbing water and nutrients, being a more accessible alternative to producers. Therefore, the objective was to evaluate the productive potential of different sorghum hybrids cultivated in the dry period. The hybrids evaluated in this project come from the Embrapa Milho e Sorgo Improvement Program, in the municipality of Sete Lagoas, in Minas Gerais, with 21 biomasses with forage aptitude, in the test phase, and four commercial cultivars, called controls, BRS 716 and AGRI002E, both biomasses; and BRS 658 and Volumax, both forages. The work was carried out from May 7 to August 2, 2022, under irrigation conditions, in the experimental area located at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - *Campus* Araguatins. The design used was randomized blocks, with 25 treatments and 3 replications, totaling 75 plots. Each plot consisted of two rows of three meters in length, spaced 0.70 m apart. The initial 0.5 m of each row was discarded, totaling a useful plot of 2.8 m². The following characteristics were evaluated at different phenological stages: number of days to germination (NDG); number of days to flowering (NDF); and, at the phenological stage 8 (pasty grain), final stand (EF); number of days to harvest (NDC); plant height (AP); stem diameter (DC); panicle length (CP); panicle mass (MP); green matter productivity (PMV); tillering (PFM); and number of lodged plants (NPA). The data obtained were significant at 5% probability by the F test, with the exception of PFM and NPA. The averages of the hybrids were compared by the Scott-Knott test, at 5% probability. In general, the hybrids showed a behavior equal to or superior to the commercial cultivars, with emphasis on the hybrid H3, H11, H12 and H18, but with less potential when compared to other hybrids cultivated in a period of longer photoperiod.

Keywords: phenotypic characterization; *Sorghum bicolor* [L.] Moench; fodder; breeding.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise físico-química do solo da área experimental. Araguatins, Tocantins, 2020.....	15
Tabela 2. Resumo da análise de variância em blocos ao acaso, estimativas de média dos tratamentos e do coeficiente de variação experimental (CV%) para 6 características avaliadas em 24 híbridos de sorgo biomassa em Araguatins, Tocantins, 2022	18
Tabela 3. Correlações fenotípicas pelo teste t, feito com g-2 graus de liberdade (GL = 22), entre 11 características avaliadas em 24 híbridos de sorgo biomassa em Araguatins, Tocantins, 2022	19
Tabela 4. Resumo do teste de comparações múltiplas, Scott Knott, para as características avaliadas nos 24 híbridos.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. Caracterização da cultura do Sorgo.....	11
2.2. Aptidão forrageira do Sorgo Biomassa.....	12
2.3. Melhoramento genético do Sorgo	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Caracterização de área experimental.....	14
3.2. Material genético.....	15
3.3. Delineamento e condução do experimento	16
3.4. Caracterização fenotípica.....	16
3.5. Análises estatística	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS.....	27
APÊNDICES	31

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) tem ganhado espaço entre os principais monocultivos no Brasil, seu crescente uso é um reflexo da elevação da produção e exportação da carne bovina no país e ampla produção da pecuária bovina leiteira, ambas acompanhadas pelo aumento da demanda por ração e silagem, particularmente pela aptidão forrageira da cultura. Devido à sua grande resistência a períodos de estiagem, a cultura sorgo tem virado uma alternativa para a oferta de forragem em regiões que enfrentam períodos bem definidos de escassez durante o ano, servindo de alimento para o rebanho bovino, principalmente na forma de silagem.

Mesmo sendo considerada uma cultura muito antiga, com cerca de 6 mil anos de sua origem, somente a partir do fim do século XX o sorgo passou a ter um grande desenvolvimento em muitas regiões agrícolas do mundo. Originário da África e parte da Ásia, pertencente à família Poaceae, foi introduzido no Brasil recentemente, de forma ordenada através de instituições públicas de pesquisa e universidades, desde a segunda década do século XX, expandindo-se no início dos anos 90.

Atualmente, no Brasil, a cultura do sorgo é cultivada em suas diversas aptidões, granífero, forrageiro, biomassa, sacarino e vassoura. Com a finalidade de produção grãos e forragem demonstrando maior grau importância no cenário socioeconômico nacional, devido a sua utilização, direta e indireta, na alimentação humana e animal. De acordo com a CONAB, na safra 2021/2022 houve aumento de 22,3% na área de sorgo plantada, passando de 864,6 mil ha para 1.057,3 mil ha, de 18,4% na produtividade, chegando à 2.855 kg/ha, e de 44,8% da produção total, atingindo cerca de 3.018,3 mil t, no Brasil em relação ao ano de 2021 (CONAB, 2022).

Por possuir elevado potencial de produção, boa adequação à mecanização, reconhecida qualificação como fonte de energia para arraçoamento animal, grande versatilidade (feno, silagem e pastejo direto) e adaptação a regiões mais secas, o sorgo de aptidão forrageira é descrito como uma cultura de grande expressão para a produção animal (RIBAS, 2003). A produção de silagem de sorgo forrageiro surge com alternativa à silagem de milho, apesar da qualidade levemente inferior, há uma certa compensação pela maior produção de massa verde e pelo menor custo de investimento demandado.

O estado do Tocantins é um participante ativo da produção bovina nacional, por possuir grande extensão territorial e baixa densidade populacional, se incluindo nas regiões que vem adotando o sorgo para alimentação do rebanho, por conta das baixas precipitações

pluviométricas existentes em determinados períodos definidos no seu calendário agrícola. De acordo com a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Aquicultura do estado e com o IBGE, o Tocantins conta atualmente com um rebanho de 8 milhões de cabeças, distribuídas em todas as regiões da unidade federativa, destinadas a criação de bovinos de corte (SEAGRO-TO, 2017; SIDRA, 2019). No ano de 2016, com a exportação de carne bovina e derivados, o estado do Tocantins alcançou o valor de US\$ 162.253.086. Além dessas marcas, o estado ainda ocupa a 7ª posição no ranking nacional de bovinos em confinamentos, com aproximadamente 150 mil animais confinados a cada ciclo (SEAGRO-TO, 2017).

Contudo, o trabalho em questão objetivou avaliar o potencial produtivo de diferentes híbridos de sorgo biomassa com aptidão forrageira em cultivo tardio com a utilização de irrigação por aspersão, sob as condições edafoclimáticas da região norte do Tocantins no ano de 2022.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da cultura do Sorgo

O sorgo é uma gramínea de origem tropical, de metabolismo C4, pertencente à família Poaceae que tem sido cultivada no Brasil, principalmente, para a produção de grãos e forragem. Trata-se de uma espécie monoica basicamente autógama, com flores perfeitas e taxa de polinização cruzada em torno de 5% que ocorre, principalmente, pelo vento (ALBUQUERQUE, 2009).

