

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**EFICIÊNCIA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM DIFERENTES
ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA DO SORGO**

ANNE SILVA MARTINS

MESTRADO

**Ipameri-GO
2019**

ANNE SILVA MARTINS

**EFICIÊNCIA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM
DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA DO
SORGO**

Orientador. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus - Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2019

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SM386e Silva Martins, Anne
Eficiência de adubação nitrogenada em diferentes estádios
fenológicos da cultura do sorgo / Anne Silva Martins; orientador Cleiton
Gredson Sabin Benett. -- Ipameri , 2019.
33 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade
Estadual de Goiás, 2019.

1. Sorgo. 2. Nitrogênio . 3. Estádios . 4. Granífero. 5. Adubação. I.
Gredson Sabin Benett, Cleiton, orient. II. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: “EFICIÊNCIA DE ABUDAÇÃO NITROGENADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA DO SORGO”.

AUTOR(A): Anne Silva Martins

ORIENTADOR(A): Cleiton Gredson Sabin Benett

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. CLEITON GREDSON SABIN BENETT
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Dra. NATÁLIA ARRUDA
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dra. KATIANE SANTIAGO SILVA BENETT
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 28 de fevereiro de 2019



DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos que me apoiaram e acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida maravilhosa, pelas oportunidades, pela força nos momentos difíceis e pelas vitórias que me ajudaram a ter esperança e não desistir nessa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett, por ter aceitado me orientar por confiar e me apoiar nas horas que precisei. Agradeço pela paciência, pelos sábios conselhos, pelo esforço, preocupação e cuidado. Agradeço também a Katiane Santiago Silva Benett que foi muito mais que uma professora e orientadora de estágio de docência foi como uma mãe, amiga, conselheira e a oportunidade de conviver com a Livia Silva Benett que sempre me ensinou e mostrou que nunca devemos perder nosso lado de criança de acreditar nos nossos sonhos que com sua inocência e doçura sempre nos alegrava nas festas, viagens e momentos de confraternização. Por me fazer acreditar que existe fabricas de nuvem.

Agradeço também ao Grupo GEPEFi pela oportunidade de aprendizado aos companheiros de projeto que sem vocês esse trabalho não seria possível minha gratidão a cada um. A cada um que colaborou para a execução do Projeto Patrick Conceschi, Pedro Duarte, Julia Baptista, Kamila, Bruno Silva, Starley Gonçalves, Willian Gonçalves, Lucas, Guilherme, Nauan, Jordanna Melo, Mariana Aguiar, Isabela Carolina, Aparecido Alves, Amanda Tavares, Marina Gabriela, Edilson Rezende, Guilherme Borges. Minha eterna gratidão a todos.

Aos meus amigos que nunca me deixaram desistir, que sempre tornou os momentos difíceis menos árduos com conselhos, paciência e um ombro amigo.

Um obrigado especial a aqueles que estiveram me ajudando de uma forma indireta com conselhos e apoio, João Najjar, Rafael Tiengo, Vinicius Araújo, Junior Paim, Leandro Troncha, Jordanna Melo, Erielly Concesch.

A Isabela Carolina, Mariana Aguiar, Marina Gabriela e Amanda Tavares sem vocês não teria conseguido, sou muito grata por vocês me apoiar em tudo por sempre estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida, sempre torcendo e incentivando.

A cada colaborador da UEG, que estavam sempre dispostos e com um sorriso no rosto me ajudando, um obrigado especial a Carla, Joseliana e a Daniele Dias.

À minha mãe Ana Luiza, pelo apoio incondicional, pelas palavras de incentivo e coragem. Se cheguei a essa etapa de minha vida, certamente foi graças à senhora. Essa conquista é nossa. Aos meus irmãos, pai e toda minha família.

A Universidade Estadual de Goiás, UEG- Câmpus Ipameri e a CAPES pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 A CULTURA DO SORGO.....	9
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA	11
2.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE SORGO.....	12
3 OBJETIVO.....	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	15
4.2. CULTIVAR UTILIZADA.....	15
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	15
4.4. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	16
4.6. VARIÁVEIS ANALISADAS	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6 CONCLUSÃO.....	27
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos da cultura do sorgo sobre as características morfológicas e componentes de produção. O experimento foi conduzido durante a safrinha de 2017 e 2018 na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 2 x 5 x 5, com quatro repetições. Sendo duas safrinhas (ano 2017 e 2018), cinco estádios fenológico para aplicação do nitrogênio (E1, E3, E4, E5 e E6) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). O nitrogênio foi aplicado via solo manualmente utilizando como fonte a Ureia. Foram verificadas as seguintes variáveis: teor de nitrogênio foliar, índice relativo de clorofila, e componentes de produção: altura de plantas, diâmetro do caule, altura de inserção da panícula, massa de 1000 grãos, massa da panícula, comprimento de panícula e produtividade. Os dados foram submetidos a análise de variância conjunta e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para ano de cultivo e épocas de aplicação e, para as doses de N foram realizadas análise de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o software R. O ano de cultivo da cultura do sorgo apresentou influência significativa para quase todos os parâmetros avaliados, exceto inserção da panícula. Já para os estádios de aplicação da adubação não apresentaram influência nos parâmetros avaliados. Para as doses de nitrogênio houve influência na produtividade da cultura do sorgo de forma crescente.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L.; Ureia; Produtividade; Safrinha; Nitrogênio, Granífero.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the effect of the application of nitrogen doses in different phenological stages of the sorghum culture on the morphological characteristics and production components. The experiment was conducted during the safer period of 2017 and 2018 at the Experimental Farm of the State University of Goiás - Camus Ipameri. The experimental design was a randomized block design, arranged in a 2 x 5 x 5 factorial scheme, with four replications. Phenological stages for the application of nitrogen (E1, E3, E4, E5 and E6) and five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹). Nitrogen was applied via the soil using Urea as a source. The following variables were verified: leaf nitrogen content, relative chlorophyll index, and production components: plant height, stem diameter, panicle insertion height, 1000 grain mass, panicle mass, panicle length and productivity. Data were submitted to analysis of combined variance and the means were compared by Tukey test at 5% probability for year of cultivation and application times, and regression analysis was performed for N rates. Statistical analyzes were performed using software R. The year of cultivation of the sorghum crop showed significant influence for almost all evaluated parameters, except panicle insertion. However, for the fertilization application stages, there was no influence on the evaluated parameters. For the nitrogen doses, there was an influence on the productivity of the growing sorghum.

keywords: Sorghum bicolor L .; Urea; Productivity; Safrinha; Nitrogen, Granifero.

1 INTRODUÇÃO

A planta de sorgo é uma espécie versátil, devido sua rusticidade, tolerância, condições adversas de temperatura, umidade e resistência a estresse abióticos, como déficit hídrico ou excesso de água, estresse nutricional, altas ou baixas temperaturas. Se destaca pelo seu alto potencial para a produção de grãos, forragem e álcool. No Brasil está tendo sucesso como cultura de sucessão a outras espécies de verão, sendo muito utilizada na safrinha.

O sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench é o quinto cereal mais cultivado no mundo, superado apenas por milho, trigo, arroz e cevada (FAOSTAT, 2015). No Brasil o cultivo com sorgo alcança 652,8 mil hectares e produtividade média de 2778 kg ha⁻¹, totalizando 1,9 milhão de toneladas anuais (CONAB, 2018).

O sorgo granífero tem atraído os agricultores que buscam boa rentabilidade e diversidade no sistema de cultivo devido a sua alta tolerância a condições climáticas. Na região do cerrado, o cultivo do sorgo tem substituído o milho, principalmente na safrinha em sucessão as culturas de verão, trazendo grandes vantagens econômicas ao produtor produzindo grãos e forragem, além da formação de palhada (SANI et al., 2011; SANTOS et al., 2014; TOLK et al., 2013).

