

CÉSAR HENRIQUE SOUZA ZANDONADI

TEOR DE CLOROFILA, EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES E DESEMPENHO  
AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO EM DIFERENTES  
ÉPOCAS DE SEMEADURA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em  
Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia,  
para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque

Co-orientador

Dr. Rogério Soares de Freitas

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

- Z27t Zandonadi, César Henrique Souza, 1988-  
2015 Teor de clorofila, exportação de nutrientes e desempenho agronômico de híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura / César Henrique Souza Zandonadi. - 2015.  
68 f. : il.
- Orientador: Carlos Juliano Brant Albuquerque.  
Coorientador: Rogério Soares de Freitas.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Sorgo - Semeadura - Teses. 3. Semeadura - Teses. I. Albuquerque, Carlos Juliano Brant. II. Freitas, Rogério Soares de. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CÉSAR HENRIQUE SOUZA ZANDONADI

TEOR DE CLOROFILA, EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES E DESEMPENHO  
AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO EM DIFERENTES  
ÉPOCAS DE SEMEADURA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em  
Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia,  
para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 23 de Fevereiro de 2015

Dr. José Mauro Valente Paes

EPAMIG

Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana

UFU

Prof. Dr. Hamilton Kikuti

UFU

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

Aos meus pais, Pedro e Lúcia, pelo amor, confiança e paciência.

Aos meus avós, Orozimbo (Zimba) e Delourdes (Lurde) pela inspiração e sabedoria.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso senhor Jesus e à Virgem Maria.

A minha família: meus pais, meus avós, minha madrinha Vera, e todos meus tios e primos  
pela presença constante em todas as etapas de minha vida.

As pessoas que estão sempre ao meu lado, amigos do coração, Mariana (Mor), Fernando  
(Nandin), Sara (cara de tapioca), Carolina (Lua), Erisson (rondônia), Paula (browa) e  
Hermenegildo (Tanga).

Ao meu orientador prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque, pelos ensinamentos e por  
ter acreditado no meu potencial, ajudando em todos os momentos na condução e discussão  
de todos projetos e experimentos com a cultura do sorgo.

Aos engenheiros agrônomos Paulo Dion e Osmério Pupin (Dow Agrosciences) por  
disponibilizarem as sementes para condução do experimento.

À EPAMIG, nas pessoas do Dr. Carlos Juliano e Dr. José Mauro e à APTA, na pessoa do  
Dr. Rogério Soares pela condução do experimento, fornecimento de materiais e  
disponibilização de áreas.

Àos amigos do LABAS: Eduardo, Marinho, Gilda, Manoel, Angélica e em especial à  
Professora Regina Maria Quintão Lana.

As companheiras de pós graduação, em especial Alyne e Marina, pelos dias de ajuda na  
instalação e avaliação de experimentos, faça sol ou faça chuva.

Aos estagiários do Prof. Carlos: Matheus, Mateus (Goiaba), Weslei e Juarez pela ajuda  
indispensável na condução de todos experimentos.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>   | i   |
| <b>RESUMO GERAL .....</b>   | ii  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | iii |
| <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>   | 4   |
| <b>CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>  | 6   |
| Cultura do sorgo .....  | 7   |
| Cultivares de sorgo granífero .....   | 9   |
| Estádios Fenológicos e Teores de Nutrientes .....   | 10  |
| Época de semeadura .....  | 12  |
| Uso do clorofilômetro para caracterização da nutrição de plantas .....  | 13  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 16  |
| <b>CAPÍTULO 2: RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE CLOROFILA (SPAD) E MACRONUTRIENTES E DESEMPENHO PRODUTIVO EM HÍBRIDOS DE SORGO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA .....</b> | 22  |
| RESUMO .....  | 23  |
| ABSTRACT .....  | 24  |
| INTRODUÇÃO.....   | 25  |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 26  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 30  |
| CONCLUSÕES.....   | 44  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 45  |
| <b>CAPÍTULO 3: EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA.....</b>              | 49  |
| RESUMO .....  | 50  |
| ABSTRACT .....  | 51  |
| INTRODUÇÃO.....   | 52  |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 53  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 56  |
| CONCLUSÕES.....   | 63  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 64  |
| ANEXOS .....  | 66  |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|         |   |
|---------|---|
| APTA    | Agência Paulista de Tecnologia Agropecuária |
| Ca      | Cálcio                                      |
| DAPS    | Dias Após a Primeira Semeadura              |
| K       | Potássio                                    |
| m       | Saturação por alumínio (%)                  |
| Mg      | Magnésio                                    |
| Mc      | Massa Corrigida (g)                         |
| Mo      | Massa Observada (g)                         |
| N       | Nitrogênio                                  |
| P       | Fósforo                                     |
| S       | Enxofre                                     |
| SPAD    | Soil Plant Analytical Division value        |
| Sb      | Soma de Bases                               |
| t       | CTC efetiva                                 |
| T       | CTC ph 7,0                                  |
| V       | Saturação de Bases (%)                      |
| $\mu 0$ | Teor de água no grão                        |

## RESUMO GERAL

ZANDONADI, C. H. S. **Teor de clorofila, exportação de nutrientes e desempenho agronômico de híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.** 2015. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

**Resumo:** O sorgo granífero é uma cultura de extrema importância na segunda safra, principalmente na região do Cerrado. Informações sobre o desenvolvimento da cultura em diferentes épocas de semeadura, manejo de adubação de forma rápida e precisa e uso de cultivares adaptadas são importantes nas tomadas de decisões pelos produtores rurais. Assim, foram conduzidos trabalhos com os seguintes objetivos: Avaliar o desempenho produtivo e concentração de macronutrientes em híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura e estádios de desenvolvimento; Determinar e relacionar os teores de clorofila nas folhas de híbridos de sorgo granífero em função de épocas de semeadura e estádios fenológicos; Gerar informações sobre características agronômicas e a exportação de macronutrientes pelos grãos em diferentes épocas de semeadura. Foram instalados experimentos em áreas contínuas em quatro épocas de semeadura. A primeira realizada no dia 26/02 de 2013 e as demais aos 17, 30 e 41 dias após a primeira semeadura - (DAPS). Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com 9 híbridos de sorgo granífero e quatro repetições. Cada época de semeadura foi considerada um experimento individual, sendo realizada a análise conjunta para comparação das características avaliadas. Os dados de teores de macronutrientes e índices *Soil plant analytical division value* (SPAD) foram avaliados em 3 estádios diferentes dentro do ciclo da planta, caracterizando assim o experimento em uma análise conjunta de parcela subdividida (estádio de desenvolvimento - subparcela), com fatorial na parcela (híbridos x época de semeadura). Foi calculada a correlação linear de Pearson para as variáveis teores de macronutrientes e índice SPAD. Foram avaliados também os teores de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) exportados pelos grãos de quatro dos nove híbridos semeados nas quatro épocas, no município de Votuporanga. A produtividade dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura. Os teores de macronutrientes variam em função dos estádios fenológicos de avaliação e das épocas de semeadura. Os valores de índice de clorofila SPAD apresentam correlações lineares positivas com os teores de nitrogênio nos estádios fenológicos avaliados. A massa de mil grãos dos híbridos de sorgo granífero variam em função das épocas de semeadura. A exportação de macronutrientes pelos grãos de sorgo segue a ordem decrescente: N > K > P > Ca > Mg > S. Os valores médios de acúmulo de macronutrientes para produção de uma tonelada de grãos de sorgo granífero são 20.05 kg de N; 3.33 kg de P; 3.70 kg de K; 3.49 kg de Ca; 1.77 kg de Mg e 0.72 kg de S.

**Palavras chave:** *Sorghum bicolor* L., Macronutrientes, Sistema de produção, Leitura SPAD

---

<sup>1</sup>Comitê orientador: Carlos Juliano Brant Albuquerque - UFU (Orientador) e Rogério Soares de Freitas - APTA (Co-orientador).

## ABSTRACT

ZANDONADI, C. H. S. **Chlorophyll content, nutrient export and agronomic performance of grain sorghum hybrids in different sowing times.** 2015. 68 p. Dissertation (Masters Degree in Agronomy) - Institute of Agricultural Sciences, Federal University of Uberlândia, 2015.

**Abstract:** Sorghum is an extremely important crop for the second season, particularly in Brazilian savannah. Information about the development of the crop in different sowing dates, prompt and accurate fertilizer management and use of adapted cultivars are important for making decision by farmers. Thus, studies were conducted to evaluate the productive performance and concentration of nutrients in grain sorghum hybrids in different sowing times and stages of development, to determine chlorophyll contents in the leaves of sorghum hybrids at growth stages in different sowing dates, and to generate data on agronomic characteristics and the exportation of macronutrients by grain in different sowing dates. Experiments were done in contiguous areas in four sowing dates. The first one was sown on February 26 2013 and the others 17, 30 and 41 days after the first sowing - (DAFS). The experiments were conducted in a randomized complete block design with 9 grain sorghum hybrids and four replications. Each sowing date was considered an individual experiment, and grouped analysis was done to compare characteristics. Macronutrient contents and SPAD index data were evaluated in three different stages within the plant cycle, characterizing the experiment in a grouped analysis of split plot (development stage - subplots), with factorial in plot (hybrid x sowing time). Pearson's correlation coefficients for the variables macronutrient and SPAD index were calculated. Macronutrient content ( $\text{g kg}^{-1}$ ) exported grain by four of the nine hybrids planted in the four periods, in Votuporanga, was evaluated. Sorghum hybrids productivity varied according to the sowing dates. Macronutrient contents varied in different development stages and sowing dates. SPAD chlorophyll index values had positive linear correlations with nitrogen levels in the phenological stages evaluated. The mass of one thousand grains of sorghum hybrids varied depending on the sowing dates. Exportation of macronutrients by sorghum grains followed the decreasing order: N > K > P > Ca > Mg > S. The mean values of macronutrients accumulation to produce one ton of grain sorghum grains are 20.5 kg N, 3:33 kg P, 3.70 kg K, 3:49 kg Ca, 1.77 kg Mg, and 0.72 kg S.

**Key words:** *Sorghum bicolor* L., Macronutrients, Production System, SPAD Reading.

---

<sup>1</sup>Supervising Committee: Carlos Juliano Brant Albuquerque - UFU (Supervisor) and Rogério Soares de Freitas - APTA (Co-supervisor).

## INTRODUÇÃO GERAL

A planta de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é conhecida por sua maior tolerância a estresses abióticos, provenientes de temperaturas elevadas e escassez hídrica, o que propicia o avanço do plantio nas áreas de Cerrado no Brasil. A cultura ainda é plantada tradicionalmente em áreas pouco férteis ou como segunda opção de cultura devido a épocas com maior déficit hídrico (entressafra) e consequentemente os tratos culturais e fitossanitários adequados para aumento de produtividade não têm sido muito utilizados.

O sorgo nos dias atuais é o quinto cereal mais cultivado no mundo, atrás apenas do trigo, arroz, milho e cevada. Sua produção nas Américas do Sul e do Norte, Europa e Austrália é destinada principalmente à alimentação animal, diferente da Ásia, África, China e América Central, onde o grão é importante fonte de calorias para alimentação humana. Os maiores produtores mundiais são Nigéria, Estados Unidos, Índia e México. O Brasil é o décimo maior produtor e consumidor da cultura. A planta de sorgo foi introduzida no Brasil muito provavelmente através de escravos vindos da África, e o Nordeste pode ter sido uma das portas de entrada no Brasil (RIBAS, 2014; BORGHI et al., 2014).

As informações que existem atualmente sobre a planta de sorgo indicam o mesmo como um bom substituto do milho na produção agrícola e na alimentação animal, principalmente na formulação de rações e em épocas que ocorram intempéries climatológicas, principalmente as relacionadas a estresse hídrico. O sorgo apresenta em média 90% do valor nutricional do milho. O custo de produção do sorgo é semelhante ao milho, sendo que para se conseguir ótimas produtividades torna-se indispensável o uso de tecnologias adequadas para cada local de cultivo (MOREIRA et al., 2014).

Existem no mercado nacional vários materiais de sorgo granífero, híbridos e cultivares, com diversos potenciais produtivos, cada um com as mais variadas exigências nutricionais e também recomendações, como época de semeadura correta e resistência a determinados tipos de doenças. O uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção e às condições ambientais da região de cultivo são fatores importantes para contribuir com a maximização do seu potencial produtivo. Portanto, torna-se necessária a avaliação da performance das cultivares, em diferentes épocas de semeadura, procurando prever as condições ambientais no período que a cultura se encontra no campo, e com isso fornecer ao produtor informações técnicas adequadas para o emprego do sorgo no sistema de produção.

Uma das maneiras utilizadas para avaliar o estado nutricional em plantas é o uso de medidores portáteis de clorofila (clorofilômetro). Com esse aparelho, é possível relacionar, de maneira rápida e não destrutiva, os teores de clorofila nas folhas das plantas em diferentes estágios fenológicos e através desses dados poder adequar e corrigir as adubações realizadas.

Sendo assim foram conduzidos trabalhos em diferentes épocas de semeadura na safrinha no município de Votuporanga, São Paulo, no ano de 2013 com os seguintes objetivos:

Avaliar o desempenho produtivo e concentração de macronutrientes em híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura e estádios de desenvolvimento;

Determinar e relacionar os teores de clorofila nas folhas de híbridos de sorgo granífero em função de épocas de semeadura e estádios fenológicos;

Gerar informações sobre características agronômicas e a exportação de macronutrientes pelos grãos de híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.

## **CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO**

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Cultura do sorgo

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoidea*, e está inserido na tribo *Andropogoneae*. A subfamília *Panicoidea* também comprehende outras espécies importantes para produção agrícola como o milho (tribo *Tripsiceae*) e o milheto (tribo *Paniceae*). Sua origem está provavelmente na África, onde os registros arqueológicos por volta de 3000 a.C., evidenciam a prática da domesticação e cultivo de sorgo e outros cereais introduzidos no Egito antigo, a partir da Etiópia (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

Segundo Ribas (2014) o sorgo não é nativo do hemisfério ocidental e seus primeiros registros datam dos séculos XVII e XVIII na região do Caribe. Nessa época grande quantidade de escravos africanos foi trazida para trabalhar em plantações de cana-de-açúcar, e com eles foram introduzidas as primeiras sementes de sorgo nas Américas. No Brasil, sua entrada provavelmente foi da mesma forma que nas Américas Central e do Norte. A partir da segunda década do século XX até 1960, a cultura foi reintroduzida, dessa vez de forma ordenada através de institutos de pesquisa e universidades. A distribuição de sementes melhoradas só começou por volta de 1970, com a criação da Embrapa, a instalação do Centro Nacional de milho e sorgo, atual Embrapa Milho e Sorgo e a participação de empresas produtoras de semente no agronegócio do sorgo.

Cultivares de sorgo granífero de porte baixo foram introduzidas pela fronteira com a Argentina no Rio Grande do Sul, que na época se tornou o estado brasileiro com maior produção da cultura. Atualmente a cultura possui pouca expressão nesse estado, e seu cultivo está espalhado do norte de São Paulo ao Triângulo Mineiro, sul e sudoeste goiano, Chapada do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Oeste da Bahia e Sul do Piauí. Só os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia concentram mais que 80% da área plantada e da produção de sorgo granífero (DUARTE, 2010).

A produção de sorgo no Brasil vem aumentando tanto pela expansão de sua área de cultivo, quanto pelo acréscimo de produtividade e foi consolidado como cultura rentável para épocas de entressafra, principalmente devido à tolerância à seca (PARRELLA et al., 2014; SANTOS et al., 2014; TOLK et al., 2013; ZEGADA-LIZARAZU et al., 2012). Na safra 13/14 estimou-se uma área plantada de 795,7 mil hectares. Os estados com maior área plantada são Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, respectivamente, além de

apresentarem as maiores produções do grão, sendo a produção em Goiás (922,5 mil toneladas), Minas Gerais (507,4 mil toneladas) e Mato Grosso (347,3 mil toneladas). O estado de São Paulo contribui com uma produção de 43,5 mil toneladas em uma área de 12,8 mil ha (CONAB, 2014).

Em relação à produtividade, as lavouras brasileiras apresentaram aumento de produtividade em todas as regiões nos últimos anos. Na safra 13/14 as médias das regiões Centro Oeste e Sudeste foram de  $3069.00 \text{ kg ha}^{-1}$  e de  $3010.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , apresentando aumentos de 3,5 % no Centro Oeste e 2,3% no Sudeste em relação à safra 12/13. A região Nordeste apresentou aumento de 190% na produtividade em relação à safra anterior (CONAB, 2014). Esse fato se deve principalmente ao aumento de área plantada e ao emprego de técnicas adequadas de cultivo nos estados de Piauí, Ceará e Bahia. O principal uso da cultura do sorgo granífero nestes estados é na alimentação de monogástricos (MARTINS, 2012).

Mesmo com o aumento da produtividade, a média nacional ainda está muito abaixo do potencial dos híbridos disponíveis no mercado. Na maior parte das regiões produtoras do Brasil se destacam a produção de soja na safra e o plantio de milho na entressafra. Normalmente, o sorgo é cultivado num período de entressafra mais tardia, quando aumentam os riscos de perda na cultura do milho devido às intempéries climáticas. Os plantios tardios tendem a reduzir a produtividade, principalmente devido à falta de água no enchimento de grãos (VAN OOSTEROM et al., 2010b; PARRELA et al., 2014; TARDIN et al., 2012).

O sorgo é tratado como planta rústica devido à sua capacidade de desenvolver-se bem em condições adversas, principalmente em relação à escassez hídrica, porém isso não significa que a mesma necessite de menos nutrientes ou que não seja responsiva à adubação mineral suplementar (VON PINHO et al., 2014; ALBUQUERQUE et al., 2014; WHITNEY, 1998; HOUSE, 1985) . À semelhança de outras culturas anuais, o sorgo pode apresentar grande exigência nutricional, sobretudo quando se busca alta produtividade (RESENDE et al., 2009). Ele é considerado muito eficiente na utilização de nutrientes do solo devido a seu sistema radicular ser bem fibroso e desenvolvido. As quantidades de nutrientes absorvidos variam de acordo com as cultivares, condições de clima, fertilidade do solo e demais tratos culturais (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

## Cultivares de sorgo granífero

O sorgo granífero vem aumentando sua área cultivada no território nacional nos últimos anos, consolidando-o como cultura rentável na entressafra, principalmente pela adaptação à seca e altas temperaturas, além da semeadura em regiões onde o volume de chuvas não permite a expressão adequada do potencial produtivo da cultura do milho (MAGALHÃES et al., 2013). Essa expansão na área cultivada proporcionou o maior interesse de empresas produtoras de sementes, que ao investirem mais em programas de melhoramento, aumentaram a quantidade de híbridos disponíveis no mercado. São observados também aumentos crescentes nas médias de produtividade em grande parte do país, porém, mesmo com esses aumentos, a média nacional ainda se encontra muito aquém do potencial apresentado pelos híbridos presentes no mercado (ALBUQUERQUE et al., 2014).

A escolha correta de híbridos deve ser feita com base na adaptação do material à região e ao sistema de produção em que está inserido, para garantir a produtividade esperada do material. Atualmente, os híbridos simples de sorgo granífero são os mais utilizados por apresentarem alta adaptabilidade e estabilidade de produção (ALMEIDA FILHO et al., 2010; ALMEIDA FILHO et al., 2014).

Para escolha desses materiais devem ser levadas em consideração algumas características como produtividade, tolerância a déficit hídrico, resistência a acamamento, ciclo médio a precoce, porte entre 1,0 m e 1,5 m, ausência de tanino no grão, resistência a doenças predominantes na região e tolerância a alumínio. Essas, entre outras características agronômicas podem ser avaliadas em experimentos de competição entre os híbridos, sejam eles comerciais ou experimentais (PARRELLA et al., 2014; HECKLER, 2002; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2013; SANTOS & GRANJEIRO, 2013).