A planta de sorgo possui colmo ereto, com suporte em um sistema radicular muito resistente com raízes seminais e adventícias, possuindo também folhas alternadas compostas por bainha e lâmina foliar com origem nos nós individuais, onde o número de folhas varia de 7 a 30 (SILVA et. al, 2021). A inflorescência é do tipo panícula, com eixo central ou ráquis, de onde partem os eixos secundários (VON PINHO; FIORINI; SANTOS, 2014). A resposta ao fotoperíodo da cultura do sorgo caracteriza-se por ser típica de dia curto e altas taxas fotossintéticas (RODRIGUES, 2015).

Atualmente, são reconhecidas três espécies de sorgo: *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchcock ($2n = 20$ cromossomos; $n =$ ploidia), *Sorghum halepense* (L.) Pers. ($2n = 40$ cromossomos; $n =$ ploidia) e *Sorghum bicolor* (L.) Moench ($2n = 40$ cromossomos), das quais a espécie *S. bicolor* (L.) Moench está subdividida em três subespécies: bicolor (sorgo

granífero), *drummondii* (híbridos de sorgos graníferos com parentesco próximo à espécies silvestres) e *arundinaceum* (progenitores silvestres do sorgo granífero) (DE WET, 1978). Todos os tipos comerciais de sorgo pertencem a espécie *S. bicolor*, independente da finalidade e morfologia, sendo eles os sorgos granífero, forrageiro, vassoura, sacarino e biomassa (MOTA, 2019).

O potencial produtivo da cultura do sorgo no Brasil em todas as suas aptidões se justifica mediante às condições edafoclimáticas do país e as características vantajosas a cultura: o baixo custo quando comparada à do milho; a tolerância a condições de estresse hídrico; permite maior amplitude das épocas de plantio que outras culturas de grãos, sem que a produtividade seja afetada drasticamente, possibilitando flexibilidade na implantação da cultura em safrinha; apresenta menos problemas com pragas e doenças que outras culturas; responde muito bem ao investimento feito; apresenta grande potencial produtivo; é nutritivo; apresenta contaminações menores com micotoxinas que outros grãos; e tem aceitação no mercado de compradores de cereais (ATLANTICA SEMENTES, 2012; PALE; MASON; GALUSHA, 2003).

Ademais, a cultura do sorgo ainda representa um elemento importante no sistema de rotação de culturas e produção de biomassa no sistema de plantio direto, dado o seu denso e dinâmico sistema radicular, capaz de descompactar o solo e movimentar os nutrientes nas diferentes camadas do solo (LANDAU; GUIMARÃES, 2010). A arquitetura da planta permite fácil mecanização, maximizando a eficiência das operações.

Por conta destes fatores a cultura do sorgo vem apresentando expressiva expansão nos últimos anos agrícolas em todo o território brasileiro. Através do avanço da moderna agricultura no Cerrado e das novas tecnologias implantadas nos sistemas de produção há uma ampliação das possibilidades para os diferentes tipos agrônômicos de sorgo nessa região (RODRIGUES, 2015). O clima da região do extremo norte do Tocantins é definido como Aw pela classificação de Köppen-Geiger, clima comum nas regiões do cerrado brasileiro, com estações bem definidas, possuindo o inverno muito seco. Por possuir considerável tolerância à seca, o sorgo torna-se uma excelente alternativa para alimentação de rebanhos por meio de silagem no período de escassez de chuvas.

2.2. Aptidão forrageira do Sorgo Biomassa

O desenvolvimento inicial de pesquisas com materiais de sorgo biomassa objetivou o seu uso na geração de termoenergia em caldeiras através da biocombustão. Contudo, algumas características apresentadas pela planta demonstram grande aptidão para o seu uso na suplementação forrageira. O sorgo biomassa apresenta alta produtividade com potencial para

produzir mais de 50 t ha⁻¹ de MS por ciclo, grande quantidade de massa verde, porte alto, podendo chegar a 5 metros de altura, e colmo fibroso em ciclos que podem variar de 6 a 8 meses no período da safra (EMBRAPA, 2014; SIMEONE *et al.*, 2018).

O crescimento vigoroso e rápido da cultura em ambientes tropicais, principalmente em regiões com elevadas temperaturas diurnas e noturnas, proporciona maior facilidade no manejo inicial da cultura (MAY *et al.*, 2015). A cultura é uma das poucas alternativas para o produtor obter grande quantidade de biomassa em um período considerado curto. Devido ao sistema radicular ser bem desenvolvido, extenso e fibroso o sorgo biomassa possui eficiência na utilização da água, com tolerância à seca e potencial de produzir grandes quantidades de biomassa lignocelulósica (PARRELLA *et al.*, 2013).

O processo fotossintético do sorgo é eficaz, com a adaptação a climas tropicais e temperados, é sensível ao fotoperíodo, é considerada assim uma planta de dia curto (LANZA, 2017). As cultivares de sorgo biomassa que apresentam mais sensibilidade ao fotoperíodo, possibilitam a ampliação do ciclo vegetativo o que resulta no aumento da produção de biomassa por hectare/ciclo em comparação com as cultivares insensíveis ao fotoperíodo que florescem em qualquer época do ano e com ciclo curto (PARRELLA *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2012).

2.3. Melhoramento genético do Sorgo

A seleção de progênies superiores é uma tarefa onerosa e leva muito tempo, uma vez que sua produtividade depende relativamente de uma gama de fatores, tanto de ordem abiótica quanto biótica, previsíveis e imprevisíveis. A Embrapa Milho e Sorgo, vem desenvolvendo pesquisas em todo território nacional com o objetivo de empregar, adaptar e favorecer o desenvolvimento de cultivares, principalmente do sorgo forrageiro granífero e sacarino com alto rendimento e tolerância a condições de estresses climáticos. Esses estudos têm possibilitado a obtenção e o lançamento de variedades com maior valor agregado, que possibilita uma melhoria no desempenho da cultura nas condições naturais das mais diversas regiões produtoras (EMBRAPA, 2010).

Dentre os fatores que podem influenciar a produtividade de cultivares promissoras, são previsíveis alguns que interferem na interação genótipo x ambiente, como fertilidade do solo, época de plantio, tratos culturais, fotoperíodo, entre outros. Além destes, existem fatores que não podem ser previstos e nem controlados, sendo descritos como os de ordem ambiental, tais como umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, temperatura do ar e do solo e o aparecimento de doenças e insetos. (BORÉM; MIRANDA, 2017).

O melhoramento genético do sorgo pode ser realizado de acordo com a metodologia utilizada para plantas autógamas, conduzida a partir de uma população de cruzamento bi parental executado manualmente (SANTOS; CASELA; WAQUIL, 2005). Os ensaios realizados em todo país com materiais em fase de teste buscam evidenciar a interação genótipo ambiente e a adaptabilidade e estabilidade nas mais diversas regiões com diferentes condições edafoclimáticas.