Na região Centro-Oeste na safrinha ou segunda safra, o volume e frequência de chuvas costumam oscilar e serem insuficientes. O sorgo atende essa demanda pois é eficiente na conversão de água em matéria seca, por isso vem sendo dotado de importantes mecanismos bioquímicos e morfológicos que lhe confere tolerância à seca, superando culturas como o milho e o trigo, por ser um dos poucos cereais resistentes a essa condição adversas (SANTOS et al., 2014).

A cultura do sorgo granífero, ocorre acúmulo de N quase linearmente até a maturação. Os resultados da adubação nitrogenada no sorgo granífero é variável e está relacionada principalmente ao material genético, à produtividade, ao teor de matéria orgânica do solo e a disponibilidade hídrica para a cultura (DAN et al., 2010).

As condições do meio ambiente têm influência direta na produtividade, os processos fisiológicos da fotossíntese e da respiração vão determinar a qualidade da planta por isso é importante estar atento as condições do meio em que as plantas são submetidas. Pois o crescimento inicial de uma planta acontece de forma exponencial passando por fases de ganhos lineares até a chegada da fase de incrementos decrescentes, esse padrão decorre do balanço entre disponibilidade e a demanda de carbono experimentado pela planta.

Dessa maneira se faz necessário o conhecimento dos estádios fenológicos da cultura do sorgo, que possibilita o entendimento do seu crescimento e desenvolvimento até a maturação fisiológica, afim de se conhecer as respostas fisiológicas ao meio a qual a cultura é implantada, subsidiando e contribuindo para a tomada de decisões pelos produtores, visando assim maximizar a produção da cultura por área, tanto quanto se objetiva no sorgo o rendimento dos grãos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO SORGO

O sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, é uma espécie da variedade granífero, monocotiledônea de origem tropical, pertencente à família Poaceae, originário da África, apesar de evidências que possa ter vindo de duas regiões, sendo África e Índia. Se encontra sendo cultivada em quase todas as partes do mundo. Segundo relatos de historiadores o seu cultivo pelo homem é desde a época A. C. Na atualidade a cultura é mais adaptada a regiões de clima tropical (RIBAS, 2003).

Os cultivares cultivados na atualidade na agricultura são resultados do melhoramento genético, que melhorou a cultura para atender as necessidades agrícolas, nutricionais e econômicas, o que a tornou de grande importância global, sendo atualmente um dos cereais mais cultivados no mundo, adaptados ao cultivo de regiões áridas e semiáridas (DUARTE, 2009).

O sorgo é cultivado com diferentes finalidades como: sorgo granífero, silagem, sacarino, biomassa, pastejo e vassoura (RIBAS, 2003). O sorgo granífero apresenta porte baixo e alto rendimento de grãos, é adequado à colheita mecanizada por essas características é o sorgo mais cultivado (RODRIGUES, 2010).

O plantio de sorgo vem ganhando espaço no plantio da safrinha, principalmente por apresentar rusticidade hídrica e nutricional. A produtividade média de sorgo no Brasil ainda é baixa, com aproximadamente 652,8 mil hectares e produtividade média de 2.778 kg ha⁻¹, totalizando 1,9 milhão de grãos safra 2017/2018, sendo o Brasil hoje o 9º maior produtor do mundo. A baixa produtividade pode estar ligada a adubação, forma e quantidade inadequada de aplicações de fertilizantes (CONAB, 2018).

Atualmente o sorgo é um dos cereais mais produzidos no mundo, depois do milho, do trigo, do arroz e da cevada, ficando em quinto lugar na produção mundial. é uma cultura que vem sendo muito utilizada em cultivo de safrinha, plantado após a colheita de soja, algodão, milho e outras culturas de safra, por ser pouco exigente em pluviosidade, produzindo com pouco índice de chuva (CARVALHO JÚNIOR et al., 2011).

A área cultivada com sorgo teve grande acréscimo a partir de 1990 no Brasil, tendo o Centro-Oeste como a principal região produtora da cultura, as áreas cultivadas com sorgo

oscilam muito de uma safra para outra, por competir com o milho em cultivos de segunda safra, desta forma a cotação do milho influencia na escolha da cultura a ser implantada, pois apesar dos benefícios desta cultura, o sorgo ainda é menos lucrativo que o milho de segunda safra (ANDRADE NETO et al., 2010).

A cultura do sorgo tem melhor produtividade na safra de verão, mas é na safrinha que apresenta melhor competitividade. Porém nas condições da safrinha, o sorgo tem potencial de produção limitado, além do alto risco de perder a safra, principalmente por fatores climáticos. Por isso o produtor faz pouco investimento na cultura, como consequência baixa produtividade e baixo lucro. A safrinha proporciona benefícios na rotação de culturas: aumento de palhada, controle de pragas e doenças da safra de verão, além que a sucessão de cultivos contribui para manter equilíbrio de nutrientes do solo e aumentar a fertilidade (SILVA et al., 2010).

O sorgo granífero é cultivado em áreas sujeitas a seca e/ou altas temperaturas, onde outros cereais não se adaptam e não é viável economicamente. Essa cultura responde de forma positiva ao uso de tecnologia mesmo sendo uma planta rústica. Desta forma, os rendimentos abaixo da média encontrados em regiões produtoras no Brasil podem ser justificados ao pouco conhecimento das respostas fisiológicas das cultivares aos fatores ambientais, manejo, distribuição irregular da chuva em algumas regiões e baixa utilização de fertilizantes e corretivos (MENEZES, 2015).

No território brasileiro o sorgo chegou junto com os escravos africanos e as variedades sacarinas chegaram mais tarde na década de 1980 vinda dos Estados Unidos (DURÃES, 2011). Segundo relatos a Embrapa Milho e Sorgo sobre influência dos projetos de bioetanol promoveu a cultura do sorgo em 1970, que trouxe coleções de cultivares da África e dos EUA como a Santa Eliza, Lavrense, Atlas e Sart. Essas cultivares foram cultivadas pelos agricultores brasileiros, enquanto que os híbridos granífero como o “sorgo anão” migraram primeiro pelo Rio Grande do Sul e só depois difundiram no território nacional. Os híbridos simples, de genótipos de boa adaptação e estabilidade de produção, foram cultivados em várias regiões do Brasil (KLING, 2010; DURÃES, 2011).

O progresso do sorgo ainda possui algumas limitações no mercado que precisa ser superada para alcançar padrões de culturas modernas. O sorgo ainda compete com o milho como uma fonte alimentar alternativa, enfrenta resistência no mercado com um preço médio à baixo do milho, principalmente quando destinado para a produção animal no Brasil, onde o seu uso está destinado basicamente a confecção de rações animais (SINDIRAÇÕES, 2013), uma vez que substituição do milho pelo sorgo não acarreta prejuízos nutricionais (GARCIA et al., 2005; GLOBESSO et al., 2008) e o sorgo no Brasil é cotado a 80% do preço do milho (CONAB, 2013).

Ainda existem muitos tabus a respeito ao menor valor nutritivo do sorgo se comparados ao milho. Porém o custo de produção da carne, leite e ovos são reduzidos e interferem no preço final de produção e tem uma melhor estabilidade de oferta. Contudo, a produtividade, carece de transferência de informações tecnológicas entre a cadeia produtiva para explorar o seu potencial agrícola nas regiões de melhor adaptação, conforme (MAY et al., 2012). As regiões no Brasil com melhor aptidão para o plantio do sorgo variam dentro de cada estado, conforme foi indicado por LANDAU e SCHAFFERT (2012), onde a maior parte do Estado de São Paulo, o noroeste do Paraná e o sudeste do Mato Grosso do Sul são as localidades mais promissoras para o cultivo, pois se localizam nas coordenadas de latitude 10 a 30° Sul e longitude 40 a 60° Oeste, com clima subtropical úmido ao Sul e tropical semi-árido do Sudeste ao Centro-Oeste.