Silva et al. (2013) avaliando híbridos de sorgo granífero semeados no verão de 2010 obtiveram produtividades médias em torno de  $5150.00 \text{ kg ha}^{-1}$ , mostrando assim que as produtividades da cultura na entressafra podem ser semelhantes às dos plantios realizados na época de safra, onde as condições de estresse climático são menores. Almeida Filho et al. (2014) obtiveram médias de produtividade em torno de  $3822.16 \text{ kg ha}^{-1}$  e o híbrido 1G282 foi o mais produtivo dentre os avaliados pelos autores. Almeida Filho et al. (2010) ao realizarem a semeadura na primeira quinzena de março obtiveram produtividades variando de  $2800.00$  a  $5009.00 \text{ kg ha}^{-1}$  ao avaliarem 25 híbridos de sorgo granífero, sendo 20 experimentais e 5 comerciais, dentre eles o híbrido 1G220 que apresentou médias

intermediárias. No trabalho de Silva et al. (2009) as produtividades variaram de 2267.00 a 3245.00 kg ha<sup>-1</sup> quando a semeadura foi realizada em 05/03 na região Sudoeste de Goiás.

## Estádios Fenológicos e Teores de Nutrientes

O sorgo é uma planta autógama que apresenta baixas taxas de polinização cruzada e possui metabolismo C4, suportando elevados índices de luminosidade e apresentando altas taxas fotossintéticas, sendo a fotossíntese responsável, em média, por 90% da produção de matéria seca e desenvolvimento da planta (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

De acordo com Von Pinho et al. (2014) os estádios fenológicos na cultura do sorgo podem ser divididos em três fases ou etapas de crescimento: uma vegetativa (EC1) que envolve desde a germinação, emergência, desenvolvimento folhas e o estabelecimento do sistema radicular fasciculado; outra reprodutiva (EC2) que se inicia a partir do momento que o meristema apical se diferencia em meristema floral e segue até a antese; e por último o período de maturação do grão (EC3).

Fornasieri Filho & Fornasieri, (2009) e Vanderlip, (1993) apresentam o ciclo fenológico dividido em estádios de 0 a 9, sendo estes:

Estádio 0 (Emergência) - ocorre de 3 a 10 dias após a semeadura. Tempo para emergência depende da temperatura e umidade do solo, profundidade de semeadura e vigor da semente.

Estádio 1 (Plântula com 3 folhas) - Meristema apical ainda está abaixo do solo, desenvolvimento lento. A planta acumula em média 1% da matéria seca total e 2%, 3% e 5% do total de P, N e K, respectivamente.

Estádio 2 (Plântula com 5 folhas) - Cinco folhas totalmente expandidas, sistema radicular desenvolvendo rapidamente. A planta apresenta em média 2% da matéria seca total e 4%, 6% e 8% da exigência total de P, N e K. A partir desta fase qualquer estresse poderá reduzir significativamente a produtividade (VAN OOSTEROM et al., 2010a).

Estádio 3 (Diferenciação do ponto de crescimento) - Após 30 dias da emergência o ápice meristemático de crescimento passa de vegetativo para reprodutivo. A planta apresenta acúmulo de 8% da matéria seca total e em torno de 20% do N, 15% do P e 25% do K acumulados.

Estádio 4 (Folha Bandeira visível) - Todas as folhas, com exceção das 3 mais novas, estão completamente expandidas, cerca de 80% da área foliar total da planta está presente,

apresentando absorção da luz solar quase máxima e intenso acúmulo de nutrientes sendo em média 40% do N, 30% do P e 50% do potássio.

Estádio 5 (Emborrachamento) - Todas as folhas expandidas proporcionando máxima interceptação da luz. A panícula está com seu tamanho definido dentro da bainha da folha bandeira. A elongação do pedúnculo está começando e resultará no aparecimento da panícula através do colar da folha bandeira. Cerca de 35% da matéria seca total foi acumulada e em torno de 55%, 45% e 75% da exigência em N, P e K, respectivamente.

Estádio 6 (Florescimento) - O período em que ocorre 50% de floração (cerca de 60 dias). Aproximadamente metade da matéria seca foi produzida e a absorção de nutrientes está cerca de 70%, 60% e 80% para N, P e K. Nesse período que ocorrem as maiores perdas em rendimento, devido a estresse por falta de água (LIMA et al., 2011; MASTRORILI et al., 1995; LUDLOW & MUCHOW, 1990).

Estádio 7 (Grão Leitoso) - Cerca de 50% da matéria seca dos grãos foram acumulados e a massa do colmo diminui. A planta está com cerca de 65% de matéria seca e absorção de 80%, 70% e 90% de N, P e K.

Estádio 8 (Grão Pastoso) - Cerca de 75% de matéria seca dos grãos foram acumulados. A planta possui 90% da matéria seca total acumulada e 95%, 85% e 98% de N, P e K acumulados.

Estádio 9 (Maturação fisiológica) - Os grãos atingem máximo conteúdo de matéria seca e estão com 22 a 23% de umidade.

De acordo com Von Pinho et al. (2014) essa fase pode ser determinada pela presença de uma mancha marrom escura no lado oposto do embrião do grão devido ao rompimento dos vasos do floema e interrupção de translocação de fotoassimilados.

Conhecer os teores foliares de nutrientes no sorgo é de fundamental importância dentro do manejo da nutrição, contribuindo para aumento na sua eficiência no campo, proporcionando ganhos em produtividade e redução de custos. As informações em relação a extração de nutrientes pelas plantas em diferentes níveis de produtividade devem ser levadas em consideração para que se possa definir o manejo adequado da fertilidade do solo na propriedade, explorando ao máximo o potencial produtivo da cultura (SANTOS et al., 2014).

As necessidades nutricionais das plantas são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidos nas diferentes etapas fisiológicas do seu ciclo e têm relação direta com a produtividade (BULL & CANTARELLA, 1993). A maior exigência refere-se a nitrogênio e potássio, em seguida fósforo, enxofre, magnésio e cálcio. O fósforo é o

nutriente mais translocável, seguido pelo nitrogênio e enxofre. Por sua vez, os nutrientes cálcio e magnésio apresentam reduzida translocação para os grãos (TAIZ & ZEIGER, 2013; EPSTEIN & BLOOM, 2004). As necessidades nutricionais da planta são determinadas pela quantidade de nutriente que a mesma extrai, dependendo da produtividade obtida e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada.

Albuquerque et al. (2013) avaliando teores de macronutrientes na maturidade fisiológica em diferentes arranjos de plantas, na parte colmo mais folhas, encontrou teores maiores de K seguidos de N e P. O acúmulo de nutrientes no grão foi maior para N seguido de K e P. Mesma sequência observada por Franco (2011). Borges et al. (2014) avaliando a extração de macronutrientes em um híbrido de sorgo granífero em Janaúba, observaram que o acúmulo desses nutrientes, seguiu esta ordem, K > N > Ca > P > Mg > S, sendo crescente durante o desenvolvimento da cultura.

### **Época de semeadura**

A época de semeadura influencia o crescimento e desenvolvimento das plantas e sua recomendação deve ser feita levando em consideração os períodos de estresse que a planta poderá passar, provocados principalmente por fatores ambientais (LIMA et al., 2010; SANS et al., 2003).

A variação das épocas de semeadura para sorgo granífero apresentam influencia direta principalmente nos principais fatores agronômicos da cultura como altura de plantas e produtividade, sendo que semeaduras mais tardias, em geral, apresentam menores produtividades (BORGHI et al., 2013; CASTRO et al., 2012; MARIN et al., 2006; BAUMHARDT & HAWELL, 2006; LAZZAROTO, 2003). Lima et al. (2010) e Amabile et al. (1996) também observaram produtividades menores de semeaduras mais tardias em relação às mais precoces para espécies de adubos verdes usadas na entressafra no cerrado, como *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*.

A escolha correta da época de semeadura deve ser embasada nos fatores de risco, visando minimizar ao máximo os mesmos e garantir as condições necessárias para a planta atingir seu pleno desenvolvimento e garantir seu potencial produtivo. A planta de sorgo por ser uma gramínea de origem tropical e metabolismo C4 necessita de altas taxas fotossintéticas para sua produção. A maioria dos materiais de sorgo no mercado necessitam de temperaturas acima dos 21°C para seu pleno desenvolvimento. A temperatura máxima suportada sem perda de produtividade é 38°C (MAGALHÃES et al., 2003; SANS et al,

2003; HAMMER & MUCHOW, 1994) e a temperatura mínima suportada é de 16°C. As temperaturas menores que essa levam a diversos problemas, como esterilidade do grão de pólen e aliado a condições de alta umidade no período também favorecem o desenvolvimento de algumas doenças, sendo a principal o Ergot, ou doença açucarada (*Claviceps africana*), fato esse que justifica a inviabilidade de utilização de sorgo em regiões frias do Brasil (ALBUQUERQUE et al., 2014; SILVA et al., 2014; PANIZZI et al., 2005; MONTES-BELMONT et al., 2002). Logo, é importante conhecer a época de semeadura, procurando assim, prever as condições ambientais ideais de temperatura, radiação solar, quantidade de chuvas e disponibilidade de água no solo.

O sorgo granífero, no Cerrado, normalmente é cultivado na entressafra, logo o principal fator ambiental limitante é a frequência de chuvas, por isso é recomendado que sua semeadura seja realizada logo após a colheita da cultura da safra principal (ALBUQUERQUE et al., 2014; FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009). Nesse contexto, visando a redução dos riscos climáticos, tanto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), quanto o Ministério da Agricultura (MAPA) fornecem o zoneamento climático de diversas culturas, entre elas o sorgo granífero. Propiciando ao produtor condições para a escolha correta das épocas de semeadura nas diferentes regiões do país, evitando principalmente condições climáticas desfavoráveis (LANDAU et al., 2013; BRASIL, 2014).

### **Uso do clorofilômetro para caracterização da nutrição de plantas**

Os principais pigmentos fotossintéticos, em plantas superiores, são as clorofilas (*a* e *b*) e os carotenoides (carotenos e xantofilas). Essas clorofilas são essenciais para a conversão da energia luminosa em energia química armazenada fazendo parte do complexo antena e dos centros de reação; enquanto os carotenóides, podem desempenhar duas funções distintas, seja na absorção de luz nos complexos de captação de luz, atuando como pigmento acessório e também atuando como fotoprotetor do aparato fotoquímico (KERBAUY, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2013).

De acordo com Kerbawy (2008) é através dos processos fotossintéticos que as plantas conseguem promover seu crescimento e produtividade, apresentando relação direta com quantidade de luz interceptada pelas folhas e o índice de área foliar.

Trabalhos realizados com a cultura do milho mostram que os teores de clorofila da planta são menores quando a planta passa por algum estresse, principalmente o hídrico (RESENDE et al., 1994; VIANA et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2009).

Sendo assim, considera-se valiosa a determinação do teor de clorofila na folha como um dos parâmetros para avaliar o estado nutricional em plantas de sorgo granífero. Existem diversas maneiras de se determinar esses teores de clorofila. Alguns deles são realizados de forma simples, rápida e não destrutiva, através do uso de equipamentos eletrônicos (clorofilômetro).

O equipamento Minolta SPAD-502 plus tem sido utilizado na quantificação de clorofilas, caracterizando-se pela rapidez, simplicidade e, principalmente, por possibilitar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar. Para a quantificação de clorofilas, o equipamento emite feixes de luz, que atravessam o tecido foliar e atingem um receptor (fotodiodo de silicone). A luz transmitida é convertida em sinais digitais, sendo usados por um microprocessador para calcular a leitura SPAD (“Soil Plant Analytical Division Value”, na faixa de 0-100). A intensidade de cor verde é detectada no aparelho através da quantidade de luz absorvida pela folha, nos comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 650 nm (vermelho) e 940 nm (vermelho distante próximo). A luz absorvida no  $\lambda$  de 650 nm (pelos clorofilas, sem a interferência ocasionada pelos carotenoides) indica a quantidade de clorofilas, enquanto a quantidade absorvida próximo do  $\lambda$  de 940 nm serve como referência interna na compensação da espessura e conteúdo de água da folha.

O instrumento tem sido utilizado principalmente para avaliar o teor de nitrogênio na folha, visto que há estreita relação entre os teores de N e de clorofila na folha, uma vez que o N faz parte da estrutura desta molécula (TAIZ & ZEIGER, 2013; KERBAUY, 2008). A partir do momento em que são realizadas as leituras (unidades SPAD), os resultados são confrontados com os teores de N para a cultura em questão e é calculada a correlação entre esses parâmetros.

Este aparelho permite fazer a leitura direta no campo e apresenta boa correlação com teores de nitrogênio para diversas espécies, como milho (MAGALHÃES et al., 2009; ROCHA et al., 2005; ZOTARELLI et al., 2003; ARGENTA et al., 2001), braquiária (JORDÃO et al., 2010), trigo (SPANER et al., 2005; FOTOVAT et al., 2007), além de algumas leguminosas, como soja (RODRIGUEZ-LUCENA et al., 2010), feijão (SANT'ANA et al., 2010) e algodão (NEVES et al., 2005).

Esses resultados obtidos podem ser usados posteriormente para inferência do estado nutricional de N e, consequentemente, para ajustes na adubação nitrogenada. No entanto, o

aparelho deve ser utilizado com critério, devido a fatores que possam alterar a cor verde da folha, como por exemplo o estádio de desenvolvimento, cultivares, condições climáticas e posição de leitura na folha. Esse método de determinação indireta de clorofila permite detectar diferenças entre áreas dentro de uma lavoura, assim com base em uma área de referência, o mesmo pode ser utilizado no ajuste imediato da adução, principalmente a de cobertura.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. de; SOUZA, M. F. de; Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MANTOVANI, E. C.; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; FREITAS, R. S. de; MAY, A.; ZANDONADI, C. H. S. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 41-48, jan./fev. 2014.

ALMEIDA FILHO, J. E. de; TARDIN, F. D.; SOUZA, S. A. de; GODINHO, V. de P. C.; CARDOSO, M. J. Desempenho agronômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 1, p. 54-64, 2010.

ALMEIDA FILHO, J. E. de; TARDIN, F. D.; DAHER, R. F.; SILVA, K. J. da; JOÃO BATISTA XAVIER NETO; BASTOS, E. A.; LOPES, V. da S.; BARBE, T. da C.; MENEZES, C. B. de Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 82-95, 2014.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L.; Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Matogrosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L. & TRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.13, n.2, p.158-167. 2001

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 462-470, 2006.

BORGES, I. D.; FRANCO, A. A. N.; VERDOLIN, D. T.; SILVA, S. R. da; TEIXEIRA, E. C.; COSTA, E. L.; Acúmulo de Macronutrientes em Sorgo Granífero Cultivado na Safrinha. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30.; SIMPÓSIO SOBRE LEPDÓPTEROS COMUNS A MILHO, SOJA E ALGODÃO, 1., 2014, *Anais...* Salvador. Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global: resumos expandidos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. 1 CD-ROM.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; SOUSA, V.V.; MARTINS, P.O.; MATEUS, G.P.; COSTA, C. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.51 p.130-139, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola**. Brasília, [2014]. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola>>. Acesso em: 25 set. 2014

BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.

CASTRO, L. A. de; ANDRADE, C. de L. T. de; RODRIGUES, J. A. S.; MOURA, B. F.; MATOS, F.M. de; Produtividade de dois híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2012, **Anais...** Sete Lagoas. [Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 2341-2347. 1 CD-ROM

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, oitavo levantamento, maio/2014 - Brasília: Conab, 2014. 98 p.

DUARTE, J. O. Mercado e comercialização: produção de sorgo granífero no Brasil. In: **Cultivo do sorgo**: Sistema de produção, 2, 6. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, Set. 2010.

EPSTEIN, E. E.; BLOOM, A. J.; Nutrição Mineral de Plantas. **Princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina, 2004, 403 p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

FOTOVAT, R.; VALIZADEH M.; TOORCHI, M. Association between water-use efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and drought stress conditions. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 5, n. 3/4, p. 225-227, 2007.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, Universidade Estadual de Montes Claros -Unimontes, Janaúba.

HAMMER, G.L., MUCHOW, R.C.. Assessing climatic risk to sorghum production in water-limited subtropical environments I. Development and testing of a simulation model. **Field Crops Research**, Amsterdam, 36, 221–234. 1994

HECKLER, J.C. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p.517-520, 2002

HOUSE, L. R. A guide to sorghum breeding. 2. ed., **International. Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**, Hyderabad, India. 1985.

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F. de; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E. M.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com Azospirillum braziliense sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, **Anais...** Guarapari. Fontes de nutrientes e produção

agrícola: modelando o futuro: anais. Viçosa: SBCS, 2010. 4 p. 1 CD-ROM. FERTBIO 2010.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

LANDAU, E. C.; SANTOS, G. M. dos; MARTINS NETTO, D. A. **Aumento potencial do plantio de sorgo granífero no Brasil considerando o zoneamento de risco climático**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 32 p. il

LAZZAROTO, C. **Época de semeadura e riscos climáticos para o sorgo granífero no outono-inverno, em São Gabriel do Oeste, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária. Oeste, 2003. 3 p. Comunicado técnico, 75.

LIMA, J. D.; SAKAI, R. K.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, M. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, p.531-540, 2010.

LIMA, N. R. C. de B.; SANTOS, P. M.; MENDONÇA, F. C.; ARAÚJO, L. C. de Critical periods of sorghum and palisadegrass in cultivation for climatic risk zoning **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p.1452-1457, 2011.

LUDLOW, M.M. AND MUCHOW, R.C., 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**., Nova Iorque, v 43: p107-153.

MAGALHÃES, P. C. ; DURAES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S.; **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. Comunicado técnico, 86.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.3, p. 223-232, 2009.

MARTINS, M. A. **Estimativa de produtividade das culturas do milho e do sorgo a partir de modelos agrometeorológicos em algumas localidades da região nordeste do Brasil**. 2012, 96f. Dissertação (Mestrado em meteorologia). Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Santos.

MARIN, F. R.; PANDORFI, H.; SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, M. B. P de; HERNANDEZ, F. B. T. Perda de produtividade potencial da cultura do sorgo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 157-162, 2006.

MASTRORILLI, M.; KATERJI, N.; RANA, G.; STEDUTO, P. Sweet sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies, **Industrial Crops and Products**, Tucson, v.3, p.253-260, 1995.

MONTES-BELMONT, R., MENDEZ-RAMÍREZ, I., AND FLORES-MOCTEZUMA, E. Relationship between sorghum ergot, sowing dates, and climatic variables in Morelos, Mexico. **Crop Protection**, Amsterdam, v21: p899–905. 2002

MOREIRA, F. R. da COSTA; COSTA, A. N.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V. da; MEDEIROS, H. R. de; CRUZ, G. R. B. da Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.15, n.1, p.94-107 jan./mar., 2014

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. & PINHO, P. J.; Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.517-521, 2005.

PANIZZI, R. C.; FERNANDES, N. G. Doenças do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: CAMARGO, E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 676-689

PARRELLA, R. A. da C.; MENEZES, C. B. de; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds) **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014 p. 169-187

RESENDE A. V. de; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2009, p. 8. Circular Técnica, 119

RESENDE, M.; WILHELM, W. W.; WATTS, D. G. Estresse de água na planta e o teor de clorofila da folha milho irrigado para recomendação de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, **Anais...** Goiânia. Centro-Oeste: cinturão do milho e do sorgo no Brasil: resumos. Goiânia: ABMS, 1994. p. 194.