A existência de interação genótipo x ambiente é comprovada mediante às respostas diferentes de genótipos testados em ambientes divergentes. Todavia, o estudo apenas da interação não apresenta uma resposta detalhada sobre comportamento de cada genótipo em relação à variação ambiental. De acordo com Cruz; Regozzi; Carneiro (2004), essa resposta pode ser obtida pelas análises de adaptabilidade e estabilidade, através das quais é possível identificar genótipos de desempenho previsíveis e que sejam responsivas às variações ambientais.

A adaptabilidade e estabilidade de comportamentos é um dos fatores de extrema importância para a recomendação de cultivares produtivas a uma determinada região. De acordo com Borém e Miranda (2017) pode-se definir estabilidade ou homeostase como a propriedade dos organismos de se adaptarem às condições ambientais, um tipo de mecanismo auto regulador dos organismos que permitem sua estabilização em um ambiente de flutuação. Adaptabilidade refere-se à capacidade da planta usar as variações ambientais a favor do seu desenvolvimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização de área experimental

O trabalho foi conduzido na área experimental situada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) - *Campus Araguatins*, no setor AG I (Agricultura I), localizado nas coordenadas aproximadas de 05° 38' 35" S e 48° 04' 14" W. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger o clima da região caracteriza-se como AW, clima tropical possuindo estações secas durante o inverno, com precipitação média anual variando de 1.500 a 2.000 mm, temperatura média em torno de 28,5 °C e altitude de 103,7 m (INMET, 2017).

Inicialmente, foram realizadas coletadas de amostras de 0 a 20 cm do solo da área experimental para análise química (teores de P, K, Ca, Mg, Al³⁺) matéria orgânica (M.O), pH e dos níveis de acidez potencial (H+Al); e as análises físicas (areia, argila e silte) de acordo com o manual de Análises de Química estabelecida por Silva *et al.* (1998). Com base na sua composição física, exposta na tabela 1, o solo da área experimental é classificado como franco arenoso, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Tabela 1. Resultado da análise físico-química do solo da área experimental. Araguatins, Tocantins, 2020

Amostra	pH em H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V	M.O
Nº		mg/dm ³		cmol _c /dm ³						%	%
41	6,5	38,72	114	4,5	1,2	0,0	3,30	5,99	9,29	64,5	1,29
	Análise Física										
	Areia	Argila	Silte								
	%										
	67,59	18,84	13,57								

Fonte: Laboratório do IFTO *campus* Araguatins, 2022.

Sequencialmente ao resultado da análise de solo, ocorreu a correção da fertilidade de acordo com a recomendação para a cultura, proposta na 5ª aproximação (ALVES, *et al.*, 1999). O valor de saturação de base e pH apresentado pela área, 64,48% e 6,5, respectivamente, dispensaram a correção por meio de calagem. Utilizou-se, como fonte dos macronutrientes necessários, 277,78 kg/ha de Super Fosfato Simples (18% de P₂O₅) e 155,172 kg/ha de Cloreto de Potássio (56% de KCl), na adubação realizada no momento do plantio que ocorreu no dia 7 de maio de 2022, e 311,11 kg/ha de Ureia na adubação em cobertura quando as plantas atingiram a altura de 30 a 40 cm de acordo com a recomendação da Embrapa (RODRIGUES, 2015). A suplementação nutricional de micronutrientes foi dispensada, pois somente seria realizada mediante a apresentação de sintomas de deficiência pelas plantas no campo, o que não ocorreu.

3.2. Material genético

Os híbridos de sorgo biomassa com aptidão para produção de forragem que foram avaliados nesse projeto são provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, do município de Sete Lagoas, em Minas Gerais. Tratam-se de 25 híbridos, sendo 21 em fase de teste e quatro híbridos comerciais, sendo dois biomassas, BRS 716 e AGRI002E, e dois forrageiros, BRS 658 e Volumax. Esse material já foi avaliado em diferentes anos e safras na região deste trabalho, Bico do Papagaio, extremo norte do Tocantins, por Mota (2019), Borges (2020), Sousa (2021) e Lima (2022). Além disso, estes híbridos vêm sendo

testados em diversas regiões do território nacional com o objetivo de recomendar os melhores como novos cultivares para os diferentes ambientes.

3.3. Delineamento e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo 25 tratamentos e 3 repetições, totalizando 75 parcelas. Cada parcela constituiu-se por duas fileiras de três metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,70 m, com aproximadamente 13 sementes/metro e semeadas de três a cinco cm de profundidade, deixando 10 plantas/m após o desbaste, logo após a emergência. A população utilizada foi de 142.857 plantas/ha. Para as caracterizações agronômicas desprezou-se 0,50 m das extremidades de cada parcela, totalizando 2,8 m² de área útil, com exceção de número de dias para a germinação (NDG) que foi avaliado em área total. O experimento foi conduzido durante o período de 7 de maio à 2 de agosto de 2022, período caracterizado pela escassez de chuvas para a região, portanto foi instalado um sistema de irrigação por aspersão convencional móvel com dois aspersores Agropolo NY 30 do tipo longo verde, posicionados a 1 m de altura no início do experimento e a 2 m quando as plantas atingiram a altura de 1m. Esse sistema de irrigação teve capacidade para suprir a demanda hídrica dos tratamentos em toda área experimental. Fez-se o controle de pragas, doenças e plantas daninhas de acordo com a recomendação para a cultura (EMBRAPA, 2015).

3.4. Caracterização fenotípica

Foram avaliadas em cada parcela as características: número de dias para a germinação (NDG), obtidos pela contagem a partir do plantio até que 50% das plantas emergissem; número de dias para o florescimento (NDF), contados a partir do plantio até que 50% das plantas emitissem pólen; número de dias para a colheita (NDC), obtidos desde o plantio até que 50% das plantas estivessem no estágio fenológico 8 (grão pastoso), aptas para o corte.

Ainda no estágio fenológico 8 foram avaliadas em cada parcela: a altura de plantas (AP), em m, obtida pela medição da superfície do solo ao ápice da panícula, com régua graduada; diâmetro de colmo (DC), em mm, medido de 15 a 20 cm do solo, com paquímetro digital; comprimento da panícula (CP), em cm, aferido da base da panícula ao ápice da ráquis, com trena; massa de panícula (MP), em g, obtido pela aferição da massa de panícula, em balança digital, cortadas no ponto de inserção do pedúnculo; estande final (EF), avaliado pela contagem do número de plantas antes da colheita; produtividade de matéria verde (PMV), em ton/ha, aferida pela massa das plantas, em balança digital, cortadas a 10 cm do solo, e extrapolado para um hectare; perfilhamento (PFM), aferido pela quantidade de perfilhos

basais emitidos; número de plantas acamadas (NPA), obtido pela contagem das plantas que apresentaram ângulo de inclinação superior a 45° em relação ao eixo vertical da planta. Para a AP, DC, CP e MP foram avaliadas 5 plantas por parcela.