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

No Brasil a principal fonte de fertilizante nitrogenado usada na agricultura é a ureia, contendo cerca de 45% de nitrogênio (N). Por apresentar alta concentração de N a um menor custo com transporte e aplicação, possui também outras características desejáveis para a agricultura como alta solubilidade em água, baixa corrosividade e facilidade de se misturar com outras fontes (ESPINDULA et al., 2013).

O N é constituído de proteínas, ácidos nucleicos e demais componentes celulares, como também de membranas e de vários hormônios vegetais. O N encontrado no solo é parte constituinte da matéria orgânica (MO), para que essa MO esteja disponível a planta, é necessário que a MO passe pelo processo de mineralização, do qual resultará a liberação do N inorgânico (CANTARELLA, 2007).

O sorgo apresenta grande eficiência no uso da água e alta responsividade à aplicação de fertilizantes, principalmente os nitrogenados. Na cultura do sorgo, o acúmulo de nitrogênio ocorre quase linearmente até a maturação dos grãos, sendo o nutriente mais limitante da produtividade.

Nutrientes como N é bastante requerido na maioria das plantas e influenciam diretamente na produtividade, a planta responde intensamente a incrementos no suprimento de água e a adubação alcançando ou superando as produções de massa seca e de grãos normalmente obtidas pelas culturas (COELHO, 2011).

Contudo, o retorno da cultura a adubação as doses crescentes de nitrogênio depende de vários fatores que interferem na disponibilidade desse elemento para a planta. Dentre os fatores se destaca os edafoclimáticas como textura de solo, disponibilidade de chuvas e os fatores genéticos da cultivar, os quais determinam a capacidade de resposta à adubação (SILVA e LOVATO, 2008).

Para que o desenvolvimento da cultura do sorgo tenha altas produtividades, a lavoura necessita de adubação de forma adequada, de forma que possa garantir a disponibilidade de nutrientes em períodos de desenvolvimento da planta de maior demanda nutricional (ASCARI, 2015). A adubação nitrogenada proporciona aumentos na produtividade, no peso, no diâmetro e no comprimento da panícula de sorgo (PINTO et al., 2011). Conforme SORATTO et al. (2007) que ao verificar a adubação nitrogenada em cobertura no painço (*Panicum miliaceum* L.), as doses de N promoveram aumento no comprimento da panícula e produtividade de grãos da cultura, independentemente da época de aplicação. Assim a adubação nitrogenada possui efeitos consideráveis quanto à produção, concentração de compostos nitrogenados e outros indicadores do valor nutritivo e qualidade do sorgo (MACEDO et al., 2012).

Normalmente os produtores no período da safrinha, não realizam adubação nitrogenada no sorgo, por ser uma cultura vista para produção de grãos e palhada, pouco exigente em adubação, utilizando os resíduos proveniente da adubação realizadas nas culturas de verão, como milho e soja, o que tem levado a baixos níveis de produtividade (GOES et al., 2011).

Na literatura há poucos trabalhos para recomendações de adubação no sorgo principalmente o nitrogênio (N) que é o nutriente mais exigido e limitante da cultura, sendo que seu acúmulo ocorre linearmente até a maturação (LIMA et al., 2013).

Alguns autores acreditam que o aumento de produtividade do sorgo está ligado aos efeitos das doses de nitrogênio, pesquisas mostram nas diversas regiões do mundo resultados distintos em funções das doses e parcelamentos dos nutrientes (KAGNE et al., 2008; REGO et al., 2013).

2.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE SORGO

Na literatura a cultura do sorgo é dividido por alguns autores em três estádios fenológicos e por outros autores conforme manual da embrapa em 9 estádios dividindo em fase vegetativa e reprodutiva, conforme está descrito a seguir: A cultura do sorgo tem suas fenologias divididas em três fases. A fase de crescimento da cultura vai do plantio à iniciação da formação da panícula, denominada estágio de crescimento 1 (EC1), o estágio de crescimento 2 (EC2), que compreende o período de iniciação da formação da panícula até o florescimento da cultura e, o estágio de crescimento 3 (EC3) correspondente ao período de floração até a maturidade fisiológica da cultura (MAGALHÃES et al., 2009). O período de duração de cada fase de desenvolvimento da cultura varia de cultivar para cultivar e de acordo com as condições climáticas (TANAKA, 2010).

Tabela 1. Descrição dos estádios fenológicos da cultura do sorgo.

Estádios	Descrição
	---- Fase Vegetativa ----
Estádio 0 (Emergência)	Compreende o período da sementeira ao surgimento do coleóptilo na superfície do solo, que ocorre, geralmente, dentro de 4 a 10 dias, dependendo das condições ambientais.
Estádio 1 (Visível a lígula da 3 ^a folha)	Ocorre, em condições normais, com cerca de 10 dias após a emergência.
Estádio 2 (Visível a lígula da 5 ^a folha)	Ocorre com três semanas após a emergência.
Estádio 3 (Diferenciação do Ponto de Crescimento)	Ocorre cerca de 30 dias após a emergência e representa a mudança do ponto de crescimento de vegetativo para reprodutivo com alongamento rápido do colmo, quando aproximadamente 7 a 10 folhas estão completamente desenvolvidas.
Estádio 4 (Visível a última folha)	Ocorre o rápido alongamento do colmo. Todas as folhas estão completamente desenvolvidas, com exceção das últimas 3 ou 4.
---- Fase Reprodutiva ----	
Estádio 5 (Emborrachamento)	Todas as folhas estão completamente desenvolvidas, resultando a máxima área foliar. A panícula alcança seu comprimento máximo, dentro da bainha da folha bandeira.
Estádio 6 (50% de floração)	O período da emergência a 50% de floração (cerca de 60 dias) é de aproximadamente 2/3 do período da emergência à maturação fisiológica.
Estádio 7 (Leitoso)	Cerca de 50% da matéria seca dos grãos já foram acumulados (cerca de 70 dias após a emergência), e o peso do colmo diminui.
Estádio 8 (Pastoso)	Cerca de ¾ de matéria seca dos grãos já foram acumulados
Estádio 9 (Maturação Fisiológica)	(cerca de 85 dias após a emergência). Os grãos estão com 22 a 23% de umidade (cerca de 95 dias após a emergência).

Fonte: Adaptação (RODRIGO et al., 2015).

3 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos da cultura do sorgo sobre as características morfológicas e componentes de produção.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido nas safrinhas do ano de 2017 e 2018 conforme zoneamento agrícola na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, localizada no município de Ipameri-GO, cujas coordenadas geográficas da safra 2017 (17°42'40" S; 48° 08'13" W) e na safra 2018 (17°43'04" S; 48° 07'55" W), com altitude média de 759 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014), é definindo como clima tropical (Aw) constando estação seca no inverno.

O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013). As características químicas e físicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por RIBEIRO et al. (1999), e apresentaram os seguintes valores dos atributos químicos, na camada 0,0-0,20 para a safrinha do ano de 2017: 9,3 mg dm⁻³ de P (Melich); 17,1g dm⁻³ de M.O.; 6,20 de pH (CaCl₂); 0,26 K; 2,40 Ca; 0,90 Mg e 1,70 H+Al cmolc dm⁻³, respectivamente, 67,7% de saturação por bases. A análise granulométrica do solo foi: 475, 75 e 450 g de argila, silte e areia, respectivamente. Já para a safrinha do ano de 2018 os atributos químicos, na camada 0,0-0,20 foram: 8,1 mg dm⁻³ de P (Melich); 21,0 g dm⁻³ de M.O.; 6,3 de pH (CaCl₂); 0,13 K; 3,4 Ca; 0,8 Mg e 1,4 H+Al cmolc dm⁻³, respectivamente, 75,9 % de saturação por bases. A análise granulométrica do solo foi: 320, 80 e 600 g de argila, silte e areia, respectivamente.