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds) **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014 p. 9-36

ROCHA, R. N. C.; GALVÃO, J. C. C.; TEIXEIRA, P. C.; MIRANDA, G. V.; AGNES, E. L.; PEREIRA, P. R. G.; LEITE, U. T. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 161-171, maio/ago. 2005.

RODRIGUEZ-LUCENA, P.; HERNANDEZ-APAOLAZA, L. & LUCENA, J. J. Comparison of iron chelates and complexes supplied as foliar sprays and in nutrient solution to correct iron chlorosis of soybean. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 173, n. 1, p. 120-126, 2010.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. de C. de.; GUIMARAES, D. P.. **Época de plantio de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. Comunicado técnico, 80.

SANT'ANA, E.V.P.; SANTOS, A.B. & SILVEIRA, P.M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, n.4, v.40, p.491-496, 2010.

SANTOS, F. C. dos; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; MIRANDA, R. A. de; Correção do solo e adubação na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 76-88, jan./fev. 2014.

SANTOS, J. F dos.; GRANGEIRO, J. I. T. Desempenho produtivo de cultivares de sorgo forrageiro e granífero na Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.2, p.49-55, jun. 2013.

SILVA, A. G.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P.; MORAES, E. B.; PIRES, R.; TEXIRA, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero no Sudoeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168 -174. 2009.

SILVA, K. J. da. MENEZES, C. B. de TARDIN, F. D. EMYGDIO, B. M. SOUZA, V. F. de. CARVALHO, G. A. de. SILVA, M. J. da. Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.1, p. 44-53, 2013

SILVA, D. D. da; COTA, L.V.; COSTA, R. V. da; PARREIRA, D. F. Manejo de Doenças In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds) **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014 p. 242-265.

SPANER, D.; TODD, A. G.; NAVABI, A.; McKENZIE, D. B.; GOONEWARDENE, L. A. Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in eastern Canada? **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 191, n. 5, p. 393-399, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TARDIN, F. D.; ALMEIDA FILHO, J. E. de; DAHER, R. F.; MENEZES, C. B. de; SILVA, K. J. da; PAULA, C. M. de; XAVIER NETO, J. B.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; GODINHO, V. de P. C.; ANDRADE, F. F.; LOPES, V. da S.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho agronômico de híbridos de sorgo granífero cultivados em vários ambientes brasileiros In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, **Anais...** Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agronômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 3141-3147. 1 CD-ROM.

TOLK, J.A.; HOWELL, T.A.; MILLER, F.R. Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.145, p.44-51, 2013.

VANDERLIP, R.L.. How a sorghum plant develops. **Cooperative extension service**. Manhattan, Kansas: Kansas Agricultural Experiment Station. 1993. v.1203

VIANA, M. C. M.; DURÃES, F. O. M.; QUEIROZ, C. G. S.; ISABEL, R. P.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Produção de fitomassa e teor de clorofila em linhagens de milho submetidas ao déficit hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1., 2004, **Anais...** Cuiabá, MT. Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade: (resumos expandidos). Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Cuiabá: Empaer, 2004. 1 CD-ROM.

VAN OOSTEROM, E. J; BORRELL, A. K., CHAPMAN, S. C.; BROAD, I. J.; HAMMER, G. L. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum: I. N demand of vegetative plant parts. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 115, n. 01, p. 19-28, 2010a

VAN OOSTEROM, E.J.; CHAPMAN, S. C.; BORRELL, A. K.; BROAD, I. J.; HAMMER, G. L. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum. II. Grain filling period. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.115, p.29-38, 2010b

VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014 p. 37-57.

WHITNEY, D. Fertilizer Requirements In: VANDERLIP, R. **Grain Sorghum Production Handbook** Manhattan, Kansas: Kansas Agricultural Experiment Station 1998

ZEGADA-LIZARAZU, W.; ZATTA, A.; MONTI, A. Water Uptake Efficiency and Above- and Below-Ground Biomass Development of Sweet Sorghum and Maize under Different Water Regimes **Plant Soil**, Dordrecht, v.351, n.1-2, p. 47-60, 2012

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1117-1122, set. 2003.

**CAPÍTULO 2: RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE CLOROFILA (SPAD) E  
MACRONUTRIENTES E DESEMPENHO PRODUTIVO EM HÍBRIDOS DE  
SORGO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA**

## RESUMO

### RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE CLOROFILA (SPAD) E MACRONUTRIENTES E DESEMPENHO PRODUTIVO EM HÍBRIDOS DE SORGO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

O sorgo é uma cultura já estabelecida na entressafra, em sucessão à soja nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e também oeste da Bahia e Sul do Piauí. O uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção, as condições ambientais da região de cultivo, além do conhecimento das necessidades nutricionais são fatores importantes para contribuir com a maximização da produtividade. Portanto, torna-se necessária a avaliação da performance de cultivares de sorgo, em diferentes épocas de semeadura, procurando prever as condições ambientais no período que a cultura se encontra no campo, e com isso fornecer ao produtor informações técnicas adequadas para o emprego da cultura. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram a avaliação do desempenho produtivo de híbridos de sorgo em diferentes épocas de semeadura e determinação da relação do índice SPAD obtido pelo clorofilômetro com os teores de macronutrientes nos híbridos, em função dos estádios fenológicos e épocas de semeadura. Foram implantados experimentos em áreas contínuas em quatro épocas de semeadura, sendo a primeira realizada no dia 26/02 de 2013 e as demais aos 17, 30 e 41 dias após a primeira semeadura - (DAPS). Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com nove híbridos e quatro repetições. Cada época de semeadura foi considerada um experimento individual, sendo realizada a análise conjunta para comparação das características avaliadas. Os dados de teores de macronutrientes e índices *Soil Plant Analytical Division value* (SPAD) foram avaliados em três estádios diferentes dentro do ciclo da planta, caracterizando assim um experimento em análise conjunta de parcela subdividida (estádio de desenvolvimento - subparcela), com fatorial na parcela (híbridos x época de semeadura). Foi calculada a correlação linear de Pearson para as variáveis teores de macronutrientes e índice SPAD. O desempenho produtivo dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura. Os teores de macronutrientes dos híbridos de sorgo granífero variam em função dos estádios fenológicos avaliados e das épocas de semeadura. Os valores de índice de clorofila SPAD apresentam correlações lineares positivas com os teores de nitrogênio nos estádios fenológicos avaliados.

**Palavras chave:** *Sorghum bicolor* L.; Nutrição mineral; Extração de nutrientes; Clorofila; SPAD-502 minolta.

## ABSTRACT

### CHLOROPHYLL INDEX (SPAD) AND MACRONUTRIENT RELATION AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF SORGHUM HYBRIDS IN DIFFERENT SOWING TIMES

Sorghum is a crop already established for off season planting, in succession to soybeans in the Southeast, Midwest and also in western Bahia and southern Piauí. The use of cultivars adapted to production systems, environmental conditions in each region, besides the knowledge of its nutritional needs are important factors to contribute to productivity maximization. Therefore, it is necessary to evaluate the performance of sorghum cultivars in different sowing times, monitoring the environmental conditions in the period that the crop is in the field and, thus, provide the grower with appropriate technical information for crop management. Therefore, this study evaluated the productive performance of sorghum in different sowing times and determined the SPAD chlorophyll index, correlating it with macronutrient contents in hybrids in different development stages and sowing dates. Experiments were conducted in contiguous areas in four sowing dates, the first one was sown on February 26 2013 and the others at 17, 30 and 41 days after the first sowing - (DAPS). The experiments were conducted in a randomized block design with nine hybrids and four replications. Each sowing date was considered an individual experiment, and grouped analysis was done to compare characteristics. Macronutrients and indexes content data of Soil Plant Analytical Division value (SPAD) were evaluated at three different stages within the plant cycle, characterizing an experiment in split plot (development stages - subplots), with the factor in the plot (hybrid x sowing time). Pearson's correlation coefficients for the variables macronutrient and SPAD index were calculated. Production performance of sorghum hybrids varied according to sowing dates. Macronutrient content of sorghum hybrids varied in different development stages evaluated and sowing dates. SPAD chlorophyll index values have positive linear correlations with nitrogen levels in the phenological stages evaluated.

**Key words:** *Sorghum bicolor* L .; Mineral nutrition; Nutrient extraction; Chlorophyll; SPAD-502 Minolta.

## INTRODUÇÃO

O sorgo é uma planta de metabolismo C4, que apresenta destaque pela maior tolerância a intempéries climatológicos, aliada à alta produção de grãos, principalmente em regiões de clima seco e quente. Essas características favorecem a expansão da área de cultivo da mesma no território nacional, especialmente em áreas com baixa pluviosidade e altas temperaturas. A planta de sorgo apresenta diversos tipos de utilidade destacando o uso do grão e forragem para alimentação animal (FERNANDES et al., 2014; BARBERO et al., 2014; RODRIGUES et al., 2014a), produção de energia, biocombustíveis (MAY et al., 2014) entre outros. Ainda tem o seu cultivo associado em substituição ao milho como suplemento energético, quando as condições de cultivo e o preço do milho não são favoráveis (MOREIRA et al., 2014).

O mesmo chegou ao Brasil provavelmente pelo Nordeste, por escravos vindos da África na época da colonização. Atualmente, o sorgo é o quinto cereal mais plantado no mundo, atrás apenas de trigo, arroz, milho e cevada, correspondendo juntos a quase 85% de toda energia que é consumida pelo homem (RIBAS, 2014; BORGHI et al., 2014).

A produção de sorgo granífero no Brasil vem aumentando tanto pela expansão de sua área de cultivo, quanto pelo acréscimo de produtividade. Na safra 12/13 estimou-se uma área plantada de 836,4 mil hectares, crescimento de 6,3% em relação a safra anterior. Os estados com maior área plantada são Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, respectivamente (CONAB, 2014).

A cultura ainda apresenta fácil adaptação de suas cultivares para diferentes condições de fertilidade do solo, tolerância à alta temperatura e déficit hídrico (MAGALHÃES et al., 2012; MIRANDA et al., 2010; FRANCO et al., 2011). Algumas dessas cultivares existentes no mercado possuem diferenças quanto a seu rendimento de grãos, ciclo vegetativo e altura de plantas (BORGHI et al., 2013; CASTRO et al., 2012).

Essas diferentes produtividades refletem diretamente na quantidade de nutrientes extraída e exportada pela cultura, sendo assim de extrema importância o conhecimento dessas informações para que se possa definir o manejo adequado da fertilidade do solo e nutrição da planta visando explorar ao máximo o potencial produtivo da cultura (SANTOS et al., 2014; BULL & CANTARELLA, 1993).

Conhecendo a quantidade de nutrientes que a planta demanda, deve-se observar o estado nutricional da mesma durante seu desenvolvimento para prevenir qualquer deficiência que possa levar a redução de produtividade. Porém hoje em dia, as técnicas

utilizadas para avaliação do estado nutricional das plantas gastam muito tempo, são trabalhosas e caras. Logo, o uso de técnicas rápidas e precisas de avaliação do estado nutricional das plantas é de grande interesse pelo produtor. Uma dessas ferramentas é o medidor de clorofila (clorofilômetro). Esse aparelho faz medições rápidas e de forma simples do teor de clorofila nas folhas das plantas, podendo ser relacionado com teor de nutrientes da mesma (MAGALHÃES et al., 2009; ROCHA et al., 2005; ZOTARELLI et al., 2003; ARGENTA et al., 2001).

A época de semeadura é um dos fatores que influencia diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, e a sua recomendação deve ser baseada principalmente nas condições climáticas do local (LIMA, et al., 2010; SANS et al., 2003). O sorgo granífero é cultivado principalmente na safrinha, sendo esta época caracterizada pela grande limitação hídrica. Ademais, a eficiência das adubações são reduzidas pela falta de água.

O uso de cultivares adaptadas aos sistemas de produção e às condições ambientais da região de cultivo são fatores importantes para contribuir com a maximização das características de interesse agronômico. Portanto, torna-se necessária a avaliação da performance de híbridos de sorgo, em diferentes épocas de semeadura, procurando prever as condições ambientais no período que a cultura se encontra no campo e com isso fornecer ao produtor, informações técnicas adequadas para o emprego do sorgo no sistema de produção.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram de avaliar as características agronômicas e teores de macronutrientes de híbridos de sorgo em diferentes épocas de semeadura e relacionar o índice SPAD obtido pelo clorofilômetro com os teores de macronutrientes nas plantas em função dos estádios fenológicos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área experimental**

Os experimentos foram conduzidos no Pólo Regional da Agência Paulista de Tecnologia Agropecuária (APTA), no município de Votuporanga, São Paulo ( $20^{\circ} 28' S$  e  $50^{\circ} 04' W$ ) e altitude de 440 m. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa e relevo suave. Os atributos químicos do solo são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1. Atributos químicos do solo no perfil 0-0,2 m no perfil, Votuporanga, 2013.

| Camada<br>m  | pH H <sub>2</sub> O<br>(1:2,5) | P<br>mg dm <sup>-3</sup> | K<br>----- | Al<br>----- | Ca<br>----- | Mg<br>----- | H+Al<br>cmolc dm <sup>-3</sup> ----- | SB<br>----- | t<br>25.05 | T<br>25.05 | V<br>41.05 | m<br>61 | MO<br>0 |
|--------------|--------------------------------|--------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------|------------|------------|------------|---------|---------|
| <b>0-0,2</b> | 5.2                            | 30                       | 20         | 0           | 17          | 8           | 16                                   | 25.05       | 25.05      | 41.05      | 61         | 0       | 13      |

P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = (Solução Tampão - SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 2009).

De acordo com Prado et al. (1999) o clima predominante na região de Votuporanga é Aw (Köppen), com estação seca definida, temperatura média anual de 22 °C, intervalo médio de 18,4 °C a 23,9 °C. A pluviosidade média anual é de 1.344 mm, com 74% das chuvas ocorridas de outubro a março e 26% de abril a setembro.

Os dados de precipitação e temperatura média no período de condução do experimento encontram-se na FIGURA 1.

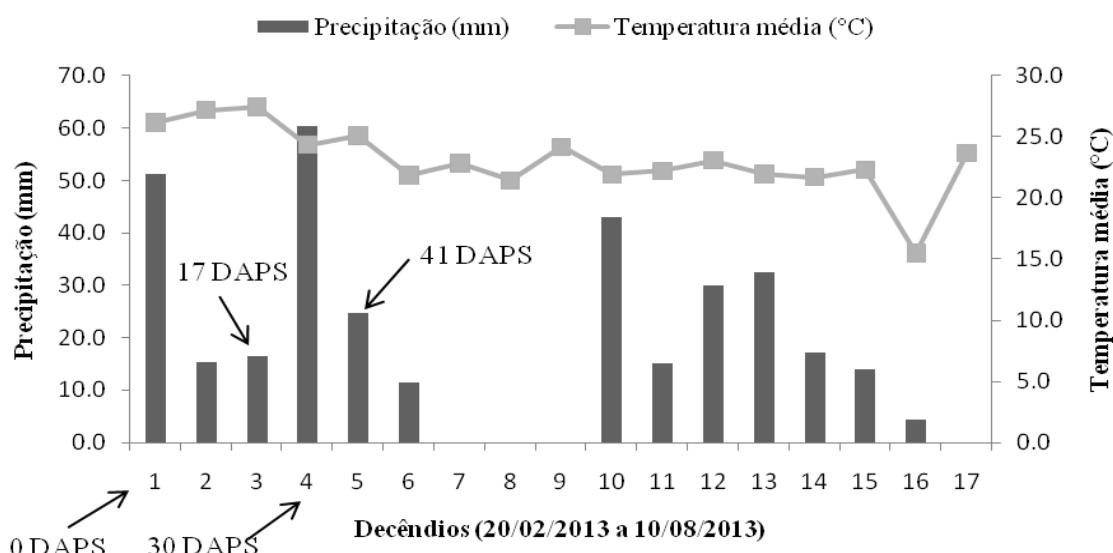


FIGURA 1. Variação de temperatura média (°C) e precipitação acumulada (mm) por decêndios, de Fevereiro a Agosto de 2013 em Votuporanga, SP.

### Material genético

No experimento foram utilizados 9 híbridos de sorgo granífero, adaptados para semeadura na região Noroeste do Estado de São Paulo. As principais características desses híbridos encontram-se na TABELA 2:

TABELA 2. Características de diferentes híbridos de sorgo granífero utilizados no experimento.

| Híbridos      | Ciclo   | Porte | Empresa   |
|---------------|---------|-------|-----------|
| <b>1G100</b>  | Precoce | Médio | DOW       |
| <b>1G220</b>  | Precoce | Médio | DOW       |
| <b>1G244</b>  | Tardio  | Médio | DOW       |
| <b>1G282</b>  | Tardio  | Médio | DOW       |
| <b>EXP001</b> | Precoce | Médio | EPAMIG    |
| <b>BUSTER</b> | Precoce | Médio | ATLÂNTICA |
| <b>50A10</b>  | Precoce | Médio | MORGAN    |
| <b>50A50</b>  | Tardio  | Médio | MORGAN    |
| <b>50A70</b>  | Tardio  | Médio | MORGAN    |

### Instalação do experimento

O experimento foi instalado em sistema de cultivo convencional, sendo realizada aração e gradagem. As adubações de semeadura e cobertura foram as mesmas para todas as épocas de semeadura. A adubação de semeadura foi realizada com 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 e a de cobertura foi realizada com 300 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e as plantas receberam essa adubação nos mesmos estádios fenológicos (5 folhas expandidas), independente da época de semeadura, por volta de 18 dias após a emergência da cultura (TABELA 3).

TABELA 3. Datas de semeadura, emergência e adubação de cobertura nas diferentes épocas de semeadura.

| Época | Semeadura  | Dias após primeira semeadura (DAPS) | Emergência | Adubação de Cobertura |
|-------|------------|-------------------------------------|------------|-----------------------|
| 1     | 26/02/2013 | 0                                   | 02/03/2013 | 20/03/2013            |
| 2     | 15/03/2013 | 17                                  | 20/03/2013 | 09/04/2013            |
| 3     | 28/03/2013 | 30                                  | 01/04/2013 | 18/04/2013            |
| 4     | 08/04/2013 | 41                                  | 12/04/2013 | 30/04/2013            |

### Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas: altura de plantas (cm) que foi determinada medindo-se a distância entre a base das plantas ao nível do solo (escolhidas aleatoriamente cinco plantas por parcela) e a base da panícula; florescimento (dias) avaliando a quantidade de dias entre a semeadura e o florescimento, considerando o florescimento da parcela quando, em mais de 50% das plantas, as flores do terço médio da panícula entraram em antese; massa de panícula (g) e produtividade de grão (kg ha<sup>-1</sup>), em

que foram colhidos os grãos da parcela e, mensurado o teor de água no grão dessas, para posterior correção para 13% de água, segundo a fórmula  $Mc = Mo(100-u0)87^{-1}$ ; sendo:  $Mc$  e  $Mo$  massa corrigida e observada, respectivamente;  $u0$ : teor de água no grão observado.

Foram realizadas também leituras de clorofila através do índice SPAD e determinação dos teores de macronutrientes. Para leitura de clorofila, usou-se o clorofilômetro da marca SPAD-502 Konica-Minolta. As leituras do clorofilômetro e a determinação dos teores de macronutrientes das folhas foram realizadas nos estádios de 7 a 8 folhas expandidas (considerando última folha expandida); 9 a 11 folhas expandidas e Espigamento (considerando a folha bandeira). Para as leitura com clorofilômetro, foram escolhidas 5 plantas ao acaso em cada parcela e as mesmas foram identificadas para que a leitura dos índices de clorofila fosse realizada nas mesmas plantas nos diferentes estádios fenológicos avaliados. Em cada estádio fenológico foram realizadas três avaliações por folha (no meio, a 2 cm da base e a 2 cm da ponta da folha). Após avaliação, as folhas selecionadas, de cada estádio fenológico, foram retiradas identificadas e colocadas em sacos de papel para secagem a 60 graus até atingirem a massa de equilíbrio. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para análise dos teores de macronutrientes no laboratório de análise de solos da Universidade Federal de Uberlândia, de acordo com os métodos de Malavolta et al. (1997).