3.5. Análises estatística

Após a coleta dos dados, os mesmos foram tabulados e verificou-se que um dos híbridos não germinou em nenhuma de suas repetições. Assim, foi feita a análise de variância (ANOVA) a 1 e 5% de probabilidade em blocos casualizados com 24 tratamentos e 3 repetições e, uma vez observada a significância pelo teste F para cada característica, as médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Avaliou-se ainda a correlação entre as características avaliadas. As análises foram realizadas por meio do software Genes (CRUZ, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O híbrido B04/20 não germinou em nenhuma de suas repetições. Magalhães e Durães (2003) afirmam que substâncias presentes nas sementes podem influenciar na germinação. Carvalho e Nakagawa (2000) propõem que a composição química das sementes tende a variar com a espécie, a época de colheita e os fatores genéticos, além de ser influenciada por fatores ambientais. Uma vez que os híbridos avaliados já demonstram potencial de germinação em outros trabalhos e não foram observadas condições ambientais extremas nas parcelas, infere-se que as sementes do híbrido B04/20 pode ter sofrido algum ataque de pragas ou doenças antes mesmo do plantio no campo.

Observou-se pela análise de variância que existe pelo menos um contraste entre médias e híbridos estatisticamente diferente de zero para todas as características avaliadas, com exceção de PFM e NPA (Tabela 2).

De maneira geral, os valores do coeficiente de variação experimental (CV%) foram relativamente baixos para as características significativas pelo teste F, indicando boa precisão experimental, variando de 3,32 (NDF) a 6,72% (DC), com exceção de NDG (20,99) e PMV (27,53) que são classificados como alto (PIMENTEL-GOMES, 1985). Para aquelas não significativas, esses valores foram de 78,71 (PFM) e 192,30% (NPA), classificados como muito alto (acima de 30%) (PIMENTEL-GOMES, 1985).

Na tabela 3, observam-se as correlações entre as características avaliadas. As correlações que apresentam valores positivos e significativos em nível de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t foram: (NDF) X (NDG), (NDC) X (NDG), (NDC) X (NDF), (AP) X (NDF), (MP) X CP), (PMV) X (AP) e (PMV) X (DC), com coeficiente variando de 0,95 a

0,40; para correlações com valores negativos significativos, obteve-se: (CP) X (NDG), (CP) X (NDC), (MP) X (NDG), (MP) X (NDF) e (MP) X (NDC), que variaram de -0,40 a -0,53.

A média dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 2. Resumo da análise de variância em blocos ao acaso, estimativas de média dos tratamentos e do coeficiente de variação experimental (CV%) para 6 características avaliadas em 24 híbridos de sorgo biomassa em Araguatins, Tocantins, 2022

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		NDG	NDF	EF	NDC	AP	DC
Bloco	2	9,1250	34,0139	6,0972	135,3750	0,3656	7,1863
Híbridos	23	9,7772**	36,6371**	50,0864**	51,0960**	0,6062**	5,6841**
Resíduo	46	2,3424	4,7820	18,8074	12,0851	0,0373	1,3566
Médias		7,29	65,82	34,15	76,79	3,35	17,34
CV (%)		20,99	3,32	12,70	4,53	5,77	6,72

**, * Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}Não significativo. NDG: número de dias para a germinação; NDF: número de dias para o florescimento; EF: estande final; NDC: número de dias para a colheita; AP: altura da planta; DC: diâmetro do colmo.

Tabela 2. Continuação - resumo da análise de variância em blocos ao acaso, estimativas de média dos tratamentos e do coeficiente de variação experimental (CV%) para 5 características avaliadas em 24 híbridos de sorgo biomassa em Araguatins, Tocantins, 2022

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios				
		CP	MP	PMV	PFM	NPA
Bloco	2	9,9081	1210,2689	148,9059	0,3750	18,0556
Híbridos	23	42,3964**	1177,1741**	277,8559*	1,4293 ^{ns}	4,6081 ^{ns}
Resíduo	46	3,4264	177,6457	151,8061	1,6359	4,2295
Médias		29,85	29,85	44,75	1,63	1,07
CV (%)		6,20	6,20	27,53	78,71	192,30

**, * Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}Não significativo. CP: comprimento da panícula; MP: massa da panícula; PMV: produtividade de matéria verde; PFM: perfilhamento; NPA: número de plantas acamadas.

Tabela 3. Correlações fenotípicas pelo teste t, feito com g-2 graus de liberdade (GL = 22), entre 11 características avaliadas em 24 híbridos de sorgo biomassa em Araguatins, Tocantins, 2022

Características	NDG	NDF	EF	NDC	AP	DC
NDG	1	0,84**	-0,20	0,80**	0,31	0,12
NDF	0,84**	1	-0,22	0,95**	0,46*	0,14
EF	-0,20	-0,22	1	-0,22	-0,27	-0,33
NDC	0,80**	0,95**	-0,22	1	0,39	0,12
AP	0,31	0,46*	-0,27	0,39	1	0,23
DC	0,12	0,14	-0,33	0,12	0,23	1
CP	-0,50*	-0,34	-0,18	-0,40*	0,34	0,27
MP	-0,53**	-0,46*	-0,10	-0,53**	-0,08	0,35
PMV	0,30	0,38	0,24	0,29	0,40*	0,59**
PFM	-0,01	-0,09	0,12	-0,03	-0,32	0,05
NPA	0,13	0,23	-0,11	0,19	0,20	-0,12

**, * Significativo pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. NDG: número de dias para a germinação; NDF: número de dias para o florescimento; EF: estande final; NDC: número de dias para a colheita; AP: altura da planta; DC: diâmetro do colmo; CP: comprimento da panícula; MP: massa da panícula; PMV: produtividade de matéria verde; PFM: perfilhamento. NPA: número de plantas acamadas.