4.2. Cultivar utilizada

A cultivar utilizada foi a Atlântica MR 43, desenvolvida pela empresa Atlântica Sementes, um híbrido simples de ciclo precoce, com altura entre 0,90 a 1,20 metros. A cultivar possui boa tolerância as principais doenças que atacam a cultura do sorgo, alta produtividade com elevada produção de sementes e panícula aberta (ATLÂNTICA SEMENTES, 2017).

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2 x 5 x 5, com quatro repetições. Sendo duas safrinhas (ano 2017 e 2018), cinco estádios fenológico para aplicação do nitrogênio (estádio E1 (10 dias após a semeadura); estágio E3 (30 dia após a semeadura); estágio E4 (Visível folha bandeira), estágio E5 (Emborrachamento) e estágio E6 (50% de floração) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150

e 200 kg ha⁻¹). O nitrogênio foi aplicado via solo manualmente utilizando como fonte a ureia (45%).

Cada parcela foi constituída de seis linhas de cinco metros de comprimento e com espaçamento de 0,45 entre linhas, perfazendo uma área total de 11,25 m². A área útil constituída pelas plantas as quais constituem as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros em ambas as extremidades de cada linha.

4.4. Condução do Experimento

O sistema de plantio utilizado foi o sistema de plantio direto, sobre palhada de milho (*Zea mays* L.). Antes da semeadura foi realizada a dessecação das plantas invasoras. Para realização da semeadura foi utilizado semeadoras-adubadora tratorizadas com sete linhas. Para a safrinha de 2017 a semeadura foi realizada no dia 04/03/2017 e na safrinha de 2018 a semeadura foi realizada no dia 12/03/2018. A aplicação do nitrogênio foi realizada de acordo com o estágio fenológico da cultura do sorgo, conforme RODRIGO et al. (2015).

Os demais tratos culturais fitossanitários necessários durante a condução dos experimentos foram aplicados de forma mecanizada, utilizando-se pulverizador tratorizado. Foram realizadas adubações de plantio de acordo com a análises de solo e segundo as recomendações para a cultura do sorgo para as duas safrinhas foram utilizados 200 kg do formulado 10-25-15 + 0,3 Zn (N-P₂O₅-K₂O).

Foram realizadas coletas diárias dos dados climáticos de temperatura máxima e mínima em Graus Celsius (°C) e a precipitação em milímetros (mm) durante a condução dos projetos.

4.5. Variáveis Analisadas

Após o estabelecimento e desenvolvimento da cultura foram realizadas as seguintes avaliações: teor de nitrogênio foliar, índice relativo de clorofila, componentes de produção e produtividade.

4.5.1. Teor de nitrogênio foliar (TNF, em g kg⁻¹): foram coletadas cinco folhas de cada parcela, sendo a 4^a folha do ápice para base com pecíolo de cada planta no estágio E6 (50% de floração) (RIBEIRO et al., 1999). As mesmas foram colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de 65°C, por cerca de 48 horas. Depois de seco, o material foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de malhas com abertura de 1mm e acondicionado em saquinhos de papel para análises. Para determinação do teor de nitrogênio foliar foi realizado, seguindo-se os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).

4.5.2. Índice relativo de clorofila (IRC em Spad): foram realizadas a leitura indireta do teor de clorofila das folhas de sorgo, utilizando-se o índice SPAD, obtido com clorofilômetro portátil clorofiLOG CFL1030. As folhas analisadas localizam-se no terço médio da planta, sendo amostradas ao acaso cinco plantas por parcela, obtendo-se a média por parcela.

Para os componentes de produção foram analisadas as seguintes variáveis: quando as plantas estavam no estágio fenológico de grãos farináceos. Foram selecionadas aleatoriamente dez plantas da área útil, destinadas as avaliações:

4.5.3. Altura de plantas (AP em m): altura de plantas foram medidas em metro da base até inserção da panícula de forma individual e aleatória, resultando na altura média por parcela;

4.5.4. Diâmetro do caule (DC em mm): medida foi realizada a 3 cm do solo utilizando-se paquímetro digital e o valor expresso em milímetros;

4.5.5. Altura da inserção da panícula (AIP em m): foram medidas da inserção da panícula até o fim da panícula de forma individual e aleatória, resultando na altura média por parcela;

4.5.6. Massa de 100 grãos (M100 em g): contagem dos 100 grãos após a colheita, determinando-se a umidade dos grãos e corrigindo-a para 13%.

4.5.7. Massa da Panícula (MP em kg): foi determinado massa da panícula, pensando na balança de precisão e os valores expresso em kg.

4.5.8. Comprimento da Panícula (CP em cm): medida realizada utilizando-se uma régua graduada, e o valor expresso em centímetros;

4.5.9. Produtividade (PROD em kg): realizada pela colheita das duas linhas centrais e trilha das plantas, determinando-se a umidade dos grãos e corrigindo-a para 13%, sendo o resultado expresso em kg ha^{-1} .

4.6 Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos a análise de variância conjunta e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para ano de cultivo e épocas de aplicação e, para as doses de N foram realizadas análise de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o software R, versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Figura 1, a distribuição de chuvas no período de condução do experimento nas duas safrinhas se fez de forma desuniforme, com maior precipitação nos primeiros dez dias de abril de 2017 (46,60 mm), seguida de 21,45 mm nos últimos dez dias do mês de maio de 2017. Em 2018 as maiores precipitações ocorreram no final de fevereiro, meados de março e início de maio, com 25,51; 53,73 e 28,80 mm, respectivamente (Figura 1). A temperatura média diária foi de 23°C durante o período de experimento em 2017 e 2018 (Figura 1).

Pode-se observar a diminuição gradativa da precipitação, ao longo dos meses. No início do mês de fevereiro, constata-se o início do período de seca, característico da região Centro-Oeste. Isto ocasionou a diminuição da disponibilidade de água no perfil do solo, o que limitou o desenvolvimento das plantas de sorgo. A colheita foi realizada sem a presença de chuvas, no mês de Julho, o que evitou possíveis perdas no campo (Figura 1).