O teor de nitrogênio (N) foi determinado pelo método de destilação semi micro Kjeldahl e os outros nutrientes foram extraídos numa solução nitro-perclórico. A partir da solução extraída, os teores de cálcio e magnésio são obtidos por espectrofotometria de absorção atômica, fósforo e enxofre pelo espectrofotômetro e potássio por fotometria de chama.

### **Delineamento experimental e Análise estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com nove híbridos de sorgo granífero e quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 metros de comprimento, sendo as duas linhas centrais consideradas como área útil da parcela. Foram avaliados 9 híbridos de sorgo granífero, formando assim os diferentes tratamentos, dentro das diferentes épocas de semeadura. Cada época de semeadura foi considerada experimento individual. Os teores de macronutrientes e índices SPAD foram avaliados em 3 estádios diferentes dentro do ciclo da planta, caracterizando assim um

experimento em análise conjunta de parcela subdividida (estádio de desenvolvimento - subparcela), com fatorial na parcela (híbridos x época de semeadura). Para todas características avaliadas foi realizada análise de variância nas diferentes épocas de semeadura e, em seguida, efetuou-se a análise conjunta dos dados (ANEXOS 1 e 5). Foram utilizados os dados em que a razão dos quadrados médios de cada análise de variância não ultrapassaram a relação 7:1. Foi realizado o teste de "F" a 0,05 e 0,01 de significância nas análises de variância. Quando esses testes foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 0,05 de probabilidade.

Por último foi calculada a correlação linear de Pearson para os teores de macronutrientes e índice SPAD de acordo com teste "t" de Student a 0,05 e 0,01 de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à altura (cm) pode-se observar que todos os híbridos apresentaram maiores médias de altura quando semeados em 26/02. Quando a semeadura ocorreu aos 17 DAPS, a maioria dos híbridos apresentaram menores médias de altura, com exceção dos híbridos EXP001, 1G220 e BUSTER que apresentaram médias de altura que não diferiram estatisticamente quando as semeadura foram realizadas aos 30 e aos 41 DAPS (TABELA 4).

TABELA 4. Altura (cm) de nove híbridos de sorgo granífero em função de quatro épocas de semeadura.

| Híbridos      | Época     |          |          |          |
|---------------|-----------|----------|----------|----------|
|               | 0 DAPS    | 17 DAPS  | 30 DAPS  | 41 DAPS  |
| <b>1G244</b>  | 83.75 cA  | 57.50 bC | 64.75 cB | 67.75 bB |
| <b>EXP001</b> | 91.75 bA  | 66.00 aB | 72.00 bB | 66.50 bB |
| <b>1G100</b>  | 83.25 cA  | 56.25 bC | 63.25 cB | 65.50 bB |
| <b>50A50</b>  | 86.50 cA  | 57.00 bC | 71.50 bB | 67.25 bB |
| <b>1G282</b>  | 124.75 aA | 67.75 aC | 84.75 aB | 87.50 aB |
| <b>50A70</b>  | 79.50 cA  | 54.75 bC | 66.00 cB | 69.00 bB |
| <b>1G220</b>  | 79.00 cA  | 54.75 bB | 62.25 cB | 56.75 cB |
| <b>50A10</b>  | 97.50 bA  | 61.00 aC | 76.00 bB | 68.25 bC |
| <b>BUSTER</b> | 95.00 bA  | 62.25 aB | 63.25 cB | 66.75 bB |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Na primeira época de semeadura (0 DAPS), o híbrido 1G282 foi o que apresentou maior porte e aos 17 DAPS esse híbrido juntamente com EXP001, 50A10 e BUSTER

apresentaram maior porte (TABELA 4). Quando a semeadura ocorreu aos 30 e aos 41 DAPS, o híbrido de maior porte foi 1G282, diferindo dos demais híbridos. As médias de altura no experimento variaram entre 54.75 e 124.75 cm.

Trabalhos como os de Hecker (2002), Silva et al. (2009) e Almeida Filho et al. (2014) avaliaram características agronômicas de diversos híbridos de sorgo granífero no período da entressafra, dentre elas, altura (cm). Hecker (2002) encontrou valores médios variando de 95 a 166 cm. Silva et al. (2009) encontrou valores entre 100 e 150 cm, resultados semelhantes aos encontrados por Almeida Filho et al. (2014), que dentre os híbridos avaliados, o 1G282 foi o que apresentou maiores médias de altura. Os valores de altura (cm) desses trabalhos foram relativamente maiores que os encontrados no presente experimento (TABELA 4). Nos trabalhos citados, a altura foi calculada da base da planta até a ponta da panícula, ao contrário do presente estudo, onde a altura foi calculada da base da planta até a base da panícula. Dessa forma os resultados não foram discrepantes aos encontrados na literatura.

Em relação ao florescimento (dias), de maneira geral, todos os híbridos, com exceção do híbrido BUSTER, foram mais tardios independente da época de semeadura. Os híbridos 1G244, EXP001, 1G100, 50A50 e 50A10 floresceram em menor tempo quando a semeadura dos mesmos ocorreu aos 41 DAPS e com maior tempo aos 17 DAPS. Os híbridos 1G282 e BUSTER floresceram mais precocemente aos 0 DAPS (TABELA 5).

TABELA 5. Florescimento (dias) de nove híbridos de sorgo granífero em função de quatro épocas de semeadura.

| Híbridos      | Época    |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|----------|
|               | 0 DAPS   | 17 DAPS  | 30 DAPS  | 41 DAPS  |
| <b>1G244</b>  | 62.00 bC | 67.00 aA | 63.00 aB | 58.00 cD |
| <b>EXP001</b> | 58.25 eC | 63.00 dA | 61.00 cB | 58.00 cC |
| <b>1G100</b>  | 57.25 fB | 63.75 cA | 57.25 dB | 56.00 dC |
| <b>50A50</b>  | 62.00 bB | 66.75 aA | 62.25 bB | 58.00 cC |
| <b>1G282</b>  | 59.50 cD | 66.75 aA | 62.25 bB | 60.75 bC |
| <b>50A70</b>  | 62.75 aB | 65.75 bA | 63.00 aB | 63.00 aB |
| <b>1G220</b>  | 62.00 bB | 66.25 bA | 62.00 bB | 56.25 dC |
| <b>50A10</b>  | 58.75 dC | 64.00 cA | 63.00 aB | 58.25 cC |
| <b>BUSTER</b> | 51.00 gD | 53.00 eB | 52.00 eC | 54.00 eA |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

As médias de florescimento (dias) variaram entre 51 e 68 dias. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Almeida Filho et al. (2014) ao avaliarem o florescimento de híbridos quando semeados entre os meses de fevereiro e março, que

apresentaram ciclo de 51 dias, já os semeados em 15 de Abril apresentaram 70 dias de florescimento. Silva et al. (2009) obtiveram 80 dias em média para o florescimento dos híbridos, sendo a semeadura destes realizada no mês de março. Hecker (2002) obteve florescimento entre 62 e 79 dias para diversos híbridos semeados na entressafra em Mato Grosso do Sul.

Como pode ser observado na FIGURA 1, quando a semeadura ocorreu aos 17 DAPS (15/03) houve um período de baixa disponibilidade hídrica, sendo que o acúmulado no decêndio dessa semeadura não passou de 20 mm e com temperaturas médias elevadas, cerca de 27,5 °C. Além disso, ocorreu um veranico de 30 dias, entre os decêndios 7 e 9, que afetou principalmente os híbridos que foram semeados aos 17, 30 e 41 DAPS. Esses fatores ocasionaram o aumento no ciclo e consequente redução do porte dos híbridos de sorgo em resposta a esse estresse, conforme já demonstrado por Tolk et al. (2013) e Vanderlip (1993). A disponibilidade de híbridos de diferentes ciclos passa a ser uma estratégia fundamental para o desenvolvimento da cultura em épocas de instabilidade climática. Nas semeaduras mais precoces recomenda-se cultivares de ciclo mais longo, por passar maior parte do período vegetativo acumulando fotoassimilados para fase reprodutiva e maturação e cultivares mais precoces em semeaduras mais tardias, propiciando um período menor de influências de possíveis intempéries climáticas.

Em relação à massa de panícula, todos os híbridos apresentaram maiores médias quando a semeadura ocorreu aos 41 DAPS, aos 30 DAPS os híbridos EXP001, 1G100, 50A50, 1G282, 50A70 e 50A10, aos 17 DAPS o híbrido EXP001 e na primeira época de semeadura (0 DAPS) o híbrido BUSTER também está entre os de maior massa de panícula (TABELA 6).

TABELA 6. Massa de panícula (gramas) de nove híbridos de sorgo granífero em função de quatro épocas de semeadura.

| Híbridos      | Época      |            |            |            |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 0 DAPS     | 17 DAPS    | 30 DAPS    | 41 DAPS    |
| <b>1G244</b>  | 2891.25 bC | 2970.00 bC | 3678.75 bB | 4242.50 bA |
| <b>EXP001</b> | 2548.75 bB | 3243.75 bA | 3748.75 bA | 3780.00 cA |
| <b>1G100</b>  | 2767.50 bB | 2820.00 bB | 3642.50 bA | 3492.50 cA |
| <b>50A50</b>  | 2838.75 bB | 2672.50 bB | 3795.00 bA | 3826.25 cA |
| <b>1G282</b>  | 2808.75 bC | 3565.00 aB | 4341.25 aA | 4686.25 aA |
| <b>50A70</b>  | 2786.25 bC | 3897.50 aB | 4476.25 aA | 4815.00 aA |
| <b>1G220</b>  | 3206.25 aB | 3681.25 aB | 3505.00 bB | 4180.00 bA |
| <b>50A10</b>  | 3142.50 aB | 3132.50 bB | 3847.50 bA | 3900.00 cA |
| <b>BUSTER</b> | 3506.25 aA | 2746.25 bB | 3135.00 bB | 3658.75 cA |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Os híbridos 50A10, 1G100, 50A50, 1G282 e 50A70 não apresentaram diferenças significativas entre suas médias quando as semeaduras ocorreram aos 30 e 41 DAPS. O híbrido EXP001 apresentou a menor massa de panícula em 0 DAPS; por sua vez, o híbrido BUSTER quando semeado aos 17 e 30 DAPS apresentou as suas menores médias de massa de panícula. Quando a semeadura ocorreu aos 0 DAPS, os híbridos 1G220, 50A10 e BUSTER foram os de maior massa de panícula, diferente das semeaduras aos 17, 30 e 41 DAPS, onde destacaram-se 1G282 e 50A70.

Para produtividade de grãos, os híbridos 1G282, 50A70 e 50A10 não apresentaram diferenças significativas entre as épocas de semeadura avaliadas (TABELA 7). Os híbridos 1G244, 1G220 e 50A50 apresentaram menores produtividades aos 17 DAPS. Os híbridos EXP001 e 1G100 quando semeados aos 0 e 17 DAPS apresentaram menores produtividades em relação as outras épocas de semeadura. O híbrido BUSTER por sua vez, apresentou menor produtividade quando semeado nas três ultimas épocas (TABELA 7).

A maioria dos híbridos apresentaram menores produtividades aos 17 DAPS. Conforme já discutido anteriormente, o florescimento das plantas quando semeadas aos 17 DAPS foi mais tardio. Esse alongamento do ciclo está relacionado ao estresse hídrico do período, que justifica as menores produtividades para a maioria dos híbridos nesse período.

TABELA 7. Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de nove híbridos de sorgo granífero em função de quatro épocas de semeadura.

| Híbridos      | Época      |            |            |            |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 0 DAPS     | 17 DAPS    | 30 DAPS    | 41 DAPS    |
| <b>1G244</b>  | 4458.58 bA | 2902.08 aB | 4574.15 bA | 4849.96 aA |
| <b>EXP001</b> | 4094.38 bB | 4286.45 aB | 5338.78 aA | 5345.25 aA |
| <b>1G100</b>  | 4486.97 bB | 3823.27 aB | 5585.82 aA | 6023.02 aA |
| <b>50A50</b>  | 4632.52 bA | 3248.67 aB | 5606.37 aA | 5087.58 aA |
| <b>1G282</b>  | 5075.72 bA | 4255.61 aA | 5029.24 aA | 5247.43 aA |
| <b>50A70</b>  | 4237.97 bA | 3621.96 aA | 4450.11 bA | 3874.29 bA |
| <b>1G220</b>  | 5024.24 bA | 3561.26 aB | 4485.08 bA | 4950.75 aA |
| <b>50A10</b>  | 4894.08 bA | 3914.86 aA | 4413.13 bA | 4050.66 bA |
| <b>BUSTER</b> | 6186.10 aA | 3892.74 aB | 3178.39 cB | 3448.78 bB |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Em relação à produtividade dos híbridos dentro de cada época, notou-se que na primeira época (0 DAPS) o híbrido BUSTER foi superior aos demais. Aos 17 DAPS não foi observada diferença entre os híbridos. Os híbridos 1G100, EXP001, 50A50 e 1G282 foram os mais produtivos aos 30 DAPS. Na última época (41 DAPS) os híbridos 1G244, EXP001, 1G100, 50A50, 1G282 e 1G220 tiveram melhor desempenho. As médias de

produtividade variaram de 2902.08 a 6186.10 kg ha<sup>-1</sup>, atingindo na média geral do experimento 4503.00 kg ha<sup>-1</sup>.

Silva et al. (2013) avaliando híbridos de sorgo granífero semeados no verão de 2010 obtiveram produtividades médias em torno de 5150.00 kg ha<sup>-1</sup>, mostrando assim que as produtividades da cultura na entressafra podem ser semelhantes às dos plantios realizados na época de safra, quando as condições de estresse climático são menores. Almeida Filho et al. (2014) obtiveram médias de produtividade em torno de 3822.16 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que o híbrido 1G282 foi o mais produtivo dentre os avaliados por ele. Almeida Filho et al. (2010) também obtiveram produtividades semelhantes, avaliando 25 híbridos de sorgo granífero, sendo 20 experimentais e 5 comerciais, dentre eles o híbrido 1G220, que apresentou produtividade intermediária. A semeadura dos híbridos foi realizada na primeira quinzena de março e as médias variaram de 2800.00 a 5009.00 kg ha<sup>-1</sup>. No trabalho de Silva et al. (2009) as produtividades foram menores que as encontradas neste trabalho, variando de 2267.00 a 3245.00 kg ha<sup>-1</sup> com a semeadura realizada em 05/03 na região Sudoeste de Goiás.

A variação das épocas de semeadura para sorgo granífero apresenta influência direta na altura de plantas e produtividade principalmente. As semeaduras mais tardias, de maneira geral, apresentam menores produtividades, principalmente pelo fato da possibilidade maior de estiagens nessas épocas (BORGHI et al., 2013; CASTRO et al., 2012; MARIN et al., 2006; BAUMHARDT & HAWELL, 2006; LAZZAROTO, 2003).

De acordo com os resultados obtidos na TABELA 8, os teores de todos os macronutrientes avaliados estão dentro dos valores referência para a cultura do sorgo granífero no espigamento, disponíveis em tabelas de interpretação e manuais de fertilidade do solo (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES V.; 1999; CANTARELLA, H.; RAIJ, B.van & SAWAZAKI, E.; 1997). Isso indica que as plantas não apresentaram deficiências nutricionais, independente da época de semeadura e híbrido avaliados.

Ao analisar o desdobramento da interação entre estádio x épocas de semeadura, pode-se observar que a concentração de N no estádio 7-8 folhas foi maior quando a semeadura foi realizada aos 17 DAPS, seguida por 0, 30 e 41 DAPS. No estádio 9-11 folhas, a maior concentração ocorreu quando a semeadura foi realizada aos 0 DAPS. No espigamento, as maiores concentrações foram encontradas quando a semeadura foi realizada aos 41 DAPS (TABELA 8).

TABELA 8. Teores dos macronutrientes foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função das épocas de semeadura e dos estádios fenológicos avaliados.

| Nutriente | Estádio            | Época    |          |          |          |
|-----------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
|           |                    | 0 DAPS   | 17 DAPS  | 30 DAPS  | 41 DAPS  |
| N         | <b>7-8 folhas</b>  | 37.14 aB | 39.24 aA | 23.70 bD | 30.44 bC |
|           | <b>9-11 folhas</b> | 32.76 bA | 27.79 bB | 23.27 bD | 26.55 cC |
|           | <b>espigamento</b> | 29.62 cB | 26.11 bD | 27.65 aC | 32.27 aA |
| P         | <b>7-8 folhas</b>  | 6.6 aA   | 4.46 aB  | 2.58 bC  | 2.10 cD  |
|           | <b>9-11 folhas</b> | 4.52 bA  | 2.85 bB  | 2.13 cC  | 2.45 bD  |
|           | <b>espigamento</b> | 3.87 cA  | 2.74 bC  | 3.10 aB  | 3.08 aB  |
| K         | <b>7-8 folhas</b>  | 32.22 aA | 28.52 aB | 22.12 aC | 18.54 cD |
|           | <b>9-11 folhas</b> | 23.26 bA | 22.54 bB | 20.48 bC | 23.16 aA |
|           | <b>espigamento</b> | 20.23 cC | 23.29 cA | 21.95 cB | 20.34 bC |
| Ca        | <b>7-8 folhas</b>  | 4.52 bC  | 6.37 bA  | 6.12 aB  | 6.02 aB  |
|           | <b>9-11 folhas</b> | 5.34 aC  | 7.12 aA  | 5.38 bB  | 4.85 bC  |
|           | <b>espigamento</b> | 3.12 cC  | 3.13 cC  | 3.39 cB  | 4.60 bA  |
| Mg        | <b>7-8 folhas</b>  | 1.97 bC  | 2.45 bA  | 2.04 aB  | 1.88 bD  |
|           | <b>9-11 folhas</b> | 2.35 aB  | 2.83 aA  | 2.00 aC  | 1.90 bD  |
|           | <b>espigamento</b> | 1.81 cC  | 1.90 cB  | 1.90 aB  | 2.29 aA  |
| S         | <b>7-8 folhas</b>  | 1.50 aA  | 1.16 bB  | 0.73 bD  | 0.87 bC  |
|           | <b>9-11 folhas</b> | 1.06 bB  | 1.42 aA  | 0.60 bD  | 0.68 cC  |
|           | <b>espigamento</b> | 0.71 cC  | 0.69 cC  | 0.93 aB  | 1.20 aA  |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Quando semeadas aos 0 DAPS, a concentração de N nas folhas foi diminuindo com o desenvolvimento da planta, sendo maior nos estádios iniciais de avaliação e menor no espigamento. As plantas semeadas aos 17 DAPS apresentaram a mesma tendência, porém não houve diferença significativa entre os estádios 9-11 folhas e o espigamento. Nas semeaduras aos 30 DAPS e 41 DAPS, o comportamento das plantas foi diferente, sendo que na primeira destas, os teores em 7-8 folhas e 9-11 folhas não apresentavam diferença, e depois aumentaram quando avaliados no espigamento. Na semeadura de 41 DAPS, as menores concentrações foram encontradas no estádio 9-11 folhas e as maiores no espigamento.

Borges et al. (2014b) avaliando os teores de nutrientes durante o espigamento obteve resultados semelhantes. A concentração de N variou entre 21.00 e 23.00  $\text{g kg}^{-1}$ . Resultados semelhantes aos de Franco (2011), avaliando os teores de nutrientes de dois híbridos de sorgo em diversos estádios de avaliação, encontrou valores de 23.00  $\text{g kg}^{-1}$  de N nas folhas em média.