Tabela 3. Continuação - correlações fenotípicas pelo teste t, feito com g-2 graus de liberdade (GL = 22), entre 11 características avaliadas em 24 híbridos de sorgo biomassa em Araguatins, Tocantins, 2022

Características	CP	MP	PMV	PFM	NPA
NDG	-0,50*	-0,53**	0,30	-0,01	0,13
NDF	-0,34	-0,46*	0,38	-0,09	0,23
EF	-0,18	-0,10	0,24	0,12	-0,11
NDC	-0,40*	-0,53**	0,29	-0,03	0,19
AP	0,34	-0,08	0,40*	-0,32	0,20
DC	0,27	0,35	0,59**	0,05	-0,12
CP	1	0,55**	0,09	-0,08	0,09
MP	0,55**	1	0,27	0,23	0,02
PMV	0,09	0,27	1	0,13	-0,03
PFM	-0,08	0,23	0,13	1	-0,14
NPA	0,10	0,02	-0,11	-0,14	1

**, * Significativo pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. NDG: número de dias para a germinação; NDF: número de dias para o florescimento; EF: estande final; NDC: número de dias para a colheita; AP: altura da planta; DC: diâmetro do colmo; CP: comprimento da panícula; MP: massa da panícula; PMV: produtividade de matéria verde; PFM: perfilhamento. NPA: número de plantas acamadas.

Tabela 4. Resumo do teste de comparações múltiplas, Scott Knott, para as características avaliadas nos 24 híbridos.

Híbridos	Características					
	NDG	NDF	EF	NDC	AP	DC
H1	9 a	69,33 a	35,333 a	82,67 a	2,67 d	17,16 a
H2	11 a	68,33 a	33,667 a	81,0 a	3,08 c	16,56 b
H3	6 b	64,67 b	36,333 a	75,33 a	3,86 a	19,673 a
H4	5 b	59,67 c	39,333 a	69,67 b	3,56 b	14,68 b
H5	7 b	66,67 b	34,333 a	76,0 a	3,2767 c	15,213 b
H6	10 a	70,33 a	35,333 a	81,67 a	3,7933 a	15,793 b
H7	8 a	67,33 a	23,333 b	78,0 a	3,5367 b	17,913 a
H8	5 b	59,67 c	36,667 a	69,67 b	3,23 c	17,53 a
H9	8 a	68,0 a	30,333 b	79,67 a	3,4667 b	17,013 a
H10	9 a	69,0 a	35,333 a	81,0 a	3,5033 b	18,23 a
H11	9 a	68,0 a	38,0 a	76,33 a	3,5267 b	18,53 a
H12	8 a	67,33 a	36,333 a	78,0 a	3,5533 b	17,92 a
H13	10 a	69,67 a	33,0 a	79,33 a	3,7533 a	17,62 a
H14	8 a	68,0 a	36,667 a	81,0 a	3,70 a	18,28 a
H15	6 b	64,33 b	36,667 a	76,0 a	3,4567 b	17,126 a
H16	5 b	65,0 b	36,333 a	77,67 a	3,2067 c	16,106 b
H17	6 b	65,33 b	33,0 a	76,33 a	3,7033 a	15,68 b
H18	6 b	64,0 b	26,0 b	74,67 a	3,4133 b	18,67 a
H19	8 a	66,67 b	25,0 b	78,0 a	3,94 a	19,813 a
H20	7 b	67,67 a	36,667 a	78,67 a	2,77 d	16,986 a
BRS 716	6 b	66,33 b	36,0 a	75,67 a	3,2533 c	17,973 a
AGRI002E	8 a	67,33 a	33,333 a	79,67 a	3,4733 b	17,38 a
BRS 658	6 b	58,33 c	36,667 a	68,33 b	2,2233 e	15,267 b
Volumax	5 b	58,67 c	36,0 a	68,67 b	2,3367 e	18,916 a

Os híbridos 1 a 20 foram desenvolvidos pela EMBRAPA Sete Lagoas, MG, e estão em fase de teste. Os híbridos BRS 716, AGRI002E, BRS 658 e Volumax são cultivares comerciais já lançados no mercado. As médias seguidas por letras iguais na coluna são iguais estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott. Nas colunas, NDG: número de dias para a germinação; NDF: número de dias para o florescimento; EF: estande final; NDC: número de dias para a colheita; AP: altura da planta (m) e DC: diâmetro do colmo (mm).

Tabela 4. Continuação - resumo do teste de comparações múltiplas, Scott Knott, para as características avaliadas nos 24 híbridos.

Híbridos	Características				
	CP	MP	PMV	PFM	NPA
H1	23,553 d	50,667 c	40,573 b	1,667 a	0,333 a
H2	18,067 e	41,867 c	38,796 b	2,667 a	0,667 a
H3	34,833 a	80,933 b	51,6 a	1,667 a	0,0 a
H4	32,34 b	55,2 c	30,893 b	1 a	1,0 a
H5	26,7 c	74,667 b	36,806 b	1,333 a	1,667 a
H6	28,833 c	42,933 c	40,646 b	1 a	0,0 a
H7	30,753 c	66,266 c	29,44 b	0,667 a	1,667 a
H8	31,28 c	123,46 a	49,64 a	2,667 a	0,667 a
H9	31,973 b	96,133 b	44,346 b	3,0 a	1,0 a
H10	28,473 c	79,20 b	53,376 a	2,0 a	4,333 a
H11	31,94 b	91,667 b	62,18 a	1,333 a	1,333 a
H12	31,986 b	86,0 b	62,233 a	2,333 a	0,0 a
H13	29,146 c	79,40 b	55,226 a	0,667 a	2,0 a
H14	28,926 c	68,466 c	56,556 a	1,0 a	0,667 a
H15	29,66 c	78,066 b	49,713 a	2,0 a	0,667 a
H16	28,74 c	84,266 b	37,62 b	1,0 a	0,333 a
H17	34,626 a	81,333 b	35,123 b	1,0 a	4,667 a
H18	36,853 a	106,26 a	40,86 b	2,333 a	0,333 a
H19	30,94 c	91,0 b	48,43 a	0,667 a	1,0 a
H20	29,526 c	73,20 b	43,273 b	2,333 a	2,333 a
BRS 716	27,24 c	86,2 b	54,826 a	1,333 a	0,333 a
AGRI002E	29,88 c	49,2 c	43,88 b	2,0 a	0,333 a
BRS 658	29,073 c	92,8 b	29,893 b	1,667 a	0,0 a
Volumax	31,173 c	90,933 b	38,04 b	1,667 a	0,333 a

Os híbridos 1 a 20 foram desenvolvidos pela EMBRAPA Sete Lagoas, MG, e estão em fase de teste. Os híbridos BRS 716, AGRI002E, BRS 658 e Volumax são cultivares comerciais já lançados no mercado. As médias seguidas por letras iguais na coluna são iguais estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott. Nas colunas, CP: comprimento da panícula (cm); MP: massa da panícula (g); PMV: produtividade de matéria verde (ton/ha); PFM: perfilhamento (número de perfilhos por parcela); NPA: número de plantas acamadas.

Alguns dos híbridos avaliados neste trabalho ou semelhantes a estes, oriundos do mesmo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, foram semeados por Mota (2019) e Borges (2020), em 24 de janeiro de 2019, por Sousa (2021), em 07 de dezembro de 2019, e por Lima (2022), em 11 de fevereiro de 2022.