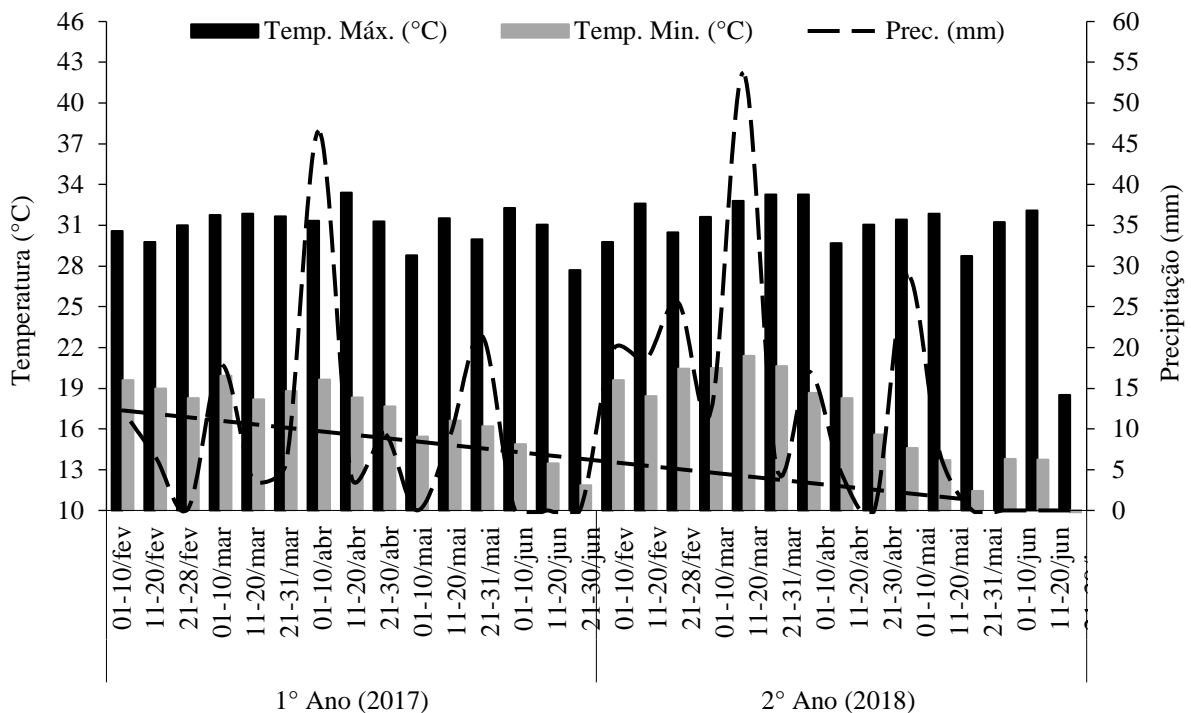


Figura 1. Valores de temperatura máxima e mínima e precipitação na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri no período das safrinhas de 2017 e 2018. Ipameri-GO, 2018.

Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise conjunta para teor de nitrogênio foliar, índice relativo de clorofila, diâmetro do caule, altura de plantas e comprimento de panícula. Pode-se observar que os dados foram significativos para um ou mais fatores estudados. Sendo posteriormente discutido para cada variável o efeito dos tratamentos e interação que apresentem significância.

Tabela 1. Análise conjunta para teor de nitrogênio foliar (TNF), índice relativo de clorofila (IRC), diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e comprimento da panícula (CP) de plantas de sorgo em função de doses de nitrogênio aplicadas em diferentes estádios fenológicos nas safrinhas de 2017 e 2018. Ipameri-GO.

Fatores	TNF	IRC	DC	AP	CP
Safrinhas	g kg ⁻¹ MS	spad	mm	m	cm
2017	33,37 a	55,49 a	16,77 a	1,38 b	0,26 b
2018	35,48 a	49,44 b	17,06 a	1,40 a	0,29 a
Valor F	3,10 ^{ns}	208,29*	1,15 ^{ns}	6,64*	51,35*
Estádios					
E1	34,12 a	52,44 a	17,00 a	1,38 a	0,27 a
E3	34,18 a	52,14 a	17,25 a	1,39 a	0,27 a
E4	35,03 a	53,16 a	17,24 a	1,39 a	0,28 a
E5	35,60 a	51,87 a	16,48 a	1,40 a	0,28 a
E6	33,21 a	51,73 a	16,62 a	1,39 a	0,28 a
Valor F	0,46 ^{ns}	2,07 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Doses (kg ha ⁻¹)					
0	--- ⁽¹⁾	52,28	16,74	1,40	0,28
50	---	51,93	16,70	1,40	0,27
100	---	52,73	16,86	1,39	0,27
150	---	53,64	16,94	1,38	0,28
200	---	51,76	17,36	1,38	0,27
Valor F	3,49*	2,59 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV (%)	24,59	5,60	11,35	3,42	11,01

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo; ⁽¹⁾ Regressão significativa para o efeito de doses.

O teor de nitrogênio das folhas não apresentou diferença estatística quanto aos anos de cultivo e estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio (N). O teor de nitrogênio observado ficou entre 33,21 e 35,60 g kg⁻¹ MS (Tabela 1). Teores estes capazes de suprir as necessidades da cultura, uma vez que autores como BABIKER et al. (1999), sugerem como ideal, o teor foliar de N da ordem de 25,00 g kg⁻¹ MS. Apenas o fator doses de nitrogênio apresentou resultados significativos onde os dados se ajustaram a uma regressão linear crescente (Figura 2).

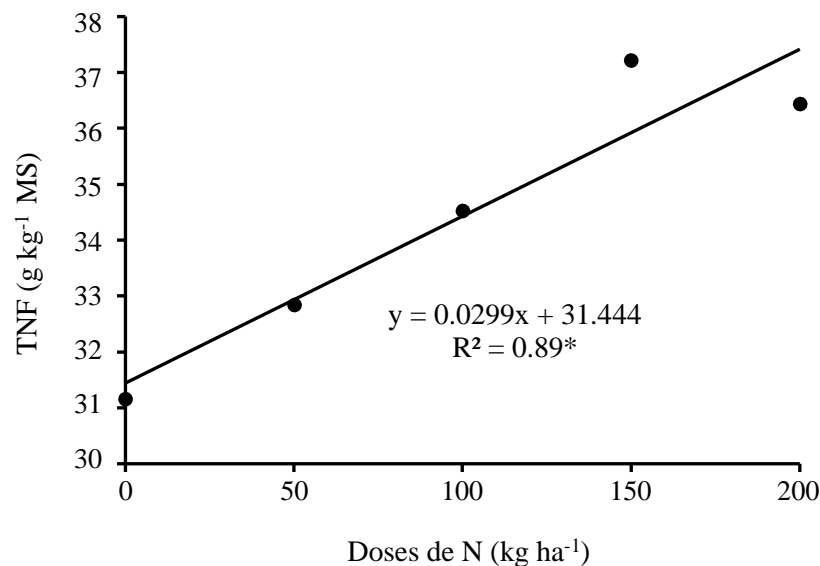


Figura 2. Teor de nitrogênio foliar (TNF) em função de doses de nitrogênio. Ipameri-GO, 2018

**= significativo a 1% de probabilidade.

O resultado linear pode ser explicado por ROSOLEM et al. (1995) que demonstraram que a cultura do sorgo granífero tem potencial de acumular nitrogênio em todo o ciclo. Porém esse resultado é variável e está relacionado ao material genético utilizado, ao teor de matéria orgânica do solo e a disponibilidade hídrica.

O índice relativo de clorofila apresentou diferença estatística significativa para a análise conjunta, apenas para o fator ano de cultivo, onde as plantas cultivadas no primeiro ano apresentaram maior índice relativo de clorofila (55,49 Spad) quando comparadas as plantas cultivadas no segundo (49,44 Spad) as quais apresentaram menor índice relativo de clorofila (Tabela 1). Os fatores estádios de aplicação e doses de nitrogênio não apresentaram influência significativa estatisticamente sobre a variável (Tabela 1).

O índice de clorofila nas folhas medido por meio do sensor SPAD possui alta correlação com o teor de nitrogênio na folha, sendo assim fundamental para diagnosticar a necessidade do nutriente (COELHO, 2010) apesar de não ter ocorrido diferença significativa para o teor de clorofila para estádios de aplicação e para as doses de nitrogênio (Tabela 1). Observa-se que o fator ano de cultivo apresentou interferência no índice relativo de clorofila e, portanto, a safrinha 2017 apresentou melhor resultado. Todos os valores encontrados para o índice de clorofila podem ser considerados elevados, em comparação com os resultados encontrados por ZANDONADI et al. (2016), o qual utilizou diferentes híbridos e avaliou em diferentes estádios e épocas de semeadura obtendo índices SPAD entre 38,75 e 54,34, e semelhante aos encontrados por SANTANA et al. (2017), que obtiveram teores de clorofila variando de 46,3

a
56,0 SPAD.