Em relação ao P, a maior concentração encontrada nos estádios de desenvolvimento foi quando as plantas foram semeadas aos 0 DAPS e de maneira geral foram menores quando as semeaduras foram mais tardias.

Na primeira época de semeadura (0 DAPS) a concentração de P diminuiu de acordo com o desenvolvimento da planta. Aos 17 DAPS, não houve diferença significativa entre os estádios 9-11 folhas e espigamento. Quando a semeadura ocorreu aos 41 DAPS, as concentrações aumentaram com o desenvolvimento da planta, diferindo em todos os estádios avaliados, com exceção da semeadura realizada aos 30 DAPS, quando a menor concentração foi no estádio 9-11 folhas e maior no espigamento (TABELA 8).

Os valores de P variaram de 2.13 a 6.60 g kg<sup>-1</sup> nos estádios e épocas de semeadura avaliados. Borges et al. (2014b) encontrou valores variando entre 5.83 e 7.42 g kg<sup>-1</sup>, por sua vez, Franco (2011) obteve valores menores, sendo na média em torno de 2.70 g kg<sup>-1</sup>, ambos resultados obtidos no espigamento.

Para o K, os teores médios variaram de 32.22 a 20.23 g kg<sup>-1</sup>, sendo que as maiores concentrações foram encontradas no estádio 7-8 folhas, quando as plantas foram semeadas aos 0 DAPS, sendo que nas semeaduras tardias a concentração foi menor. No estádio 9-11 folhas, as maiores concentrações foram encontradas quando as semeaduras foram realizadas aos 0 e 41 DAPS.

Quando semeadas aos 17 DAPS, as maiores concentrações de K foram encontradas no estádio de 7-8 folhas. Quando semeadas aos 0 e 30 DAPS, as plantas apresentaram redução na concentração com o desenvolvimento das mesmas. Aos 41 DAPS, os teores do nutriente foram menores em 7-8 folhas, seguido por aumento em 9-11 folhas e redução no espigamento (TABELA 10). Os valores encontrados neste trabalho foram maiores que os encontrados por Borges et al. (2014b) e Franco (2011), que encontraram em média 15.00 g kg<sup>-1</sup> no espigamento.

Os teores de Ca variaram de 3.12 a 7.12 g kg<sup>-1</sup> e os de Mg de 1.81 a 2.83 g kg<sup>-1</sup> e de maneira geral, seguiram as mesmas tendências. Quando a semeadura foi realizada aos 17 DAPS, os estádios de 7-8 folhas e 9-11 folhas apresentaram as maiores concentrações e quando semeadas aos 41 DAPS a maior concentração foi no estádio de espigamento. Nas semeaduras de 0 e 17 DAPS, os teores aumentaram de 7-8 folhas para 9-11 folhas e diminuíram no espigamento para valores inferiores ao estádio 7-8 folhas. Nas semeaduras aos 30 e 41 DAPS, as concentrações desses nutrientes diminuíram com o desenvolvimento da planta, sendo que para as plantas semeadas aos 30 DAPS as concentrações de Mg não diferiram nos estádios avaliados. Na semeadura realizada aos 41 DAPS elas foram maiores no espigamento (TABELA 8). Resultados semelhantes foram obtidos por Franco (2011) nesses estádios avaliados. Borges et al. (2014b) encontraram valores médios de 4.40 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 3.30 g kg<sup>-1</sup> para Mg no florescimento.

As concentrações de S variaram de 0.60 a 1.50 g kg<sup>-1</sup> e as maiores foram observadas no estádio 7-8 folhas quando a semeadura ocorreu aos 0 DAPS; para as semeadas aos 17 DAPS a maior foi no estádio 9-11 folhas e aos 41 DAPS no espigamento. Nas plantas semeadas aos 0 DAPS as concentrações foram maiores em 7-8 folhas, menores em 9-11 folhas e por último no espigamento. Para os híbridos semeados aos 17 DAPS, a concentração aumentou de 7-8 folhas para 9-11 folhas e caíram no espigamento para valores inferiores aos do primeiro estádio avaliado. Quando as semeaduras foram realizadas aos 30 e 41 DAPS, as plantas apresentaram aumento na concentração desse nutriente com o desenvolvimento das mesmas (TABELA 8).

Em relação à interação entre híbridos x épocas de semeadura, os teores de P variaram de 2.32 a 5.37 g kg<sup>-1</sup> e os maiores valores ocorreram aos 0 DAPS, diminuindo nas demais épocas avaliadas. Aos 30 e 41 DAPS não houve diferença entre os híbridos (TABELA 9).

TABELA 9. Teores de fósforo e cálcio foliar (g kg<sup>-1</sup>) em híbridos de sorgo granífero em função das diferentes épocas de semeadura.

| Nutriente | Híbrido       | Época   |         |         |         |
|-----------|---------------|---------|---------|---------|---------|
|           |               | 0 DAPS  | 17 DAPS | 30 DAPS | 41 DAPS |
| P         | <b>1G100</b>  | 5.17 bA | 3.13 bB | 2.65 aC | 2.75 aC |
|           | <b>1G220</b>  | 5.61 aA | 3.51 aB | 2.79 aC | 2.54 aC |
|           | <b>1G244</b>  | 4.77 bA | 2.87 bB | 2.44 aC | 2.55 aC |
|           | <b>1G282</b>  | 4.90 bA | 3.24 bB | 2.70 aC | 2.49 aC |
|           | <b>50A10</b>  | 5.03 bA | 3.42 aB | 2.69 aC | 2.56 aC |
|           | <b>50A50</b>  | 4.83 bA | 3.30 bB | 2.54 aC | 2.32 aC |
|           | <b>50A70</b>  | 5.05 bA | 3.45 aB | 2.64 aC | 2.60 aC |
|           | <b>BUSTER</b> | 4.58 bA | 3.72 aB | 2.59 aC | 2.65 aC |
|           | <b>EXP001</b> | 5.02 bA | 3.51 aB | 2.39 aC | 2.39 aC |
| Ca        | 0 DAPS        | 17 DAPS | 30 DAPS | 41 DAPS |         |
|           | <b>1G100</b>  | 4.45 aB | 5.70 aA | 5.26 aA | 5.65 aA |
|           | <b>1G220</b>  | 4.26 aB | 5.19 bA | 4.49 bB | 4.60 bB |
|           | <b>1G244</b>  | 4.05 aD | 5.90 aA | 4.76 bC | 5.34 aB |
|           | <b>1G282</b>  | 3.99 aC | 5.47 aA | 5.18 aA | 4.84 bB |
|           | <b>50A10</b>  | 4.63 aC | 5.73 aA | 5.10 aB | 5.20 aB |
|           | <b>50A50</b>  | 4.29 aC | 6.05 aA | 5.14 aB | 5.35 aB |
|           | <b>50A70</b>  | 4.60 aB | 5.67 aA | 4.93 bB | 5.27 aA |
|           | <b>BUSTER</b> | 4.31 aB | 5.20 bA | 4.90 bA | 5.25 aA |
|           | <b>EXP001</b> | 4.35 aB | 4.95 bA | 4.89 bA | 4.90 bA |

\*Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Quando a semeadura ocorreu aos 0 DAPS, o híbrido 1G220 foi o que absorveu mais P, entretanto, aos 17 DAPS, foram os híbridos 1G220, 50A10, 50A70, BUSTER e EXP001. Os híbridos não apresentaram diferença na absorção de P entre eles, quando

foram semeados aos 30 e 41 DAPS. Existem evidências que comprovam diferenças na absorção de fósforo em diferentes linhagens de sorgo, as quais servem de base genética para programas de melhoramento. Essas diferenças na absorção de fósforo, de acordo com estes autores, se devem a uma série de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos da planta de sorgo (ROCHA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2014b).

Em relação ao Ca, de maneira geral todos os híbridos apresentaram maiores concentrações do nutriente quando a semeadura foi realizada aos 17 DAPS e para os híbridos 1G100, BUSTER e EXP001 as concentrações foram menores quando os mesmos foram semeados aos 0 DAPS. Os híbridos 50A10, 50A50 e 1G100 foram os que mais absorveram Ca nas demais épocas (TABELA 9).

O suprimento inadequado de N é um dos fatores limitantes ao rendimento de grãos, já que o mesmo exerce função importante nos processos bioquímicos da planta, além de ser constituinte de proteínas, enzimas, fitocromos e clorofila. Sob condições naturais, o N apresenta-se em quantidades deficientes em quase todos solos brasileiros, principalmente na safrinha, devido a esse nutriente estar ligado a compostos orgânicos de plantas, sendo necessário sua liberação e absorção pelas plantas (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

Os teores de N não variaram entre os estádios fenológicos avaliados para os híbridos 50A10 e 50A70, por sua vez, os demais híbridos apresentaram maiores concentrações no estádio de 7-8 folhas, diminuindo nos estádios de 9-11 folhas, sendo que neste não apresentou diferenças no estádio de espigamento. No estádio de 7-8 folhas, o híbrido 1G220 foi o que apresentou maior concentração de N e 50A10 e 50A70 foram os menores. No estádio 9-11 folhas, com exceção do híbrido EXP001 que apresentou menores concentrações, os demais apresentaram concentração estatisticamente iguais (TABELA 10).

Para o Mg, os híbridos 1G100, 1G220 e 50A70 não apresentaram diferenças significativas entre os estádios avaliados, diferindo dos híbridos 1G244, 1G282, 50A10 e 50A50 que apresentaram maiores concentrações no estádio 9-11 folhas. As concentrações dos híbridos BUSTER e Exp001 diferiram apenas no espigamento, sendo menor que os demais estádios avaliados. Os híbridos BUSTER e EXP001 apresentaram maiores concentrações de Mg no estádio 7-8 folhas seguidos por 50A70 e 1G100 e por último os demais híbridos. No estádio de 9-11 folhas, os híbridos 1G244, 1G282, 50A50 e 50A70 foram os de maior concentração seguidos por BUSTER e 1G100 e o menor foi 1G220. No

espigamento os maiores teores foram dos híbridos 50A70, 1G100, 1G220, 1G282 e 50A50 seguidos por 1G244, 50A10 e BUSTER e o menor para a EXP001 (TABELA 10).

TABELA 10. Teores de nitrogênio e magnésio foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de híbridos de sorgo granífero em função dos estádios fenológicos avaliados.

| Nutriente | Híbridos      | Estádio    |             |             |
|-----------|---------------|------------|-------------|-------------|
|           |               | 7-8 folhas | 9-11 folhas | espigamento |
| N         | <b>1G100</b>  | 33.04 bA   | 27.16 aB    | 27.21 cB    |
|           | <b>1G220</b>  | 36.17 aA   | 28.07 aB    | 30.28 bB    |
|           | <b>1G244</b>  | 31.64 cA   | 28.34 aB    | 29.05 cB    |
|           | <b>1G282</b>  | 33.39 bA   | 27.22 aB    | 27.92 cB    |
|           | <b>50A10</b>  | 29.54 dA   | 27.57 aA    | 28.59 cA    |
|           | <b>50A50</b>  | 34.10 bA   | 29.10 aB    | 27.45 cB    |
|           | <b>50A70</b>  | 29.32 dA   | 27.95 aA    | 29.54 bA    |
|           | <b>BUSTER</b> | 33.72 bA   | 27.36 aB    | 31.98 aA    |
|           | <b>EXP001</b> | 32.76 bA   | 25.59 bB    | 28.21 cB    |
|           |               | 7-8 folhas | 9-11 folhas | espigamento |
| Mg        | <b>1G100</b>  | 2.15 bA    | 2.23 bA     | 2.01 aA     |
|           | <b>1G220</b>  | 2.00 cA    | 2.10 cA     | 2.08 aA     |
|           | <b>1G244</b>  | 1.93 cB    | 2.29 aA     | 1.92 bB     |
|           | <b>1G282</b>  | 2.00 cB    | 2.32 aA     | 2.00 aB     |
|           | <b>50A10</b>  | 1.97 cB    | 2.24 bA     | 1.91 bB     |
|           | <b>50A50</b>  | 2.06 cB    | 2.38 aA     | 2.08 aB     |
|           | <b>50A70</b>  | 2.15 bA    | 2.28 aA     | 2.11 aA     |
|           | <b>BUSTER</b> | 2.24 aA    | 2.20 bA     | 1.89 bB     |
|           | <b>EXP001</b> | 2.29 aA    | 2.35 aA     | 1.75 cB     |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

O índice SPAD tem sido utilizado para quantificação dos teores de clorofila, e caracteriza-se pela leitura rápida, simples e não destrutiva do material. O teor de clorofila é um bom indicador do estado nutritivo, na medida em que a maior parte do N das células se encontra associado às moléculas de clorofila (LOPEZ-CANTARERO et al., 1994).

Analizando o desdobramento da interação épocas de semeadura x estádios fenológicos x híbridos pode-se observar quando a semeadura foi realizada na primeira época (0 DAPS), os valores de índices SPAD variaram de 40.39 a 53.39. De maneira geral, os híbridos apresentaram diferenças no índice SPAD entre o espigamento e os demais estádios avaliados (TABELA 11).

O híbrido BUSTER não apresentou diferença no índice entre os estádios avaliados, o híbrido 50A70 apresentou valores estatisticamente iguais entre os estádios 7-8 folhas e espigamento e maiores no estádio 9-11 folhas. O híbrido EXP001 por sua vez, teve maiores índices em 9-11 folhas do que em 7-8 folhas e no espigamento esses valores foram menores que no primeiro estádio de avaliação.

TABELA 11. Teores de clorofila (índice SPAD) para híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura e avaliados em diferentes estádios fenológicos.

| Época   | Híbrido       | Estádio    |             |             |
|---------|---------------|------------|-------------|-------------|
|         |               | 7-8 folhas | 9-11 folhas | espigamento |
| 0 DAPS  | <b>1G100</b>  | 50.38 aA   | 52.83 aA    | 41.72 bB    |
|         | <b>1G220</b>  | 51.13 aA   | 53.39 aA    | 45.39 aB    |
|         | <b>1G244</b>  | 48.60 aA   | 51.25 aA    | 43.10 bB    |
|         | <b>1G282</b>  | 48.75 aA   | 49.44 aA    | 40.39 bB    |
|         | <b>50A10</b>  | 50.23 aA   | 51.58 aA    | 40.88 bB    |
|         | <b>50A50</b>  | 49.56 aA   | 52.36 aA    | 42.70 bB    |
|         | <b>50A70</b>  | 49.11 aB   | 52.12 aA    | 46.27 aB    |
|         | <b>BUSTER</b> | 51.14 aA   | 51.50 aA    | 48.90 aA    |
|         | <b>EXP001</b> | 49.03 aB   | 52.62 aA    | 40.52 bC    |
|         | <b>1G100</b>  | 49.22 aA   | 47.79 bA    | 38.81 dB    |
| 17 DAPS | <b>1G220</b>  | 49.49 aA   | 50.85 aA    | 45.76 bB    |
|         | <b>1G244</b>  | 48.30 aA   | 48.10 bA    | 43.52 cB    |
|         | <b>1G282</b>  | 45.48 bA   | 45.31 bA    | 40.46 dB    |
|         | <b>50A10</b>  | 50.19 aA   | 49.97 aA    | 41.10 cB    |
|         | <b>50A50</b>  | 49.42 aA   | 47.59 bA    | 41.70 cB    |
|         | <b>50A70</b>  | 46.23 bA   | 47.61 bA    | 43.07 cB    |
|         | <b>BUSTER</b> | 51.58 aA   | 50.35 aA    | 51.72 aA    |
|         | <b>EXP001</b> | 48.74 aA   | 47.01 bA    | 38.75 dB    |
|         | <b>1G100</b>  | 41.79 aA   | 43.21 bA    | 43.23 bA    |
|         | <b>1G220</b>  | 40.73 bC   | 45.49 aB    | 48.42 aA    |
| 30 DAPS | <b>1G244</b>  | 39.05 bB   | 44.11 bA    | 46.48 aA    |
|         | <b>1G282</b>  | 39.32 bC   | 44.19 bB    | 47.25 aA    |
|         | <b>50A10</b>  | 40.79 bB   | 46.98 aA    | 45.22 bA    |
|         | <b>50A50</b>  | 42.66 aA   | 44.68 aA    | 44.00 bA    |
|         | <b>50A70</b>  | 42.66 aB   | 45.88 aA    | 48.30 aA    |
|         | <b>BUSTER</b> | 43.54 aB   | 41.25 bB    | 46.20 aA    |
|         | <b>EXP001</b> | 41.68 aB   | 46.26 aA    | 44.70 bA    |
|         | <b>1G100</b>  | 47.95 aA   | 49.38 bA    | 50.30 aA    |
|         | <b>1G220</b>  | 47.34 aB   | 53.45 aA    | 53.05 aA    |
|         | <b>1G244</b>  | 47.26 aB   | 50.93 bA    | 51.08 aA    |
| 41 DAPS | <b>1G282</b>  | 45.18 bB   | 49.04 bA    | 45.63 bB    |
|         | <b>50A10</b>  | 48.63 aA   | 50.21 bA    | 51.12 aA    |
|         | <b>50A50</b>  | 45.58 bB   | 50.10 bA    | 49.73 aA    |
|         | <b>50A70</b>  | 43.03 bB   | 50.68 bA    | 48.80 bA    |
|         | <b>BUSTER</b> | 48.50 aB   | 54.34 aA    | 50.16 aB    |
|         | <b>EXP001</b> | 46.54 aB   | 50.83 bA    | 48.52 bB    |

\*Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Esses índices não variaram entre os híbridos nos estádio 7-8 folhas e 9-11 folhas, entretanto no espigamento os híbridos 1G220, 50A70 e BUSTER foram os que apresentaram maiores concentrações (TABELA 11).

Na semeadura realizada aos 17 DAPS, os valores SPAD variaram entre 38.81 a 51.72 dentre os estádios avaliados. Os mesmos não variaram estatisticamente entre os estádios 7-8 folhas e 9-11 folhas, porém foram maiores que no espigamento para todos os híbridos, com exceção do híbrido BUSTER que não apresentou diferenças no índice SPAD

entre os estádios. No estádio 7-8 folhas os híbridos não apresentaram diferenças nos teores, no estádio de 9-11 folhas, os híbridos BUSTER, 50A10 e 1G220 foram os que apresentaram maiores índices SPAD. No espigamento, BUSTER apresentou maior teor, seguido de 1G220. Os híbridos EXP001 e 1G100 apresentaram os menores índices (TABELA 11).

Quando a semeadura ocorreu aos 30 DAPS os índices apresentaram valores entre 39.05 e 48.42. Os híbridos 1G100 e 50A50 não apresentaram diferenças nos índices SPAD entre os estádios avaliados, e de maneira geral, para os demais híbridos esse valor foi crescente de acordo com o desenvolvimento das plantas. No estádio 7-8 folhas os híbridos 1G100, 50A50, 50A70, BUSTER e EXP001 apresentaram maiores índices SPAD. No estádio 9-11 folhas foram os híbridos 1G220, 50A10, 50A50, 50A70 e EXP001 os de maior teor, no espigamento foram os híbridos 1G220, 1G244, 1G282, 50A70 e BUSTER (TABELA 11).

Em relação à semeadura realizada aos 41 DAPS, os valores variaram entre 43.03 e 54.34. Os híbridos 1G100 e 50A10 não apresentaram diferenças significativas entre os estádios fenológicos avaliados. Os híbridos 1G282, 50A50 e 50A70 apresentaram menores índices no estádio 7-8 folhas, maiores em 9-11 folhas e depois no espigamento. Os híbridos 1G282, BUSTER e EXP001 aumentaram os valores de 7-8 folhas para 9-11 folhas e no espigamento caíram para valores estatisticamente iguais ao estádio 7-8 folhas. No estádio de 7-8 folhas os híbridos 1G282, 50A50 e 50A70 foram os que apresentaram menores índices. No estádio de 9-11 folhas os maiores teores foram para os híbridos 1G220 e BUSTER. No espigamento apenas os híbridos 1G282, 50A70 e EXP001 apresentaram teores menores que os demais (TABELA 11).