Quanto ao NDG, onze híbridos levaram mais tempo para germinar, variando de 11 a 8 dias no grupo 'a', incluindo AGRI002E (8). Os nove híbridos restantes, agrupados em 'b', variam de 7 a 5 dias, incluindo BRS 716 (6), BRS 658 (5) e Volumax (5). O tempo de germinação dos dois grupos de médias obtidos são semelhantes ao intervalo de 4 a 10 dias obtido por Coelho *et al.* (2013), que avaliou a germinação de variedades comerciais de sorgo forrageiro, inclusive Volumax, em condições controladas e em estresse salino.

Para o NDF, formaram-se três grupos de médias. O grupo 'a' foi composto por onze híbridos em fase de teste que foram semelhantes a AGRI002 (67,33 dias), com período mais

tardio para florescimento, variando de 70,33 a 67,33 dias. O grupo 'b' foi formado por sete híbridos que foram semelhantes a BRS 716 (66,33 dias) com variação de 66,67 a 64,0 dias. Apresentaram maior precocidade os híbridos H8 e H4 (ambos 59,67 dias), semelhantes à Volumax (58,67 dias) e BRS 658 (58,33 dias), incluídos no grupo 'c'.

Borges (2020), Sousa (2021) e Lima (2022) obtiveram valores superiores de NDF para os híbridos forrageiros BRS 658 (58,33) e Volumax (58,67) deste trabalho. Este resultado pode ser explicado pelo fato de os autores anteriores terem semeado no período de dezembro a fevereiro, período de maior duração do dia, e, uma vez que estes híbridos são sensíveis ao fotoperíodo, floresceram mais cedo neste trabalho uma vez que foram semeados apenas em maio. Corroborando este resultado, no trabalho de Mota (2019), também com semeadura em janeiro, os híbridos mais precoces variaram de 73 a 79 dias, superior aos híbridos mais tardios do presente trabalho, no grupo 'a', incluindo AGRI002E que é um biomassa tardio. Essa variação nos diferentes trabalhos é esperada, pois em climas quentes o florescimento do sorgo ocorre geralmente com 55 a 70 dias após a germinação, podendo variar de 30 a mais de 100 dias (MAGALHÃES, 2008).

Como a área útil era formada pelos dois metros centrais das duas fileiras, com a densidade recomendada de 10 plantas por metro, desejava-se obter 40 plantas por parcela como EF para todos os tratamentos, implicando em não significância para o teste F. Todavia, apesar do teste F significativo, vinte tratamentos formaram o grupo 'a', variando de 39,33 a 33 plantas, e apenas quatro o grupo 'b', com 30 a 23 plantas. Em estandes muito baixo do desejado, as plantas crescem em menor competição e, até certos níveis mínimos, podem acabar por produzirem mais. Assim, de maneira geral, o estande obtido foi satisfatório, mesmo com baixo estande para os híbridos H9, H18, H19 e H7, com 30, 26, 25 e 23 plantas, respectivamente, pois não foi observado correlações significativas entre o EF e PMV, por exemplo, bem como entre EF e as demais características.

Quanto ao NDC, os dezoito híbridos mais tardios, do grupo 'a', variam de 82,67 (H1) a 74,67 dias (H18), similares à AGRI002E (79,67) e BRS 716 (75,67). Atingiram a maturação em menor tempo, variando de 69,67 a 68,33 dias, no grupo 'b', os híbridos H4 e H8, incluindo Volumax e BRS 658. Houve correlação significativa de 0,95** entre NDF e NDC, ou seja, os híbridos que floresceram mais cedo também atingiram ponto de corte mais cedo.

Para a variável AP foram formados cinco grupos de médias distintas. Seis híbridos apresentaram as maiores médias de AP, entre 3,94 e 3,70 m, superiores às cultivares biomassa AGRI002E (3,47), no grupo 'b', e BRS 716 (3,25), no grupo 'c', que são destaques no mercado pela elevada altura que apresentam. Os quatorze híbridos do grupo 'b' ao 'd'

variaram de 3,56 (H4) a 2,67 m (H1), superiores a Volumax (2,33) e BRS 658 (2,22), ambos no grupo 'e'.

De maneira geral, os tratamentos apresentaram valor de AP menor em relação aqueles oriundos do mesmo programa de melhoramento cultivados em safras e anos anteriores no *campus* (Mota, 2019; Borges, 2020; Sousa, 2021; e Lima, 2022), incluindo os forrageiros Volumax e BRS 658. Silva *et al.* (2005) verificaram que sorgos forrageiros sensíveis ao fotoperíodo apresentam menor crescimento quando a semeadura é realizada a partir de março. Na segunda safra, a partir de março, as condições são mais limitantes, o fotoperíodo fica menor, o que corrobora para a diminuição da altura média das plantas, independente da cultivar, para valores inferiores a 3,5 m em cultivos sequeiros (FORTES *et al.*, 2018).

Em relação aos dados obtidos para DC, quatorze híbridos apresentaram médias estatisticamente iguais às cultivares Volumax (18,91 mm), BRS 716 (17,97 mm) e AGRI002E (17,38 mm), agrupados em 'a', variando de 19,81 (H19) a 16,98 mm (H20), enquanto os seis restantes se igualaram estatisticamente à BRS 658 (15,26 mm), compondo o grupo 'b', os valores variaram de 16,56 (H4) a 14,68 mm (H2).

Os valores de DC variaram para Mota (2019), de 21,04 a 18,41 mm, para Borges (2020), de 21,17 a 17,62 mm, e para Sousa (2021), de 33,86 a 20,73 mm, mas em nenhum deles o teste F foi significativo. Por outro lado, Lima (2022) obteve diferença significativa, mas, ainda assim, o teste de Tukey apresentou apenas dois grupos de médias contrastantes, que variam de 21,09 a 11,01 mm. Novamente, nota-se uma leve tendência na diminuição dos valores também para DC com a diminuição do fotoperíodo, pois se a planta cresceu menos, também tende a ter um menor diâmetro do caule, apesar da correlação de 0,23^{ns} entre AP e DC.