Os resultados dentro dos padrões para o índice relativo de clorofila, além da adubação nitrogenada, podem estar associados as condições de temperaturas. Sendo que a temperatura média durante a condução do experimento nas safrinhas de 2017 e 2018, foi de 23 °C (Figura 1), considerada dentro da faixa aceita para o desenvolvimento da cultura, que conforme a EMBRAPA (2012) e BUSO et al. (2011), requer temperaturas superiores a 20°C para um bom crescimento e desenvolvimento. De acordo com PAUL (1990) temperaturas inferiores a 10°C, causam redução da área foliar, do enraizamento, o que está diretamente ligado a redução da síntese de clorofila e, conseqüentemente, a uma redução da fotossíntese.

O diâmetro do caule não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores avaliados, ano de cultivo, estádios de aplicação e doses de nitrogênio. Nota-se que apesar da ausência de diferença estatística, as plantas cultivadas na safrinha 2018 apresentaram maior diâmetro do caule (17,06 mm) em relação as cultivadas na safrinha de 2017 (16,77 mm). FERNANDES et al. (1991) obtiveram resultados que contradizem os observados neste trabalho em estudo com sorgo em solução nutritiva de nitrogênio, verificaram resposta da cultura ao incremento da concentração de nitrogênio na solução e que a aplicação de 120 mg N por L⁻¹ proporcionou maior diâmetro do colmo à cultivar EA 116, onde as plantas que receberam aplicação de nitrogênio no início do desenvolvimento vegetativo nos estádios (E1, E3 e E4) apresentaram maior incremento no diâmetro do caule do que as que receberam adubação no momento mais tardio. Pode-se observar no presente trabalho em relação as doses de nitrogênio que as plantas apresentaram maior altura com a dose de 200 kg ha⁻¹ do que as demais doses (Tabela 1). Tais eventos corroboram com GOES et al. (2011), que obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo com doses de 0 a 80 kg ha⁻¹ de N. E PEREIRA et al. (2014) que ao testar diferentes doses de N e P em sorgo granífero também não verificaram efeito significativo pelo teste F e nenhum modelo de regressão se ajustou a altura de planta e diâmetro do colmo.

Para a altura de plantas verificou-se que houve diferença estatística significativa apenas para o ano de cultivo, sendo que as plantas cultivadas na safrinha 2018 apresentaram maior altura do que as plantas que foram cultivadas na safrinha 2017, esse resultado pode ter sido por ter tido uma maior precipitação no ano de 2018, e um melhor desenvolvimento das plantas e as alturas encontradas foram de 1,38 m e 1,40 m, para 2017 e 2018, respectivamente (Tabela 1). Uma das características importantes na escolha de cultivares de sorgo granífero é o porte das plantas, sendo que cultivares que apresentam menor altura de plantas, associada a maior resistência de colmo, apresentam menor suscetibilidade ao acamamento ou quebra das plantas (SILVA et al., 2009).

O resultado da maior média de altura de plantas na safrinha 2018 pode ter sido influenciada pela maior disponibilidade hídrica ocorrida durante a safrinha de 2018, precipitações estas que se concentraram durante o período inicial de desenvolvimento da cultura (Figura 1). Período este considerado essencial para o desenvolvimento da cultura, conforme ressalta CRUZ et al. (2009) que até os 40 dias após emergência, o crescimento em plantas de sorgo é mais vigoroso, sendo que nos estádios iniciais a planta entra no chamado período de crescimento rápido, acumulando biomassa. E ainda SILVA et al. (2009), ressaltam que a maior média de altura das plantas está atribuída à maior disponibilidade de chuvas, durante o desenvolvimento do sorgo e pela aplicação de N que aumentou a taxa metabólica refletindo no incremento da altura, pois o nitrogênio é um componente estrutural de aminoácidos como a cisteína e a metionina, além disso, participa na atividade de coenzimas que atuam no metabolismo das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009; MALAVOLTA, 2006), e atua ainda no crescimento vegetativo, influenciando diretamente a divisão e a expansão celular e o processo fotossintético, promovendo acréscimo em altura de planta (SILVA et al., 2005; FORNASIERI FILHO, 2007).

O comprimento da panícula foi influenciado apenas para o ano de cultivo, sendo que as plantas cultivadas na safrinha 2018 apresentaram maior comprimento da panícula (0,29 cm), quando comparadas as plantas cultivadas na safrinha 2017 que apresentaram menor comprimento da panícula (0,26 cm). Nota-se que os estádios de aplicação do nitrogênio e doses de nitrogênio não apresentaram diferenças estatísticas significativas, e os comprimentos das panículas ficaram entre 0,27 cm e 0,28 cm (Tabela 1). Os resultados encontrados no presente trabalho são superiores aos encontrados por CRUSCIOL et al. (2011), encontraram 19,9 e 21,6 para os híbridos P8118 e P8419, respectivamente. E contradiz os resultados observados por PINTO et al. (2011) em que o comprimento da panícula apresentou diferença estatística quando aplicado o teste de Tukey, tanto para adubação convencional quanto com fertirrigados para os tratamentos com 60 e 120 kg ha⁻¹ de N em relação a testemunha.

SORATTO et al. (2007) verificaram que o comprimento da panícula apresentou crescimento linear com as doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹), no entanto, no presente experimento não houve diferença significativa para as doses aplicadas.

A variável comprimento da panícula não sofreu influência negativa da temperatura (Figura 1). Sendo que durante o início do estágio reprodutivo (início da formação da panícula) a temperatura média ficou entre 22°C e 23°C (Figura 1), não apresentando baixas temperaturas (<16°C), as quais afetam o desenvolvimento da panícula, chegando a comprometer a esterilidade das espiguetas, por afetar a meiose causando a esterilidade dos grãos de pólen (SANS, 2009). Já a disponibilidade hídrica durante a safrinha de 2018, pode ser considerada

um fator que influenciou no maior comprimento da panícula para tal ano, sendo que na safra de 2018 houve um acréscimo na precipitação no período reprodutivo da cultura (a partir do mês de maio), em relação ao mesmo período na safrinha de 2017, sendo que, durante a safrinha de 2017 a precipitação total durante a condução do experimento foi de 271,8mm (Figura 1), quantidade esta considerada muito abaixo do mínimo recomendado para o desenvolvimento da cultura, conforme SANS et al. (2003) que é de 380 mm.

Ao avaliar a massa de cem grãos pode-se observar efeito significativo apenas para o ano de cultivo, sendo que para a safrinha de 2017 os grãos apresentaram maior peso (5,57 g), enquanto que para a safrinha de 2018 foi de 3,54 g (Tabela 2). Os estádios de aplicação e as doses de nitrogênio não apresentaram influência significativa estatisticamente sobre peso da massa de cem grãos (Tabela 2). No entanto, os resultados de M100 podem se considerar satisfatórios quando verificado aos resultados de GOES et al. (2011), que obtiveram em seu trabalho com a aplicação de uréia em diferentes doses, valores entre 1,87 e 2,63 g, verificando aumento gradativo correlacionado com as maiores doses. MOUSAVI et al. (2012) observaram que aplicação de até 150 kg ha⁻¹ de N aumentam o rendimento e o número de grãos na cultura do sorgo.

Constatou-se que as massas de cem grãos diminuíram linearmente à medida que os plantios foram mais tardios. Tal efeito pode ser atribuído ao menor tempo para a formação do grão e à menor disponibilidade hídrica no solo na fase de enchimento de grãos, nos plantios tardios (MATEUS et al., 2004). Tal efeito pode estar atrelado a baixa massa de cem grãos na safrinha de 2018, apesar do maior volume de precipitações (Figura 1) teve um menor valor na massa de grãos. Uma vez que não houve ocorrência de temperaturas baixas para afetar a produção e nem temperaturas altas as quais podem afetar a antese, causando o aborto de flores e embriões (SANS, 2009).