De acordo com Viana et al. (2004) e Magalhães et al.(2009) que avaliaram o índice SPAD em linhagens de milho submetidos a stress hídrico no florescimento, foram encontrados valores variando de 42.00 a 47.00 SPAD para plantas sem stress. Zotarelli (2003), avaliando híbridos de milho no florescimento após rotação com aveia preta em Londrina, encontrou valores de SPAD em média de 56.00. Argenta et al. (2001) avaliando o índice SPAD em dois híbridos de milho em diferentes estádios fenológicos encontrou valores variando entre 44.00 e 48.50 no estádio 6 a 7 folhas, 48.00 a 57.50 no estádio de 10 a 11 folhas e 45.00 e 52.00 no espigamento, sendo semelhantes aos encontrados neste experimento.

TABELA 12. Teores de clorofila (índice SPAD) para híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura e avaliados em diferentes estádios fenológicos.

| Estádio     | Híbridos      | Época   |         |         |         |
|-------------|---------------|---------|---------|---------|---------|
|             |               | 0 DAPS  | 17 DAPS | 30 DAPS | 41 DAPS |
| 7-8 folhas  | <b>1G100</b>  | 50.38 A | 49.22 A | 41.79 B | 47.95 A |
|             | <b>1G220</b>  | 51.13 A | 49.49 A | 40.73 B | 47.34 A |
|             | <b>1G244</b>  | 48.60 A | 48.30 A | 39.05 B | 47.26 A |
|             | <b>1G282</b>  | 48.75 A | 45.48 B | 39.32 C | 45.18 B |
|             | <b>50A10</b>  | 50.23 A | 50.19 A | 40.79 B | 48.63 A |
|             | <b>50A50</b>  | 49.56 A | 49.42 A | 42.66 B | 45.58 B |
|             | <b>50A70</b>  | 49.11 A | 46.23 A | 42.66 B | 43.03 B |
|             | <b>BUSTER</b> | 51.14 A | 51.58 A | 43.54 B | 48.50 A |
|             | <b>EXP001</b> | 49.03 A | 48.74 A | 41.68 B | 46.54 A |
| 9-11 folhas | <b>1G100</b>  | 52.83 A | 47.79 B | 43.21 C | 49.38 B |
|             | <b>1G220</b>  | 53.39 A | 50.85 A | 45.49 B | 53.45 A |
|             | <b>1G244</b>  | 51.25 A | 48.10 A | 44.11 B | 50.93 A |
|             | <b>1G282</b>  | 49.44 A | 45.31 B | 44.19 B | 49.04 A |
|             | <b>50A10</b>  | 51.58 A | 49.97 A | 46.98 B | 50.21 A |
|             | <b>50A50</b>  | 52.36 A | 47.59 B | 44.68 B | 50.10 A |
|             | <b>50A70</b>  | 52.12 A | 47.61 B | 45.88 B | 50.68 A |
|             | <b>BUSTER</b> | 51.50 B | 50.35 B | 41.25 C | 54.34 A |
|             | <b>EXP001</b> | 52.62 A | 47.01 B | 46.26 B | 50.83 A |
| Espigamento | <b>1G100</b>  | 41.72 B | 38.81 C | 43.23 B | 50.30 A |
|             | <b>1G220</b>  | 45.39 B | 45.76 B | 48.42 B | 53.05 A |
|             | <b>1G244</b>  | 43.10 C | 43.52 C | 46.48 B | 51.08 A |
|             | <b>1G282</b>  | 40.39 B | 40.46 B | 47.25 A | 45.63 A |
|             | <b>50A10</b>  | 40.88 C | 41.10 C | 45.22 B | 51.12 A |
|             | <b>50A50</b>  | 42.70 B | 41.70 B | 44.00 B | 49.73 A |
|             | <b>50A70</b>  | 46.27 A | 43.07 B | 48.30 A | 48.80 A |
|             | <b>BUSTER</b> | 48.90 A | 51.72 A | 46.20 B | 50.16 A |
|             | <b>EXP001</b> | 40.52 C | 38.75 C | 44.70 B | 48.52 A |

\*Letras distintas na linha diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

De acordo com a TABELA 12, pode-se observar que no estádio 7-8 folhas a maioria dos híbridos quando foram semeados aos 30 DAPS apresentaram menores valores de índice SPAD em relação às demais época de semeadura. Os híbridos 50A50 e 50A70 também apresentaram menores valores quando a semeadura ocorreu aos 41 DAPS.

Quando analisado o estádio de 9-11 folhas, a maioria dos híbridos apresentaram comportamento semelhante ao estádio anterior, ou seja, menores valores quando a semeadura foi realizada aos 30 DAPS. Os híbridos 1G282, 50A50, 50A70 e BUSTER também apresentaram menores valores quando semeados aos 17 DAPS. Quando a semeadura foi realizada na primeira época (26/02) e aos 41 DAPS a maioria dos híbridos apresentaram os maiores índices SPAD. No espigamento, de maneira geral, os híbridos quando foram semeados aos 41 DAPS apresentaram maiores valores do índice SPAD. Os

híbridos 1G100, 1G244, 1G282, 50A10, 50A70 e EXP001 apresentaram menores valores quando semeados aos 17 DAPS.

Foram realizadas as correlações entre os teores de macronutrientes e índice SPAD nos diferentes estádios avaliados. Como pode ser observado, no estado de 7-8 folhas houve correlação linear significativa entre os índices SPAD e todos os macronutrientes avaliados, sendo positiva para todos com exceção do Ca. A correlação negativa observada para esse nutriente pode ser explicada devido a sua baixa mobilidade nas plantas (TAIZ & ZEIGER, 2013; EPSTEIN & BLOOM, 2004). No estádio de 9-11 folhas a correlação foi significativa entre índice SPAD e os teores de N, P e K. Quando realizada no espigamento, as correlações foram significativas para N, Ca, Mg e S (TABELA 13).

TABELA 13. Correlações entre teores de macronutrientes e índice SPAD nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta.

| Correlações        | N     | P                  | K                   | Ca                  | Mg                 | S                  |
|--------------------|-------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| <b>7-8 folhas</b>  |       |                    |                     |                     |                    |                    |
| <b>Spad</b>        | 0.63* | 0.57*              | 0.47*               | -0.26*              | 0.21*              | 0.47*              |
| <b>9-11 folhas</b> |       |                    |                     |                     |                    |                    |
| <b>Spad</b>        | 0.52* | 0.55*              | 0.28*               | -0.16 <sup>ns</sup> | 0.09 <sup>ns</sup> | 0.15 <sup>ns</sup> |
| <b>Espigamento</b> |       |                    |                     |                     |                    |                    |
| <b>Spad</b>        | 0.61* | 0.01 <sup>ns</sup> | -0.08 <sup>ns</sup> | 0.43*               | 0.46*              | 0.53*              |

<sup>ns</sup>; \*; \*\* Não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de significância de acordo com o teste de T.

Dados semelhantes foram obtidos por Argenta et al. (2001) avaliando a correlação entre teores de nitrogênio e valores SPAD em dois híbridos de milho, sendo que nos estádios iniciais o mesmo não obteve correlação entre essas variáveis, mas nos estádios de 10-11 folhas e espigamento a correlação foi positiva. Já Rocha et al. (2005) avaliando a correlação entre teor de nitrogênio e índice SPAD para três híbridos de milho observou correlações positivas entre teores de nitrogênio e índice SPAD nos estádios de 4 folhas, 8 folhas e no espigamento.

Neves et al. (2005) analisou o uso do SPAD-502 na avaliação dos teores de N, Fe, S e Mn em plantas de algodoeiro herbáceo e observou correlações positivas entre a leitura do aparelho e o teor foliar de N e correlações negativas com os teores de S. Existem poucos trabalhos na literatura onde são realizadas as correlações dos teores de nutrientes com os valores de índice SPAD, sendo necessário assim maior estudo sobre essas correlações.

## CONCLUSÕES

A produtividade dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura.

De maneira geral, os teores de macronutrientes nos diferentes estádios fenológicos variam de acordo com a época de semeadura avaliada, apresentando a seguinte ordem decrescente de concentração: N > K > P > Ca > Mg > S.

Os valores de índice de clorofila SPAD apresentam correlações lineares positivas com os teores de nitrogênio nos estádios fenológicos avaliados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, J. E. de; TARDIN, F. D.; SOUZA, S. A. de; GODINHO, V. de P. C.; CARDOSO, M. J. Desempenho agronômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 1, p. 54-64, 2010.

ALMEIDA FILHO, J. E. de; TARDIN, F. D.; DAHER, R. F.; SILVA, K. J. da; JOÃO BATISTA XAVIER NETO; BASTOS, E. A.; LOPES, V. da S.; BARBE, T. da C.; MENEZES, C. B. de Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 82-95, 2014.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L. & STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.13, n.2, p.158-167. 2001

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 3, p. 462-470, 2006.

BARBERO, L. M.; TEIXEIRA, A. M.; MACEDO JUNIOR, G. L.; BASSO, K. C., SILVEIRA, J. P. F.; BASSO, F. C. Viabilidade técnica e econômica dos grãos de sorgo para monogástricos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 33-40, jan./fev. 2014.

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S. de; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E. de; ALVES, M. C. Absorção de nutrientes e alterações químicas em latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v38, p252-261, 2014.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; SOUSA, V.V.; MARTINS, P.O.; MATEUS, G.P.; COSTA, C. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, vol.51 p.130-139, 2013.

BORGHI, E.; BORTOLON, L.; AVANZI, J. C.; BORTOLON, E. S. O.; UMMUS, M. E.; GONTIJO NETO, M. M.; COSTA, R. V. da Desafios das novas fronteiras agrícolas de produção de milho e sorgo no Brasil: desafios da região do MATOPIBA. In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. cap. 25, p. 263-278.

BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.

CASTRO, L. A. de; ANDRADE, C. de L. T. de; RODRIGUES, J. A. S.; MOURA, B. F.; MATOS, F.M. de; Produtividade de dois híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2012, **Anais...** Sete Lagoas. [Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 2341-2347. 1 CD-ROM

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.van; SAWAZAKI, E. Sorgo-granífero, forrageiro e vassoura. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., (eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.66-67. Boletim Técnico, 100

CONAB . Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, oitavo levantamento, maio/2014 - Brasília: Conab, 2014. 98 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. rev. e ampl.. Brasília, DF: Embrapa informações tecnológica, 2009, 627p.

EPSTEIN, E. E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas **Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina, 2004, 403 p.

FERNANDES, E. A.; de CARVALHO, C. M. C.; LITZ, F. H.; MARTINS, J. M. S.; SILVEIRA, M. M.; SILVA, M. C. A.; BARBERO, L. M. Viabilidades técnica e econômica da utilização de grãos de sorgo para monogástricos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 22-32, jan./fev. 2014.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, Universidade Estadual de Montes Claros -Unimontes, Janaúba.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

HECKLER, J.C. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p.517-520, 2002

LAZZAROTO, C. **Época de semeadura e riscos climáticos para o sorgo granífero no outono-inverno, em São Gabriel do Oeste, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2003. 3 p. Comunicado técnico, 75.

LIMA, J. D.; SAKAI, R. K.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, M. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, p.531-540, 2010.

LOPEZ-CANTARERO, I., LORENTE, F.A.,; ROMERO, L. Are chlorophylls good indicators of nitrogen and phosphorus levels. **J. Plant Nutr.**, Nova Iorque, v.17, p.979-990, 1994.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A., 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba, SP, Brasil.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; MAGALHÃES, M. M.; CANTÃO, F. R. O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de

milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.3, p. 223-232, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Boletim 2. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo\\_5ed/ecofisiologia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_5ed/ecofisiologia.htm)> Acesso em: 20 jun. 2014.

MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C.; DAMASCENO, C. M. B.; SIMEONE, M. L. F. Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 14-20, jan./fev. 2014.

MARIN, F. R.; PANDORFI, H.; SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, M. B. P de; HERNANDEZ, F. B. T. Perda de produtividade potencial da cultura do sorgo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 157-162, 2006.

MIRANDA, N. de O.; GÓES, G.B. de; ANDRADE NETO, R.C.; LIMA, A.S. Sorgo forrageiro em sucessão a adubos verdes na região de Mossoró, RN. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, p.202-206, 2010

MOREIRA, F. R. da COSTA; COSTA, A. N.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V. da; MEDEIROS, H. R. de; CRUZ, G. R. B. da Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.15, n.1, p.94-107 jan./mar., 2014

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. & PINHO, P. J.; Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.517-521, 2005.

PRADO, H.; JORGE, J. A.; MENK, J. R. F. **Levantamento pedológico detalhado e caracterização físico-hídrico dos solos da Estação**: experimental de agronomia de Votuporanga (SP). Campinas: IAC, 1999. 24 p. Boletim científico, 42.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: ed. UFV, 2014 p. 9-36

ROCHA, R. N. C.; GALVÃO, J. C. C.; TEIXEIRA, P. C.; MIRANDA, G. V.; AGNES, E. L.; PEREIRA, P. R. G.; LEITE, U. T. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 161-171, maio/ago. 2005.

ROCHA, M. C. da; MIRANDA, G. V.; VASCONCELOS, M. J. V.; MAGALHAES, P. C.; CARVALHO JÚNIOR, G. A. de; SILVA, L. A.; SOARES, M. O.; CANTÃO, F. R. O.; RODRIGUES, F.; SCHAFFERT, R. E. Caracterização da morfologia radicular de genótipos contrastantes de sorgo em baixo e alto níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 1, p. 65-78, 2010.

RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R.; GONÇALVES, L. C.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; GUIMARAES, A. de S.; FERNANDES, L. de O.; PAES, J. M. V. Sorgo Forrageiro para silagem, corte e pastejo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 50-62, jan./fev. 2014 (a).

RODRIGUES, F.; MAGALHÃES, J. V. de; GUIMARÃES, C. T.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Seleção de linhagens de sorgo granífero eficientes e responsivas à aplicação de fósforo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, Agosto 2014 (b).

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. de C. de.; GUIMARAES, D. P.; **Época de plantio de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. Comunicado técnico, 80.

SANTOS, F. C. dos; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; MIRANDA, R. A. de; Correção do solo e adubação na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 76-88, jan./fev. 2014.

SILVA, A. G.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P.; MORAES, E. B.; PIRES, R.; TEXIRA, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero no Sudoeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168 -174. 2009.

SILVA, K. J. da. MENEZES, C. B. de TARDIN, F. D. EMYGDIO, B. M. SOUZA, V. F. de. CARVALHO, G. A. de. SILVA, M. J. da. Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.1, p. 44-53, 2013

TOLK, J.A.; HOWELL, T.A.; MILLER, F.R. Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.145, p.44-51, 2013.

VANDERLIP, R.L.. How a sorghum plant develops, **Cooperative extension service**. Manhattan, Kansas: Kansas Agricultural Experiment Station. v.1203. 1993.

VIANA, M. C. M.; DURÃES, F. O. M.; QUEIROZ, C. G. S.; ISABEL, R. P.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Produção de fitomassa e teor de clorofila em linhagens de milho submetidas ao déficit hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1., 2004, **Anais...** Cuiabá, MT. Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade: (resumos expandidos). Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Cuiabá: Empaer, 2004. 1 CD-ROM.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1117-1122, set. 2003.

**CAPÍTULO 3: EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E  
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM HÍBRIDOS DE SORGO  
GRANÍFERO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA.**

## RESUMO

### EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA.

Cada vez mais a entressafra brasileira, vem aumentando as produções de cereais, principalmente no cerrado. Tratos culturais e fitossanitários adequados são feitos para que as culturas consigam atingir todo seu potencial produtivo. O sorgo granífero tem sido bastante utilizado pela sua capacidade de produção de grãos e massa seca nessas condições. Vários são os híbridos disponíveis no mercado, sendo cada um com sua capacidade de absorção de nutrientes. Sendo assim o objetivo desse trabalho foi analisar as características agronômicas e exportação de macronutrientes pelos grãos dos híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura. O experimento foi conduzido no Pólo Regional da Agência Paulista de Tecnologia agropecuária (APTA), no município de Votuporanga, São Paulo. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa e o clima predominante na região é Aw (Köppen), com estação seca definida. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 4 híbridos e quatro repetições. Os híbridos de sorgo (50A10, 50A50, BUSTER e 1G282) constituem os diferentes tratamentos, dentro das quatro diferentes épocas de semeadura, sendo a primeira realizada em 26/02 de 2013 e as demais aos 17, 30 e 41 dias após a primeira semeadura - DAPS. Cada época de semeadura foi considerada como experimento individual, sendo realizada posteriormente a análise conjunta para comparação das características avaliadas. Foram avaliados os teores de macronutrientes nos grãos, massa de mil grãos, produtividade e a exportação desses macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) pelos grãos na área. A produtividade dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura. A massa de mil grãos dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura. A exportação média de macronutrientes pelos grãos de sorgo segue a ordem decrescente: N > K > P > Ca > Mg > S. Os valores médios de acúmulo de macronutrientes para produção de uma tonelada de grãos de sorgo granífero são: 20.05 kg de N; 3.33 kg de P; 3.70 kg de K; 3.49 kg de Ca; 1.77 kg de Mg e 0.72 kg de S.

**Palavras chave:** *Sorghum bicolor* L.; Sistema de produção; grão; teor de nutrientes;

## ABSTRACT

### MACRONUTRIENTS EXPORTATION AND AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF GRAIN SORGHUM HYBRIDS IN DIFFERENT SOWING DATES

Brazilian off season cropping is increasing the production of cereals, mainly in the Brazilian savannah. Cultural and appropriate phytosanitary treatments are made so that crops are able to reach all their productive potential. Sorghum has been widely used for its grain production capacity and dry matter under these conditions. Several hybrids are commercially available, each with its peculiar nutrient absorption capacity. Thus, this study analyzed the agronomic characteristics and nutrient exportation by grain sorghum hybrids in different sowing dates. The experiment was conducted at the Paulista Agency Regional Center of Agricultural Technology (APTA) in the city of Votuporanga, São Paulo. The soil is classified as sandy and the prevailing climate in the region is Aw (Köppen), with dry season. The experiment was conducted in a randomized block design with four replications and 4 hybrids. Sorghum (50A10, 50A50, BUSTER and 1G282) were the different treatments in the four different sowing times, starting on February 26 and the others 17, 30 and 41 days after the first sowing - DAPS. Each sowing date was considered as an individual experiment, and, subsequently, grouped for analysis to compare characteristics. Macronutrient content in grain, one thousand grain weight, productivity and exportation of macronutrients ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) by grains in the area were evaluated. Sorghum hybrids productivity varied depending on the sowing dates. The mass of one thousand grains of sorghum hybrids varied depending on the sowing dates. The average exportation of macronutrients by sorghum grains followed the decreasing order: N > K > P > Ca > Mg > S. The mean values of macronutrient accumulation to produce one ton of sorghum grains are: 20.05 kg N, 3.33 kg P, 3.70 kg K, 3.49 kg Ca; 1.77 kg Mg, and 0.72 kg S.

**Key words:** *Sorghum bicolor* L.; Production System; grain; nutrient content.

## INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo é conhecida por apresentar maior tolerância a problemas de escassez de água, grande produção de biomassa, além de diversos meios de utilização, seja como parte de rações animais através do grão ou corte e pastejo da parte aérea.