Quanto ao CP foram formados cinco grupos de médias distintas. Sete híbridos, alocados nos grupos 'a' e 'b', variaram de 36,85 a 31,94 cm. Volumax (31,17 cm), AGRI002E (29,88 cm), BRS 658 (29,07 cm) e BRS 716 (27,24 cm) foram incluídas no grupo 'c' juntamente com onze híbridos que variaram de 31,28 a 26,70 cm. Os híbridos H1 (23,55 cm) e H2 (18,0 cm) foram agrupadas em 'd' e 'e', nesta ordem. Para MP obteve-se três grupos de média. Os híbridos H8 e H18, com médias de 123,46 e 106,26 g, respectivamente, agrupados em 'a', foram superiores a BRS 658 (92,8 g), Volumax (90,93 g), BRS 716 (86,2 g), agrupadas em 'b' juntamente com doze híbridos, variando de 96,13 a 73,20 g, e AGRI002E (49,2 g) agrupada em 'c' com os híbridos restantes, variando entre 68,46 e 41,86 g. Houve correlação de 0,55** entre CP e MP, indicando que o crescimento da panícula foi acompanhado pela formação de flores e enchimento dos grãos.

Para PMV, nove híbridos formaram o grupo 'a' com a BRS 716 (54,82 ton/ha), variando de 62,23 a 48,43 ton/ha, sendo superiores às demais cultivares. AGRI002E (43,88 ton/ha), Volumax (38,04 ton/ha) e BRS 658 (29,89 ton/ha), agrupadas em 'b', foram semelhantes aos onze híbridos restantes, que produziram de 44,34 a 29,44 ton/ha. Este resultado é promissor, dado que os híbridos foram semelhantes à BRS 716 e AGRI002E, destaques no mercado de sorgo biomassa. Todavia, nota-se ainda uma influência negativa da época de cultivo, pois todas os híbridos e as cultivares apresentaram PMV inferior ao potencial genético, conforme discutido a seguir em cultivo sobre maior fotoperíodo.

No trabalho de Mota (2019) não houve diferença significativa para PMV entre BRS 716 (67,93 ton/ha), AGRI002E (60,32 ton/ha) e os dez híbridos avaliados, que variaram de 71,50 a 50,29 ton/ha. Borges (2020) relata que sete híbridos foram superiores a Volumax (40,12 ton/ha) e BRS 658 (38,12 ton/ha), produzindo de 61,98 a 50,20 ton/ha. Para Sousa (2021) as cultivares biomassa BRS 716 (94,70 ton/ha) e AGRI002E (87,16 ton/ha) apresentaram as melhores médias de PMV, juntamente à dezesseis híbridos em fase de teste, variando de 119,54 a 73,56 ton/ha, enquanto as forrageiras BRS 658 (48,73) e Volumax (47,99 ton/ha) e apresentaram valores semelhantes à 5 híbridos, que variaram de 68,40 a 56,39 ton/ha. No trabalho de Lima (2022), os híbridos BRS 716 e AGRI002E produziram as melhores médias para PMV junto à um híbrido em fase de teste, com variação média de 79 a 68 ton/ha, e as cultivares forrageiras BRS 658 e Volumax tiveram as menores médias, inferiores a todos os híbridos em teste, suas médias variaram de 33,03 a 32,26 ton/ha.

É importante destacar a similaridade dos híbridos em teste no que tange à resistência ao acamamento e o perfilhamento, que formaram em um único grupo de médias, os mesmos se mostraram semelhantes às cultivares comerciais, sendo todos promissores para essas características, as médias de plantas acamadas variaram de 4.667 a 0, enquanto perfilhamento variou de 3 a 0,667.

Os resultados para número de plantas acamadas se assemelham aos de Mota (2019) que obteve médias entre 4.66 e 0 para doze híbridos de sorgo biomassa. Borges (2020) destaca que a tolerância ao acamamento é uma característica de interesse, posto que plantas que apresenta essa característica favorecem a mecanização da lavoura, a maior interceptação solar, aumentam e a prevenção contra o ataque e disseminação de pragas e doenças, uma vez que o acamamento pode provocar rachaduras no colmo que poderiam facilitar o ataque de patógenos e insetos-praga.

O baixo número de perfilhos por parcela pode ser explicado pela alta densidade de plantio, 140.000 plantas/ha, uma vez que, quanto menor a população de plantas maior a

possibilidade de perfilhamento (RODRIGUES, 2015). Rocha *et al.* (2016) avaliou o número de perfilhamento em diferentes genótipos de sorgo sacarino em diferentes densidades de plantio, obtendo média de 3,79 e 1,8 perfilhos por plantas na maior e menor densidade utilizada, doze e quatro plantas por metro, respectivamente, nos genótipos que alcançaram as maiores médias de perfilhamento. De acordo com a Embrapa (2015) perfilhamento pode ter efeito negativo no rendimento da lavoura de sorgo, quando há coincidência de maturação entre planta mãe e perfilhos, nesse caso poderá ocorrer o sombreamento das folhas da planta mãe e competição do uso de água e nutrientes do solo.

Em síntese, a maioria das cultivares comerciais apresentaram médias inferiores para as principais características agronômicas avaliadas, AP, CP, MP e PMV. Este resultado corrobora o potencial produtivo dos híbridos em cultivos que coincidem com períodos de dias curtos, por demonstrarem menor sensibilidade ao fotoperíodo quando comparados as cultivares utilizadas como testemunha. Fortes *et al.* (2018) avaliaram o desempenho de híbridos de sorgo biomassa sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, sob as condições edafoclimáticas da cidade de Palmas no estado do Tocantins, com plantio no mês de março, obtendo ciclo de 4 meses para as cultivares, semelhante ao obtido nesse trabalho. Os autores ainda afirmaram que a baixa produtividade de matéria verde, ocasionada pelo menor número de entrenós e de folhas, foi propiciada pelo fotoperíodo propício à indução floral no período avaliado, de março a junho de 2016.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os 21 materiais em fase de teste, o híbrido 3 apresentou desempenho superior ou semelhante a todas as cultivares testemunhas, BRS 716, AGRI002E, BRS 658 e Volumax, para a maioria das características, AP, DC, CP, MP, PMV e EF, estando também agrupado entre as melhores médias (agrupamento 'a'), com exceção das médias para o MP. Os híbridos 11, 12 e 18 também apresentaram comportamento semelhante ou superior as testemunhas para a maioria das características fenológicas avaliadas, sendo inferiores ao híbrido 3 para AP, e, somente os híbridos 11 e 12, para CP. O híbrido 18 expressou médias superiores ao híbrido 3 para a variável MP, todavia, este tratamento foi inferior para EF, em comparação aos destaques e as testemunhas, o que pode comprometer a confiabilidade dos dados obtidos para o híbrido, posto que houve menor competição dentro das parcelas quando comparada aos demais tratamentos.

Como visto em NDG, NDF e NDC, o híbrido 3 levou menos tempo para germinar do que as cultivares AGRI0021E e BRS 716, se igualando as cultivares Volumax e BRS 658; levou menos tempo para emitir pólen do que AGRI0021E, se igualou à BRS 716 e foi mais tardio quando comparado às cultivares do tipo forrageira, BRS 658 e Volumax; e, por fim, o ciclo completo do híbrido, do plantio à colheita no estágio fenológico 8 (grão pastoso) foi mais tardio que BRS 658 e Volumax e semelhante ao de AGRI0021E e BRS 716.