Para a massa da panícula apenas o ano de cultivo apresentou diferença estatística significativo, onde pode-se observar que para a safrinha 2017 a massa da panícula foi maior (86,26 g) enquanto que para a safrinha 2018 as panículas apresentaram 81,77 g (Tabela 2). Para os demais fatores (estádios de aplicação e doses de nitrogênio) não houve diferença significativa (Tabela 2). Diferente dos resultados encontrados por PINTO et al. (2011), que apresentaram a dose ideal de 72,76 kg ha⁻¹ de N onde a massa da panícula foi de 55,28 g, constatando incremento de 64,19%.

Quanto à altura de inserção da panícula (Tabela 2), não houve diferença estatística entre anos de cultivo, estádios e doses de nitrogênio. Os resultados encontrados são próximo aos encontrados por MATEUS et al. (2011), onde foram avaliadas diferentes doses e parcelamentos de N em sistemas consorciados ou não e obtiveram valor máximo de 1,08 m para a variável

altura da inserção da panícula. Apesar do sorgo ser responsivo a aplicação de fertilizantes, principalmente ao N, acumulando-o quase linearmente até a sua maturação e sendo o nutriente que mais limita sua produtividade, esse fato pode ser explicado pela resposta da cultura a doses crescentes de N que pode ser influenciada por fatores edafoclimáticos, como textura do solo, disponibilidade de chuva e fatores genéticos da cultivar (SILVA e LOVATO, 2008).

Tabela 2. Massa de 100 grãos (M100), massa da panícula (MP), altura da inserção da panícula (AIP) e Produtividade (PROD) de plantas de sorgo em função de doses de nitrogênio aplicadas em diferentes estádios fenológicos nas safrinhas de 2017 e 2018. Ipameri-GO, 2017.2018.

Fatores	M100	MP	AIP	PROD
Safrinhas	g	g	cm	kg ha ⁻¹
2017	5,57 a	86,26 a	1,14 a	3258 a
2018	3,54 b	81,77 b	1,14 a	3020 b
Valor F	252,68**	5,02**	0,0008 ^{ns}	16,41**
Estádios				
V1	4,49 a	81,60 a	1,13 a	3219 a
V3	4,60 a	82,87 a	1,15 a	3056 a
V4	4,64 a	84,70 a	1,12 a	3203 a
V5	4,49 a	86,30 a	1,15 a	3177 a
V6	4,55 a	84,60 a	1,15 a	3137 a
Valor F	0,21 ^{ns}	0,65 ^{ns}	2,75 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Doses (kg ha ⁻¹)				
0	4,49	87,54	1,14	--- ⁽¹⁾
50	4,59	83,51	1,13	---
100	4,73	84,48	1,15	---
150	4,56	83,69	1,14	---
200	4,41	80,85	1,12	---
Valor F	0,68 ^{ns}	1,14 ^{ns}	2,18 ^{ns}	2,37*
CV (%)	19,83	16,88	4,48	13,05

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo; ⁽¹⁾ Regressão significativa para o efeito de doses.

A produtividade da cultura do sorgo foi influenciada pelo ano de cultivo, onde as plantas cultivadas na safrinha 2017 apresentaram maior produtividade (3258 kg ha⁻¹) em relação as cultivadas na safrinha de 2018 (3020 kg ha⁻¹) (Tabela 2). Os estádios de aplicação não influenciaram estatisticamente na produtividade da cultura. Entretanto as doses de nitrogênio apresentaram interação significativa para a safrinha 2017, com os dados ajustando-se a uma regressão quadrática com ponto de máximo em 157,05 kg ha⁻¹ de N (Figura 3), não ocorrendo o mesmo para a safrinha 2018. Esses resultados corroboram com os modelos obtidos por BASTOS et al. (2008) para milho em diferentes parcelamentos e doses de N. Esse aumento gradativo na produção com o aumento das doses foi visto por outros autores com sorgo, como

FOLONI et al. (2008) que verificaram efeito semelhante na aplicação de N nas cultivares

Volumaz, BRS 600 e BRS 800 utilizando aplicação via foliar de 15 kg ha⁻¹ e SCIVITTARO et al. (2005) que obteve esse resultado quando aplicado N em cobertura na cultivar BRS 305.

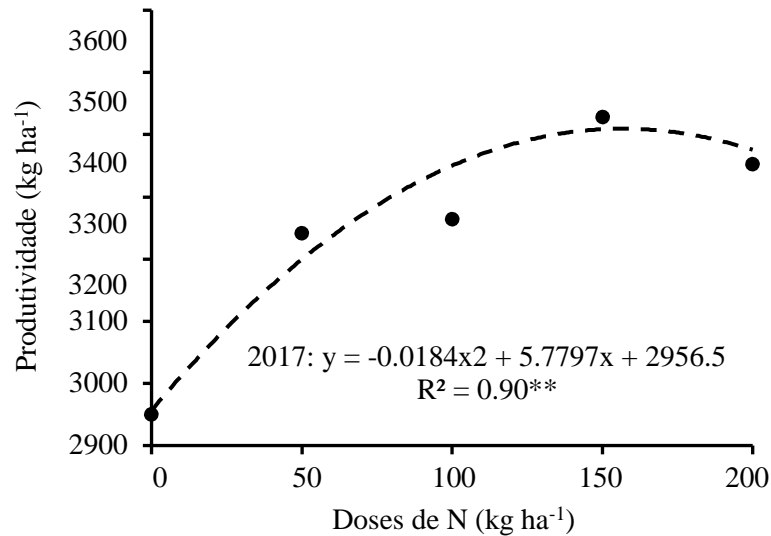


Figura 3. Produtividade em função da interação entre doses de nitrogênio e ano de cultivo na cultura do sorgo. Ipameri-GO, 2018. **= Significativo a 1% de probabilidade.

Já ALMEIDA (1999), estudando doses de nitrogênio em cobertura no milho e sorgo granífero irrigado, verificou que o rendimento de grãos das plantas de milho aumentou com o incremento na dose de nitrogênio aplicada em cobertura, porém, este comportamento não foi observado nas plantas de sorgo granífero irrigado. Trabalhos realizados com outras espécies verificaram incrementos na aplicação de nitrogênio como SCHMIDT e OSAKI (2007) em pesquisa com adubação nitrogenada em cobertura no trigo (*Triticum aestivum* L.) obtiveram produtividade máxima de 1445 kg ha⁻¹ com a dose de 250 kg de N ha⁻¹, e verificaram que aplicação nitrogenada acima dessa dosagem não proporcionou incrementos de produtividade na cultura. Já WENDLING (2005), trabalhando com milho em adubação convencional, obteve uma produtividade de 8000 kg ha para a dose de 120 kg ha⁻¹. Já SORATTO et al. (2007), em experimento com painço, concluíram que as doses de N aumentaram a produtividade de grãos, independentemente da época de aplicação, e que à dose de 120 kg ha⁻¹ proporcionou o maior aumento da produtividade de grãos.

Componentes de produção como massa de 1000 grãos e peso da panícula influenciam diretamente na produtividade da cultura, fato que pode ser observado no presente trabalho, onde a maior produtividade foi constatada na safrinha de 2017, bem como o maior peso de 1000 grão e de panícula (Tabela 2). E esses componentes são influenciados por fatores que vão desde

genéticos a edafoclimáticos. Além desses fatores o que pode ter contribuído para maior produtividade da cultura na safrinha de 2017, apesar do baixo volume pluviométrico geral durante a condução da cultura, foi a presença de chuva durante ou próximo aos dias de realização da aplicação de nitrogênio nos estádios (E1, E3, E4 e E6), o que pode ter proporcionado maior absorção e aproveitamento do nitrogênio.

6 CONCLUSÃO

O ano de cultivo da cultura do sorgo apresentou influência significativa para maioria dos parâmetros avaliados, exceto para a variável inserção de panícula.