Essas condições têm propiciado a expansão da cultura pelo Brasil, principalmente no período da entressafra, em regiões que apresentam baixas médias de pluviosidade e condições onde a cultura do milho não conseguiria atingir todo seu potencial produtivo devido às intempéries climatológicas (PARRELLA et al., 2014; TOLK et al., 2013; VASCONCELOS et al., 2001). Mesmo assim, a produção da cultura em muitas áreas é baixa, em função da adoção de práticas de manejo inadequadas, devido às condições marginais de cultivo, principalmente o menor gasto com nutrição mineral, também pelo fato de grande parte dos produtores acreditarem que por ser mais "rústico", a cultura do sorgo não necessita de tratos fitossanitários como as outras culturas, o que já se mostrou não ser verdade. Vários experimentos onde são avaliadas as produtividades de diversos materiais de sorgo granífero têm mostrado o elevado potencial de produção de grãos que a cultura tem sob condições adversas de cultivo, tanto em regiões do Brasil central (ALMEIDA FILHO et al., 2014; ALMEIDA FILHO et al., 2010; SILVA et al., 2009) quanto no semiárido (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Com a expansão da área de cultivo da cultura do sorgo e os crescentes custos financeiros dos insumos, mão de obra e equipamentos, torna-se indispensável conseguir práticas adequadas de cultivo, minimizando impactos negativos da atividade agrícola e otimizando a produtividade. Produtividade esta que está relacionada a diversos fatores, entre eles material genético de boa qualidade, tratos fitossanitários corretos e principalmente fertilidade do solos e suplementação nutricional para a cultura (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

A planta de sorgo é muito eficiente na absorção de nutrientes do solo, por apresentar sistema radicular muito fibroso e bem desenvolvido, apresentando com isso elevada resposta a fertilização (LEAL et al., 2013; MARIN et al., 2006). Após definida a necessidade de aplicação de fertilizantes para as culturas, para se alcançar o maior potencial produtivo dos mesmos, deve-se conhecer as taxas de absorção e acumulação de nutrientes, assim como a época em que são mais requeridos (SANTOS et al., 2014; FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009; FRANCO, 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características agronômicas e a exportação de macronutrientes pelos grãos de híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos no Pólo Regional da Agência Paulista de Tecnologia agropecuária (APTA), no município de Votuporanga, São Paulo ( $20^{\circ} 28' S$  e  $50^{\circ} 04' W$ ) e altitude de 440 m. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa e relevo suave. Os atributos químicos do solo são apresentados na TABELA 1.

TABELA 1. Atributos químicos do solo no perfil 0-0,2 m, Votuporanga, 2013.

| Camada       | pH H <sub>2</sub> O | P                   | K  | Al | Ca | Mg | H+Al                   | SB    | t     | T     | V  | m                    | MO |
|--------------|---------------------|---------------------|----|----|----|----|------------------------|-------|-------|-------|----|----------------------|----|
| m            | (1:2,5)             | mg dm <sup>-3</sup> |    |    |    |    | cmolc dm <sup>-3</sup> |       |       |       | %  | dag kg <sup>-1</sup> |    |
| <b>0-0,2</b> | 5.2                 | 30                  | 20 | 0  | 17 | 8  | 16                     | 25.05 | 25.05 | 41.05 | 61 | 0                    | 13 |

P, K = ( $HCl\ 0,05\ mol\ L^{-1} + H_2SO_4\ 0,0125\ mol\ L^{-1}$ ) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, ( $KCl\ 1\ mol\ L^{-1}$ ); H+Al = (Solução Tampão - SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 2009).

De acordo Prado et al. (1999) o clima predominante na região de Votuporanga é Aw (Köppen), com estação seca definida, temperatura média anual de 22 °C, intervalo médio de 18,4 °C a 23,9 °C. A pluviosidade média anual é de 1.344 mm, com 74% das chuvas ocorridas de outubro a março e 26% de abril a setembro.

Os dados de precipitação e temperatura média no período de condução do experimento encontram- se na FIGURA 1.

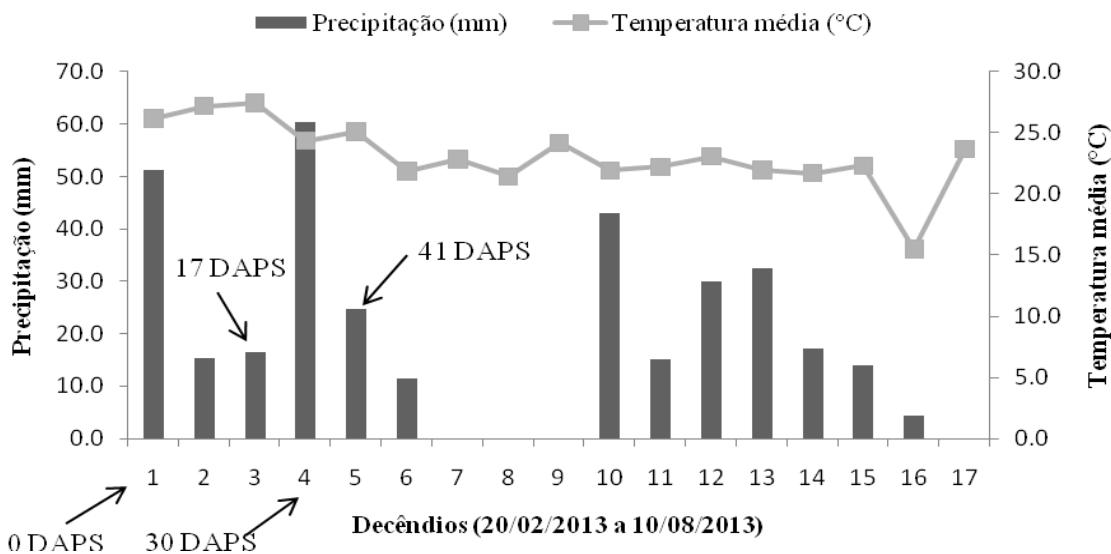


FIGURA 1. Variação de temperatura média (°C) e precipitação acumulada (mm) por decêndios, de Fevereiro a Agosto de 2013 em Votuporanga, SP.

### Material genético

No experimento foram utilizados 4 híbridos de sorgo granífero, adaptados para semeadura na região Noroeste do Estado de São Paulo. Segue na TABELA 2 as principais características desses híbridos:

TABELA 2. Características dos diferentes híbridos de sorgo granífero utilizados no experimento.

| Híbridos      | Ciclo   | Porte | Empresa   |
|---------------|---------|-------|-----------|
| <b>BUSTER</b> | Precoce | Médio | ATLÂNTICA |
| <b>1G282</b>  | Tardio  | Médio | DOW       |
| <b>50A10</b>  | Precoce | Médio | MORGAN    |
| <b>50A70</b>  | Tardio  | Médio | MORGAN    |

### Instalação do experimento

O experimento foi instalado em sistema de cultivo convencional, sendo realizada aração e gradagem. As adubações de semeadura e cobertura foram as mesmas para todas as épocas de semeadura. A adubação de semeadura foi realizada com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 08-28-16 e a de cobertura foi realizada com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio. As plantas receberam essa adubação nos mesmos estádios fenológicos (5 folhas

completamente expandidas) independente da época de semeadura, por volta de 18 dias após a emergência da cultura (TABELA 3).

TABELA 3. Datas de semeadura, emergência e adubação de cobertura nas diferentes épocas de semeadura.

| Época | Semeadura  | Dias após primeira semeadura (DAPS) | Emergência | Adubação de Cobertura |
|-------|------------|-------------------------------------|------------|-----------------------|
| 1     | 26/02/2013 | 0                                   | 02/03/2013 | 20/03/2013            |
| 2     | 15/03/2013 | 17                                  | 20/03/2013 | 09/04/2013            |
| 3     | 28/03/2013 | 30                                  | 01/04/2013 | 18/04/2013            |
| 4     | 08/04/2013 | 41                                  | 12/04/2013 | 30/04/2013            |

### Características avaliadas

Foram avaliados: massa de mil grãos (g) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em que foram colhidos os grãos da parcela e, mensurada a umidade dessas, para posterior correção do grau de umidade do grão para 13%, segundo a fórmula  $M_c = M_o(100-u_o)87^{-1}$ ; sendo:  $M_c$  e  $M_o$  massa corrigida e observada, respectivamente;  $u_o$ : umidade observada, os teores de macronutrientes no grão ( $\text{g kg}^{-1}$ ). Com base nos teores de nutrientes e na produtividade, foram quantificadas as exportações de cada macronutriente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Antes da determinação do teor de nutrientes nos grãos foi realizada a separação dos grãos para massa de mil grãos. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para análise dos teores de macronutrientes no laboratório de solos da Universidade Federal de Uberlândia, de acordo com os métodos de Malavolta et al. (1997). O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de destilação semi micro Kjeldahl e os outros nutrientes foram extraídos numa solução nitro-perclórico. A partir da solução extraída, os teores de Ca e Mg são obtidos por espectrofotometria de absorção atômica, P e S pelo espectrofotômetro e K por fotometria de chama.

### Delineamento experimental e Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 metros de comprimento, e as duas linhas centrais consideradas como área útil da parcela. Foram avaliados 4 híbridos de sorgo granífero, formando assim os diferentes tratamentos, dentro das diferentes épocas de semeadura. Cada época de semeadura foi considerado

experimento individual. Para todas características avaliadas foi realizada análise de variância nas diferentes épocas de semeadura e, em seguida, efetuou-se a análise conjunta dos dados (ANEXOS 2, 3 e 4). Foram utilizados os dados em que a razão dos quadrados médios de cada análise de variância não ultrapassaram a relação 7:1. Quando a razão foi maior que essa relação, foi realizado o ajuste dos graus de liberdade, de acordo com metodologia proposta por Cochran (1954).

Foi realizado o teste de "F" a 0,05 e 0,01 de significância nas análises de variância. Quando esses testes foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 0,05 de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação apresentou valores entre 4.07 e 34.50%. Albuquerque et al. 2013 ao avaliar o teor de macronutrientes em grãos de híbridos de sorgo granífero observou valores de coeficiente de variação entre 0.61 e 19.45%.

Analizando o desdobramento da interação entre híbridos x época de semeadura observou-se que os teores de K não variaram entre os híbridos quando os mesmos foram semeados aos 17, 30 e 41 DAPS. Quando a semeadura foi realizada na primeira época (26/02), os híbridos 1G282 e 50A10 foram os que apresentaram maiores concentrações de K no grão. Os híbridos 50A10, 50A70 e BUSTER não apresentaram diferenças significativas nos teores de K entre as épocas de semeadura avaliadas. Os híbridos 50A10 e 1G282 apresentaram maiores concentrações desse nutriente quando semeados na primeira época e o híbrido 1G282 apresentou os maiores teores quando as semeaduras foram realizadas aos 0 DAPS (TABELA 5)

TABELA 5. Teores de potássio no grão ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de híbridos de sorgo granífero em quatro diferentes épocas de semeadura.

| Híbridos      | Época   |         |         |         |
|---------------|---------|---------|---------|---------|
|               | 0 DAPS  | 17 DAPS | 30 DAPS | 41 DAPS |
| <b>1G282</b>  | 5.12 aA | 4.37 aA | 2.62 aB | 3.62 aB |
| <b>50A10</b>  | 4.62 aA | 3.75 aA | 3.25 aA | 3.37 aA |
| <b>50A70</b>  | 2.75 bA | 3.25 aA | 3.87 aA | 3.50 aA |
| <b>BUSTER</b> | 3.75 bA | 3.87 aA | 3.12 aA | 3.87 aA |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

De acordo com Albuquerque et al. (2013), que avaliaram os teores de macronutrientes na cultura do sorgo granífero em diferentes espaçamentos, o K foi um dos macronutrientes primários mais extraídos pelos grãos, ficando à frente dos teores de P e foi menos extraído que o N. Assim como Marcelo et al. (2012), que ao avaliar o teor de macronutrientes absorvidos pelos grãos de híbridos de sorgo e milho encontraram que K foi o segundo nutriente mais exportado pelo grão, sendo N o mais exportado. Santos (2014) avaliando o teor de macronutrientes em híbridos de sorgo granífero na safrinha encontrou médias de K variando entre 4.03 e 6.47 g kg<sup>-1</sup>.

Em relação aos teores de N e S, pode-se observar quando as semeaduras foram mais precoces (0 e 17 DAPS) a absorção de N e S pelo grão foi maior que nas demais épocas de semeadura. Possivelmente nas semeaduras mais tardias ocorreu deficiência hídrica, favorecendo teores mais baixos desses dois nutrientes (TABELA 6).

Os teores de N e S variaram de 18.48 a 22.74 g kg<sup>-1</sup> para o primeiro e 0.53 a 0.92 g kg<sup>-1</sup> para o segundo. Teores de N e S semelhantes foram encontrados por Albuquerque et al. (2013) sendo estes em torno de 17.00 g kg<sup>-1</sup> de N e 2.00 g kg<sup>-1</sup> de S para híbridos de sorgo granífero.

TABELA 6. Teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e enxofre no grão (g kg<sup>-1</sup>) em função de diferentes épocas de semeadura.

| Época          | N                     | P      | Ca     | S      |
|----------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                | (g kg <sup>-1</sup> ) |        |        |        |
| <b>0 DAPS</b>  | 21.95 A               | 3.35 B | 2.88 C | 0.92 A |
| <b>17 DAPS</b> | 22.74 A               | 3.22 B | 2.84 C | 0.90 A |
| <b>30 DAPS</b> | 18.48 B               | 2.99 B | 4.06 B | 0.53 B |
| <b>41 DAPS</b> | 19.78 B               | 3.88 A | 4.30 A | 0.62 B |

Letras distintas na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Devido os mesmos serem componentes estruturais de aminoácidos, suas funções são semelhantes, sendo o N muito mais requerido que o S pela planta e por isso o comportamento semelhante (TAIZ & ZEIGER, 2013; EPSTEIN & BLOOM, 2004).

Para P e Ca ocorreu o inverso, pois, quando a semeadura foi realizada aos 41 DAPS, os teores desses nutrientes nos grãos foram maiores que nas demais épocas avaliadas. Para os teores de Ca, ainda foi observado que na semeadura aos 30 DAPS os teores foram maiores que aos 0 e 17 DAPS.

Os teores de magnésio encontrados foram em média de 1.78 g kg<sup>-1</sup>. Esses valores são considerados baixos, justificando os valores não significativos desse nutriente entre híbridos e épocas de avaliação.

Em relação à massa de mil grãos (g) pode-se observar que os híbridos 1G282, 50A10 e 50A70 apresentaram menores médias quando foram semeados na primeira época (0 DAPS), sendo que nas demais épocas de semeadura não houve diferença significativa entre as médias. Esses valores variaram de 14.60 a 23.87 g para 1G282, 16.06 a 26.42 g para 50A10 e 12.86 a 26.89 g para 50A70. O híbrido BUSTER apresentou maiores médias quando a semeadura foi realizada aos 30 DAPS com 29.78 g. Assim como os demais híbridos de sorgo granífero, a menor média foi encontrada quando a semeadura foi realizada na primeira época de semeadura (0 DAPS) (TABELA 7).

TABELA 7. Massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de híbridos de sorgo granífero em quatro diferentes épocas de semeadura.

|   | Híbridos      | Época      |            |            |            |
|---|---------------|------------|------------|------------|------------|
|   |               | 0 DAPS     | 17 DAPS    | 30 DAPS    | 41 DAPS    |
| <b>Massa de mil grãos (g)</b>             | <b>1G282</b>  | 14.60 bB   | 23.56 aA   | 23.87 bA   | 22.39 bA   |
|   | <b>50A10</b>  | 16.06 bB   | 25.47 aA   | 25.89 bA   | 26.42 aA   |
|   | <b>50A70</b>  | 12.86 bB   | 24.82 aA   | 25.97 bA   | 26.89 aA   |
|   | <b>BUSTER</b> | 19.50 aC   | 26.72 aB   | 29.78 aA   | 25.76 aB   |
| <b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | <b>1G282</b>  | 5075.61 bA | 4233.61 aB | 5029.24 aA | 5247.43 aA |
|   | <b>50A10</b>  | 4894.08 bA | 3914.86 aA | 4413.13 aA | 4050.66 bA |
|   | <b>50A70</b>  | 4237.97 bA | 3621.96 aA | 4450.11 aA | 3874.29 bA |
|   | <b>BUSTER</b> | 6186.10 aA | 3892.74 aB | 3178.39 bB | 3448.78 bB |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Quando a semeadura foi realizada aos 0 e 30 DAPS, o comportamento dos híbridos foram semelhantes, sendo que BUSTER foi o que apresentou maior massa de mil grãos. Para a semeadura de 17 DAPS no entanto não houve diferença significativa entre os híbridos. Para semeadura de 41 DAPS as maiores massas foram dos híbridos BUSTER, 50A10 e 50A70, seguidos de 1G282.

De acordo com Silva et al. (2009) e Santos (2014), avaliando massa de mil grãos na safrinha em diferentes híbridos de sorgo granífero e locais na região Centro Oeste, os mesmos encontraram em média, 17.97 g para o primeiro e médias entre 11.95 a 18.47 g para o segundo.

Em relação à produtividade observou-se que os híbridos 50A10 e 50A70 não apresentaram diferenças significativas entre as épocas de semeadura avaliadas. O híbrido 1G282 apresentou menores médias de produtividade apenas quando a semeadura foi realizada aos 17 DAPS. Por sua vez, o híbrido BUSTER apresentou maior média de produtividade quando semeado na primeira época (TABELA 7).

Quando os híbridos foram semeados aos 0 DAPS, a maior produtividade foi obtida pelo híbrido BUSTER. Aos 17 DAPS não houve diferença significativa entre os híbridos. Aos 30 DAPS o híbrido BUSTER foi o de menor produtividade, sendo que os demais híbridos avaliados apresentaram maiores produtividades. Quando semeados aos 41 DAPS, o híbrido mais produtivo foi o 1G282. As médias de produtividade dos híbridos de sorgo granífero variaram de 3178.39 a 6186.10 kg ha<sup>-1</sup>, sendo na média do experimento de 3490.05 kg ha<sup>-1</sup>.

Trabalhos como os de Almeida filho et al. (2010), Silva et al. (2013) e Silva et al. (2009), avaliando a produtividade de híbridos de sorgo granífero na safrinha, observaram valores de produtividade variando entre 2267.00 a 5009.00 kg ha<sup>-1</sup>.

Em relação às médias de exportação (kg ha<sup>-1</sup>) de macronutrientes nos grãos, observou-se que houve interação significativa entre as diferentes épocas de semeadura avaliadas e os híbridos para N, K, Ca e S (ANEXO 4). Para P e Mg apenas as épocas de semeadura avaliadas foram significativas. Os coeficientes de variação estiveram entre 11.75 e 32.30%. Valores semelhantes foram encontrados por Marcelo et al. (2012) que avaliou os teores de macronutrientes em híbridos de sorgo e milho, encontrando valores que variaram entre 14,80 a 46.50%.

Ao analisar o desdobramento da interação entre híbridos x épocas de semeadura pode-se dizer que os híbridos 1G282 e 50A10 não apresentaram variação na exportação de N entre as épocas de semeadura avaliadas. Os híbridos 50A70 e BUSTER apresentaram maior exportação desse nutriente na primeira época de semeadura (0 DAPS) (TABELA 8).

Quando semeado aos 0 DAPS, o híbrido que mais exportou N foi o BUSTER, seguido dos demais. Os híbridos quando semeados ao 17 DAPS, não apresentaram diferenças significativas nas médias de extração de N. Na semeadura de 30 DAPS não houve diferença nas médias de exportação (kg ha<sup>-1</sup>) entre os híbridos 1G282, 50A10 e 50A70, já o híbrido BUSTER apresentou menor exportação entre eles. Quando semeados aos 41 DAPS, o híbrido que apresentou maior exportação de N foi 1G282. As médias de exportação de N variaram de 55.02 a 128.22 kg ha<sup>-1</sup>.