Os resultados obtidos são animadores para o programa de melhoramento genético, uma vez que, espera-se que os híbridos em teste expressem superioridade àqueles já existentes no mercado para as principais características produtivas, como obteve-se nos dados apresentados no trabalho em questão para cultivo de sorgo biomassa no período de maio à agosto de 2022 com utilização de sistema de irrigação por aspersão convencional.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B. **Arranjo de plantas de sorgo para a região do semiárido de Minas Gerais**. Tese (Doutorado) – UFLA, 2009. Lavras - MG. 125 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream> > Acesso em: 19 de abr. 2022.
- ALVES, V. M. C.; *et al.* Sorgo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5^a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 325-327.
- ATLANTICA SEMENTES. **Manual técnico de sorgo-granífero**. 12 p. il. Disponível em: <[http://www.atlanticasementes.com.br/upload/manual/manual%20sorgo%20granifero\(2\).pdf](http://www.atlanticasementes.com.br/upload/manual/manual%20sorgo%20granifero(2).pdf)>. Acesso em: 25 de abr. 2022.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV. 2017. 523 p.
- BORGES, F. J. S. **Avaliação da aptidão forrageira de híbridos de sorgo biomassa no extremo norte do Tocantins**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*, Araguatins, 2020, 50 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- COELHO, D. S. *et al.* **Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande - PB, UAEA/UFCG, ISSN: 1807-1929, v. 18, n. 1, 2014. p. 25-30.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, décimo levantamento, julho 2022**. v. 9. Safra 2021/2022, n. 10. ISSN: 2318-6852 Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/43195_4877b01240feca94340214d6c9e37afa> Acesso em: 08 jul. 2022.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. v. 1. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.
- CRUZ, C. D. **Genes Software extended and integrated with the R, Matlab and Selegen**. Acta Scientiarum Agronomy. 2016, v 38, n 4, p 547-552. ISSN 1807-8621. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>> Acesso em: 20 de abr. 2022.
- DE WET, J. M. J. **Special paper: systematics and evolution of sorghum sect. Sorghum (Gramineae)**. American journal of botany, v. 65, n. 4, p. 477-484, 1978. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/2442706.pdf>> Acesso em: 20 de abr. 2022.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2010). **EMBRAPA Milho e Sorgo**. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/maio/2asemana/sorgo-sacarinodesponta-como-alternativa-promissora-na-producao-de-etanol/>> Acesso em: 27 de abr. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MILHO E SORGO.
Cultivo do sorgo. Brasília, 2014.

FORTES, C. *et al.* **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa nas condições edafoclimáticas do Tocantins.** Energia na Agricultura, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 27-30, 21 janeiro-março 2018. ISSN 1808-8759. DOI: <<http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n1p27-30>> Acesso em: 20 de abr. 2022.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 19 de mar. 2022.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P. Zoneamento da cultura do sorgo. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo.** 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

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

LIMA, N. F. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa cultivados na safreinha.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, Araguatins, TO, 2022, 24 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. V. S. **Cultivo do Sorgo.** Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção, v. 2, ISSN: 1679-012, X Versão Eletrônica, ed. 4, set. 2008, 7 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35247/1/Ecofisiologia.pdf>> Acesso em: 3 de nov. 2022.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo.** Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. 2 p. (Comunicado Técnico, 88).

MAY, A. *et al.* **Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 46, p. 434-439, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141133>> Acesso em: 20 de abr. 2022.

MOTA, K. A. B. **Desempenho agrônômico e bromatológico de híbridos de sorgo biomassa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, Araguatins, TO, 2019, 39 p.

PALE, S.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D. 2003. **Planting time for early-season pearl millet and grain sorghum in Nebraska.** Agronomy Journal, Madison, v. 95, n. 4, p. 1047-1053. Disponível:

<[https://www.scrip.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1858125](https://www.scrip.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1858125)> Acesso em: 25 de abr. 2022.

PARRELLA, R. A. C. *et al.* **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2013.

PARRELLA, R.A.C. *et al.* **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

PEREIRA, G. A. *et al.* **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Águas de Lindóia. Águas de Lindóia: [s. n.], 2012.

PIMENTEL-GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 11. ed. Piracicaba, SP: Nobel, 1985. 466 p.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância econômica**. Embrapa Milho e Sorgo- Documentos (INFOTECA-E), 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16217/1/Doc_26.pdf> Acesso em: 17 de abr. 2022.

RODRIGUES, J. A. S. Sistemas de Produção Embrapa. **Cultivo de Sorgo**. 9ª edição, Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção 2, ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 9ª edição Julho, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=8301&p_r_p_-996514994_topicoId=9201> Acesso em: 20 de abr. 2022.

ROCHA, D. D. D. *et al.* **Influência da densidade de cultivo no perfilhamento de sorgo sacarino (*Sorghum Bicolor* (L.))**. XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, “Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar”, Bento Gonçalves -RS, setembro 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1055057/1/Influenciadensidade.pdf>>. Acesso em: 3 de nov. 2022.

SANTOS, F. D.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. (2005). **Melhoramento de sorgo**. In BORÉM A. (org). **Melhoramento de espécies cultivadas**, 2 (2a ed.). (pp.605-658). Viçosa: UFV.

SOUSA, J. M. A. de. **Desempenho de híbridos de sorgo biomassa com dupla aptidão**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus Araguatins*, Araguatins, 2021, 27p.

SEAGRO - SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E AQUICULTURA. **Pecuária - Governo do Tocantins**. Governo do Estado do Tocantins, 2017. Disponível em: <<https://www.to.gov.br/seagro/pecuaria>> Acesso em: 17 abr. 2022.

SIDRA, SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. **SIDRA 2019**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>> Acesso em: 17 abr. 2022.

SILVA, A. D. *et al.* **Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 4, n. 1, p. 28-44, 2005.

SILVA, D. F. *et al.* **Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão.** Research, Society and Development, v. 10, n. 3, 2021. ISSN 2525-3409 DOI: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>> Acesso em: 24 abr. 2022.

SILVA, F. C. *et al.* **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo.** Embrapa Solos. Documentos n° 3. 21ª ed. ISSN 1414-8153. Rio de Janeiro - RJ, outubro, 1998. 56 p.

SIMEONE, M. L. F. *et al.* **Genótipos de sorgo com potencial para sacarificação.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, n° 182, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018.

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.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Preparo da área; Adubação; Plantio; Capina



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE B – Desbaste; Controle de insetos-praga



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE C – Adubação de cobertura



Fonte: Arquivo pessoal