Resultados semelhantes foram obtidos por Calil et al. (2013) ao avaliar produtividade e exportação de nutrientes de sorgo granífero em sistema agrossilvicultural, onde a cultura atingiu produtividade de 3417.4 kg ha<sup>-1</sup> e apresentou exportação média de N em torno de 172.4 kg ha<sup>-1</sup>.

TABELA 8 Exportação (kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre em híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.

| Nutrientes | Híbridos      | Época     |          |          |           |
|------------|---------------|-----------|----------|----------|-----------|
|            |               | 0 DAPS    | 17 DAPS  | 30 DAPS  | 41 DAPS   |
| N          | <b>1G282</b>  | 98.72 bA  | 89.79 aA | 84.85 aA | 101.22 aA |
|            | <b>50A10</b>  | 103.13 bA | 95.41 aA | 85.97 aA | 82.37 bA  |
|            | <b>50A70</b>  | 99.46 bA  | 74.83 aB | 80.03 aB | 70.83 bB  |
|            | <b>BUSTER</b> | 128.22 aA | 85.61 aB | 55.02 bC | 63.20 bC  |
| K          | <b>1G282</b>  | 25.98 aA  | 18.69 aB | 13.03 aB | 19.05 aB  |
|            | <b>50A10</b>  | 22.73 aA  | 14.66 aB | 14.24 aB | 13.69 aB  |
|            | <b>50A70</b>  | 11.83 bA  | 11.66 aA | 17.27 aA | 13.56 aA  |
|            | <b>BUSTER</b> | 23.52 aA  | 14.70 aB | 10.03 aB | 13.39 aB  |
| Ca         | <b>1G282</b>  | 14.56 bB  | 11.71 aC | 20.31 aA | 22.43 aA  |
|            | <b>50A10</b>  | 14.30 bB  | 10.98 aC | 17.47 aA | 17.29 bA  |
|            | <b>50A70</b>  | 12.04 bB  | 10.57 aB | 18.80 aA | 16.76 bA  |
|            | <b>BUSTER</b> | 17.80 aA  | 10.97 aC | 12.74 bC | 14.93 bB  |
| S          | <b>1G282</b>  | 3.99 aA   | 3.82 aA  | 1.98 aB  | 4.66 aA   |
|            | <b>50A10</b>  | 4.74 aA   | 3.43 aA  | 2.11 aB  | 2.13 bB   |
|            | <b>50A70</b>  | 3.86 aA   | 3.19 aA  | 3.34 aA  | 1.93 bA   |
|            | <b>BUSTER</b> | 5.29 aA   | 3.23 aB  | 1.35 aC  | 1.72 bC   |

Letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Ao analisar a exportação de K observou-se que o híbrido 50A70 não apresentou diferença significativa nas médias de extração (kg ha<sup>-1</sup>) entre as épocas de semeadura avaliadas. Os híbridos 1G282, 50A10 e BUSTER exportaram maior quantidade de K quando foi realizada a semeadura na primeira época (TABELA 8).

Para Ca, o híbrido BUSTER apresentou maior exportação quando as semeaduras ocorreram na primeira época. Os demais híbridos exportaram maior quantidade de Ca quando as semeaduras foram realizadas aos 30 e 41 DAPS. Aos 0 DAPS o híbrido BUSTER foi o que mais exportou Ca pelos grãos. Na semeadura realizada aos 17 DAPS não houve diferença significativa entre os teores de Ca exportados pelos grãos dos híbridos e, aos 41 DAPS, o híbrido com maior exportação foi 1G282 (TABELA 8). A quantidade exportada de Ca variou de 10.57 a 22.43 kg ha<sup>-1</sup>.

Em relação à quantidade de S exportada, o híbrido 50A70 não apresentou diferença na exportação desse nutriente nas épocas avaliadas. O híbrido BUSTER apresentou maior média de exportação na primeira época de semeadura. Os híbridos 50A10 e 1G282 apresentaram maior extração nas semeaduras realizadas aos 0 e 17 DAPS e menores aos 30 e 41 DAPS, com exceção de 1G282 que apresentou menores teores apenas aos 30 DAPS. Não houve diferença significativa entre os híbridos quando as semeaduras foram realizadas aos 0, 17 e 30 DAPS. Quando a semeadura ocorreu aos 41 DAPS o híbrido 1G282 foi o que exportou maior quantidade de S. A quantidade de S exportado pelos híbridos, variou entre 1.35 e 5.29 kg ha<sup>-1</sup> para S.

Esses valores médios de exportação de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) são semelhantes aos encontrados por Calil et al. (2013) para a cultura do sorgo granífero, sendo estes de 172.40 kg ha<sup>-1</sup> de N; 24.10 kg ha<sup>-1</sup> de P; 54.20 kg ha<sup>-1</sup> de K; 5.30 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 7.30 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 2.30 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Os teores de P e Mg extraídos pelos grãos variaram entre as épocas de semeadura. Quando as mesmas foram realizadas aos 0 e 41 DAPS, as exportações foram maiores que nas semeaduras realizadas aos 17 e 30 DAPS (TABELA 9). As médias de extração de P variaram entre 12.42 e 16.57 kg ha<sup>-1</sup>, em relação às médias de Mg, as mesmas variaram entre 6.75 e 8.95 kg ha<sup>-1</sup>.

TABELA 9. Exportação de fósforo e magnésio pelos grãos (g kg<sup>-1</sup>) em função de diferentes épocas de semeadura.

| Época          | P       |                       | Mg     |
|----------------|---------|-----------------------|--------|
|                |         | (g kg <sup>-1</sup> ) |        |
| <b>0 DAPS</b>  | 16.57 A |                       | 8.95 A |
| <b>17 DAPS</b> | 12.42 B |                       | 6.75 B |
| <b>30 DAPS</b> | 12.76 B |                       | 7.30 B |
| <b>41 DAPS</b> | 16.25 A |                       | 7.96 A |

Letras distintas na coluna diferem pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância.

Farias (2014) ao avaliar a exportação de macronutrientes pelos grãos de híbridos de milho, encontrou em média 164.79 kg ha<sup>-1</sup> de N; 45.74 kg ha<sup>-1</sup> de P; 83.18 kg ha<sup>-1</sup> de K; 19.78 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 13.73 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 7.81 kg ha<sup>-1</sup> de S. Esses resultados são semelhantes aos encontrados neste trabalho para a cultura do sorgo, mostrando assim o comportamento semelhante das culturas em termos de extração de nutrientes pelos grãos.

As necessidades nutricionais da planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que a mesma extrai. Essa extração depende da produtividade obtida e dos teores

dos nutrientes na parte aérea da planta e também nos grãos (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

As recomendações de adubação para as plantas devem levar em consideração a produtividade esperada para que se faça a aplicação de nutrientes nas quantidades corretas. sendo de grande importância o conhecimento sobre a extração de nutrientes pelo sorgo para produção de 1 tonelada de grãos (SANTOS et al., 2014). Essas mesmas devem ser tomadas como referência para definição do manejo de fertilidade do solo, com o objetivo de explorar o potencial produtivo dos híbridos atualmente disponíveis no mercado. Sendo assim, foi determinado neste trabalho o acúmulo médio de macronutrientes para produção de 1 t ha<sup>-1</sup> de grãos de sorgo granífero (TABELA 10).

TABELA 10. Acúmulo de macronutrientes para produção de 1 t ha<sup>-1</sup> de grãos de sorgo granífero.

| N     | P    | K    | kg t <sup>-1</sup> | Ca   | Mg   | S    |
|-------|------|------|--------------------|------|------|------|
| 20.05 | 3.33 | 3.70 |                    | 3.49 | 1.77 | 0.72 |

Fornasieri Filho & Fornasieri (2009) apresentam valores de acúmulo médio de nutrientes (kg t<sup>-1</sup>) variando entre 17.10 a 18.6 kg de N; 5.90 a 8.80 kg de P; 4.2 a 4.9 kg de K; 0.60 a 0.80 de Ca; 1.40 a 1.50 de Mg e 2.00 a 2.01 de S.

Em relação à cultura do milho, Farias (2014) encontrou valores de 20.67 kg de N; 4.27 kg de P; 19.50 kg de K; 3.54 kg de Ca; 2.54 kg de Mg e 1.21 kg de S.

## CONCLUSÕES

A produtividade dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura.

A massa de mil grãos dos híbridos de sorgo granífero varia em função das épocas de semeadura.

A exportação média de macronutrientes pelos grãos de sorgo segue a ordem decrescente: N > K > P > Ca > Mg > S.

Os valores médios de acúmulo de macronutrientes para produção de uma tonelada de grãos de sorgo granífero são: 20.05 kg de N; 3.33 kg de P; 3.70 kg de K; 3.49 kg de Ca; 1.77 kg de Mg e 0.72 kg de S.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. de; SOUZA, M. F. de; Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; Von PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 278-285, 2011

ALMEIDA FILHO, J. E. de; TARDIN, F. D.; DAHER, R. F.; SILVA, K. J. da; JOÃO BATISTA XAVIER NETO; BASTOS, E. A.; LOPES, V. da S.; BARBE, T. da C.; MENEZES, C. B. de Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 82-95, 2014.

ALMEIDA FILHO, J. E. de; TARDIN, F. D.; SOUZA, S. A. de; GODINHO, V. de P. C.; CARDOSO, M. J. Desempenho agronômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 1, p. 54-64, 2010.

CALIL, F. N.; VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LOPES, V. G.; WITSCHORECK, R. Biomassa e nutrientes em sistemas agrossilvicultural no extremo sul do Brasil. **Ecologia e nutrição florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 2, p. 80-88, 2013

COCHRAN, W.G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, Tucson, v.10, p.101-129, 1954.

EPSTEIN, E. E.; BLOOM, A. J.; **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina, 2004, 403 p.

FARIAS, M. V. de. **Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho**. 2014. 84f. (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, Universidade Estadual de Montes Claros -Unimontes, Janaúba.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

LEAL, S. T.; TARSITANO, M. A. A.; GOES, R. J.; TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ROSSETTO, J. E.; LEAL, C. T. Análise econômica da produção de sorgo na safrinha com diferentes fontes de nitrogênio em cobertura **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 85-91, 2013.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A., **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP, Brasil. 1997

MARIN, F. R.; PANDORFI, H.; SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, M. B. P de; HERNANDEZ, F. B. T. Perda de produtividade potencial da cultura do sorgo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 157-162, 2006.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta I - produção de matérias seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.36, p.1553-1567, 2012.

PARRELLA, R. A. da C.; MENEZES, C. B. de; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: ed. UFV, 2014 p. 169-187

PRADO, H.; JORGE, J. A.; MENK, J. R. F. **Levantamento pedológico detalhado e caracterização físico-hídrico dos solos da estação experimental de agronomia de Votuporanga (SP)**. Campinas: IAC, 1999. 24 p. Boletim científico, 42.

SANTOS, F. C. dos; COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; MIRANDA, R. A. de; Correção do solo e adubação na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 76-88, jan./fev. 2014.

SANTOS, F. A. dos. **Manejo alternativo de sorgo granífero para safrinha em consórcio com soja superprecoce**. 2014. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, A. G.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P.; MORAES, E. B.; PIRES, R.; TEXIRA, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero no Sudoeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168 -174. 2009.

SILVA, K. J. da. MENEZES, C. B. de TARDIN, F. D. EMYGDIO, B. M. SOUZA, V. F. de. CARVALHO, G. A. de. SILVA, M. J. da. Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.1, p. 44-53, 2013

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TOLK, J.A.; HOWELL, T.A.; MILLER, F.R. Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.145, p.44-51, 2013.

VASCONCELLOS, C. A.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, F. G.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, C. A. Resíduos de sorgo e a mineralização do nitrogênio em Latossolo Vermelho fase cerrado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 373-379, 2001.

## ANEXOS

ANEXO 1. Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) para os dados de características agronômicas de híbridos de sorgo em diferentes épocas de semeadura.

| FV                   | GI | Quadrado Médio |               |                |               |
|----------------------|----|----------------|---------------|----------------|---------------|
|                      |    | Altura         | Florescimento | Massa panícula | Produtividade |
| <b>Bloco (Época)</b> | 12 | 56.29          | 0.25          | 282773.66      | 343864.61     |
| <b>Híbrido</b>       | 8  | 1049.25**      | 179.14**      | 1249316.97**   | 1838550.92**  |
| <b>Época</b>         | 3  | 6496.04**      | 240.84**      | 9728177.95**   | 9767940.37**  |
| <b>Híbrido*Época</b> | 24 | 110.23**       | 11.66**       | 447337.45**    | 1835093.80**  |
| <b>Resíduo</b>       | 96 | 27.25          | 0.20          | 144521.45      | 382318.72     |
| <b>CV (%)</b>        |    | 7.23           | 0.73          | 10.86          | 13.72         |

<sup>ns</sup>; \*; \*\* Não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de significância de acordo com o teste de F.

ANEXO 2. Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) para os dados de teor de macronutrientes nos grãos ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.

| FV                   | GI | Quadrado Médio        |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                      |    | N                     | P                    | K                    | Ca <sup>1</sup>      | Mg                   | S <sup>1</sup>       |
| <b>Bloco (Época)</b> | 12 | 5.6728                | 1.0514               | 0.9141               | 0.0484               | 0.1020               | 0.0401               |
| <b>Híbridos</b>      | 3  | 11.4508 <sup>ns</sup> | 0.0780 <sup>ns</sup> | 0.9844 <sup>ns</sup> | 0.0345 <sup>ns</sup> | 0.0404 <sup>ns</sup> | 0.0360 <sup>ns</sup> |
| <b>Época</b>         | 3  | 61.3971**             | 2.5989*              | 2.0469*              | 9.5204**             | 0.1496 <sup>ns</sup> | 0.5443**             |
| <b>Híbrido*Época</b> | 9  | 5.1073 <sup>ns</sup>  | 0.4547 <sup>ns</sup> | 1.8212*              | 0.0225 <sup>ns</sup> | 0.0725 <sup>ns</sup> | 0.1271 <sup>ns</sup> |
| <b>Resíduo</b>       | 36 | 5.8257                | 0.6054               | 0.6571               | 0.0205               | 0.0909               | 0.0609               |
| <b>CV (%)</b>        |    | 12.00                 | 23.28                | 22.08                | 4.07                 | 16.92                | 34.50                |

<sup>ns</sup>; \*; \*\* Não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de significância de acordo com o teste de F.

<sup>1</sup>Graus de liberdade ajustados pelo método proposto por Cochran (1954).

ANEXO 3. Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) para os dados de massa de mil grãos (g) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.

| FV                   | GL | Quadrados médios       |                |
|----------------------|----|------------------------|----------------|
|                      |    | P1000 <sup>1</sup>     | Produtividade  |
| <b>Bloco (Época)</b> | 12 | 1.9388                 | 266820.2002    |
| <b>Híbrido</b>       | 3  | 52.2213 <sup>ns</sup>  | 2281211.5625** |
| <b>Época</b>         | 3  | 394.5312 <sup>ns</sup> | 4203837.4657** |
| <b>Híbrido*Época</b> | 9  | 11.7798**              | 1804363.8777** |
| <b>Resíduo</b>       | 36 | 5.0675                 | 317622.3010    |
| <b>CV (%)</b>        |    | 9.72                   | 12.92          |

<sup>ns</sup>; \*; \*\* Não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de significância de acordo com o teste de F.

<sup>1</sup>Graus de liberdade ajustados pelo método proposto por Cochran (1954).

ANEXO 4. Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) para as médias de exportação de nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) pelos grãos de híbridos de sorgo granífero em diferentes épocas de semeadura.

| FV                   | Gl | Quadrado Médio |           |            |            |           |           |
|----------------------|----|----------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
|                      |    | N              | P         | K          | Ca         | Mg        | S         |
| <b>Bloco (Época)</b> | 12 | 128.8457       | 19.9827   | 18.6765    | 2.1348     | 2.8572    | 1.1106    |
| <b>Híbrido</b>       | 3  | 606.9718*      | 17.9690ns | 87.5862**  | 31.2744**  | 3.8967ns  | 1.5173ns  |
| <b>Época</b>         | 3  | 3125.0665**    | 78.3296*  | 175.6857** | 154.6600** | 14.3986** | 16.1116** |
| <b>Híbrido*Época</b> | 9  | 811.3124**     | 25.0680ns | 56.5062*   | 25.4339**  | 5.2566ns  | 3.6641**  |
| <b>Resíduo</b>       | 36 | 167.1238       | 14.2227   | 19.6488    | 3.2043     | 2.8919    | 1.0518    |
| <b>CV (%)</b>        |    | 14.79          | 26.00     | 27.48      | 11.75      | 21.97     | 32.30     |

ns; \*; \*\* Não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de significância de acordo com o teste de F.

ANEXO 5. Resumo da análise de variância conjunta (Quadrados Médios) das médias dos teores de nutrientes e índice SPAD nas folhas, avaliados em diferentes estádios fenológicos para diferentes híbridos e épocas de semeadura.

| FV                           | GL  | Quadrado médio        |                      |                      |                      |                      |                      |            |
|------------------------------|-----|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|
|                              |     | N                     | P                    | K                    | Ca                   | Mg                   | S                    | SPAD       |
| <b>Bloco (Época)</b>         | 12  | 24.0786               | 2.0195               | 28.7112              | 1.0156               | 0.1465               | 0.2423               | 15.0270    |
| <b>Época</b>                 | 3   | 1338.4004**           | 141.1808**           | 566.6379**           | 27.7321**            | 3.9453**             | 2.8217**             | 560.9542** |
| <b>Híbrido</b>               | 8   | 49.3317**             | 0.7843**             | 27.4466**            | 2.1797**             | 0.1240 <sup>ns</sup> | 0.0553 <sup>ns</sup> | 73.7299**  |
| <b>Época*Híbrido</b>         | 24  | 15.2872 <sup>ns</sup> | 0.4519**             | 7.0585 <sup>ns</sup> | 0.6353**             | 0.0681 <sup>ns</sup> | 0.0850 <sup>ns</sup> | 15.2307**  |
| <b>Resíduo (a)</b>           | 96  | 16.4469               | 0.1988               | 5.0398               | 0.2759               | 0.0654               | 0.0595               | 5.9613     |
| <b>Estádio</b>               | 2   | 981.4236**            | 35.1742**            | 598.4739**           | 223.8026**           | 3.1543**             | 1.2004**             | 455.2202** |
| <b>Estádio*Época</b>         | 6   | 628.9230**            | 29.5823**            | 469.2687**           | 25.4581**            | 3.1683**             | 4.2840**             | 348.6108** |
| <b>Estádio*Híbrido</b>       | 16  | 39.3816**             | 0.3333 <sup>ns</sup> | 6.9466 <sup>ns</sup> | 0.4378 <sup>ns</sup> | 0.2298**             | 0.0779 <sup>ns</sup> | 22.1349**  |
| <b>Estádio*época*híbrido</b> | 48  | 16.6333 <sup>ns</sup> | 0.2740 <sup>ns</sup> | 5.9497 <sup>ns</sup> | 0.5510 <sup>ns</sup> | 0.0772 <sup>ns</sup> | 0.0915 <sup>ns</sup> | 8.4017**   |
| <b>Resíduo (b)</b>           | 216 | 13.7597               | 0.2410               | 9.5195               | 0.5009               | 0.0910               | 0.0826               | 4.2197     |
| <b>CV1(%)</b>                |     | 13.65                 | 13.21                | 9.74                 | 10.51                | 12.12                | 25.28                | 5.19       |
| <b>CV2(%)</b>                |     | 12.48                 | 14.55                | 13.38                | 14.16                | 14.29                | 29.78                | 4.37       |

<sup>ns</sup>; \*; \*\* Não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de significância de acordo com o teste de F.