Já para os estádios de aplicação da adubação não apresentaram influência nos parâmetros avaliados na cultura do sorgo.

Para as doses de nitrogênio houve influência na produtividade da cultura do sorgo de forma crescente com a dose limitante de $157,05 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. E. Espaçamento entre drenos de superfície e doses de nitrogênio em milho e sorgo granífero cultivados em solo de várzea. 1999. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- ANDRADE NETO, R. C. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.
- ASCARI, J. P.; SANTOS, E. S.; MENDES, I. R. N.; DIAS, L. D. E.; INOUE, M. H.; MARCO, K. Formas de adubação do sorgo granífero em semeadura tardia. **Nucleos**, v. 12, n. 1, p. 7-14, 2015.
- ATLÂNTICA SEMENTES. **MR 43**. 2016. Disponível em; <<http://www.atlanticasementes.com.br/produtos/sorgo-granifero/mr-43/>> . Acesso em 07 de Março de 2017.
- AZEREDO, M. W. C.; FONTES, L. A. N.; FILHO, J. A. Variação na composição protéica dos grãos de sorgo, em função da adubação nitrogenada e fosfatada e das épocas de plantio. *Revista Ceres, Viçosa*, v.23, n.127, p.198-208, 1976.
- BABIKER, E. A.; SALIH, A. A.; MOHAMED, B. A. Response of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to NP fertilizers and cropping sequences on irrigated vertisols of the rahad scheme. *Sudan Journal of Agricultural Research*. v. 2, p. 135-146, 1999.
- BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; MELO, F.B.; RIBEIRO, V.Q.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.2, p.275-280, 2008.
- BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 41p. 2003.
- BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S.; SILVA, L.B.; FRANÇA, A.F.S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, v.5, n. 23, p. 1143-1149, 2011.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) *Fertilidade do solo*. 2. ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.375-470
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.
- CARVALHO JÚNIOR, G. A. Avaliação da variabilidade do período de enchimento de grãos em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Anais... Búzios. Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil. Búzios: SBMP, 2011.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- COELHO, A. M. Fertilidade do solo, exigências nutricionais e adubação do sorgo sacarino. *Revista Agroenergia [Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia]*. Brasília, Ano II, edição 3, p.18-19, ago, 2011.

COELHO, A. M. Uso de Sensores no Diagnóstico da Necessidade da Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 5 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: **CONAB**, v.4, n. 1, 2013. 146p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, safra 2015/2016. Brasília: **Conab**, v. 1, n. 3, 2016. 132 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Quinto levantamento (Safra 2016/2017). Brasília: **CONAB**, v.4, n. 1, 2018. 176p.

CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P.; PARIZ, C.M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J.P.F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1234-1240, 2011.

CRUZ, S. J.S.; OLIVEIRA, S. C.; CRUZ, S. C.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Adubação fosfatada para a cultura do sorgo granífero. **Revista Caatinga**, v. 22, n.1, p. 91-97, 2009.

DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; PINHO COSTA, K. A.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.

DUARTE, J.O. Mercado e comercialização, In: Cultivo de sorgo Embrapa/Milho e Sorgo, 5° ed. 2009. (Sistema de produção 2). p.148.

DURÃES, F. O. M.. Agroenergia em revista Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em revista**. Brasília: Embrapa, 3. ed. p. 7, 2011.

EMBRAPA. Embrapa Milho e Sorgo. Cultivo do sorgo. Sistema de Produção, 2, 8 edição, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/>. Acesso em: 19/10/2017.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; CAMPANHARO, M.; PAULA, G. S. Rates of urea with or without urease inhibitor for topdressing wheat. **Chilean Journal of Agricultural Research, Chillán**, v. 73, n. 2, p. 160-167, 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat**. 2015. Disponível em:. Acesso em: 02 ago. 2018.

FOLONI, J. S. S.; SANTOS, D. H.; CRESTE, J. E.; TOZATTI, H. M. Desempenho de cultivares de sorgo e de milho submetidos à adubação nitrogenada de cobertura via pulverização foliar. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 4, n. 1, p. 38-47, 2008.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

GARCIA, R. G.; MENDES, A. A.; COSTA, C.; PAZ, I. C. L. A.; TAKAHASHI, S. E.; PELÍCIA, K. P.; KOMIYAMA, C. M.; QUINTEIRO R. R. Desempenho e qualidade da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, p. 634-643, 2005.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ARRUDA, O. G.; VILELA, R. G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, p. 121- 129, 2011.

- GOBESSO, A. A. O.; D'AURIA, E.; PREZOTTO, L. D.; RENNO, F. P. Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG. v. 37, p. 2011-2016, 2008.
- KAGNE, S.V.; BAVALGAVE, V.G.; WAGHMARE, M.S.; BODAKE, B.L. Response of fertilizers and organic manure on growth, yield and quality of sweet sorghum. **Asian Journal of Soil Science**, v.3, n.2, p.313-315, 2008.
- LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima: cultivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 4. ed. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>. Acesso em: 2 fev. 2019.
- LIMA, C.B.; SILVA, P.C.; COSTA, R.A.; MARTINS, Y.A.M.; LANA, R.M.Q. Aplicação de diferentes doses de uréia polimerizada sob o desenvolvimento vegetativo de plantas de sorgo sacarino. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p.224-232, 2013.
- MACEDO, C. H. O.; SANTOS, E. M.; SILVA, T. C.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; SILVA, A. P. G.; OLIVEIRA, J. S. Produção e composição bromatológica do sorgo (*sorghum bicolor*) cultivado sob doses de nitrogênio. **Archivos de Zootecnia**. V. 61, n. 234, p. 209-216, 2012.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia da produção do sorgo. 4. ed. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2008.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia: Cultivo do Sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 2, 5. Ed., 2009.
- MAY, A.; CAMPANHA, M.M.; ABREU, M.C.; BERTOLINO, K.M.; SILVA, A.F.; COELHO, M.; PARRELLA, A.C.; SCHAFFERT, R.E.; PEREIRA FILHO, I.A. Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench), em Sete Lagoas. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Águas de Lindóias, 2012, p.2282-2289
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MATEUS, G. P., & CRUSCIOL, C. A. C. Desenvolvimento e produtividade de grãos do sorgo de Guiné "Gigante" em função da época de plantio. **Científica**, v. 32, n. 2, p. 164-170, 2008.
- MATEUS, G.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E.; PARIZ, C.M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J.P.F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1161-1169, 2011.
- MENEZES, C. B.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. Sorgo granífero: Estenda sua safrinha com segurança. EMBRAPA, 2015 (Série Documentos - Embrapa Milho e Sorgo).
- MOUSAVI, S.G.R.; SEGHATOLESLAMI, M.J.; AREFI, R. Effect of N fertilization and plant density on yield and yield components of grain sorghum under climatic conditions of Sistan, **Iran Journal of Plant Ecophysiology**, 2, p.141-149, 2012.
- OLIVEIRA, R. P.; FRANÇA, A. F. S.; RODRIGUES FILHO, O.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.45-53, 2005.
- PAUL, C. **Agronomia del sorgo**. ICRISAT/LASIP. Mexico, 1990.

PEREIRA, R.G.; SILVA, G.F.; OLIVEIRA, F.H.Q.; DIÓGENES, T.B.A.; MEDEIROS, P.V.Q. Desempenho agrônomo de sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, p.24-36, 2014.

PINTO, O. R. O.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S. Adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero pelo método convencional e por fertirrigação. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p. 132-140, 2011.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2014.

REGO, T.J.; RAO, V.N.; SEELING, B.; PARDHASARADHI, G.; RAO, J.V.D.K. Nutrient balances a guide to improving sorghum and ground based dry land cropping systems in semi-arid tropical India. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.81, p.53-68, 2013.

RIBAS, P. M. Sorgo: Introdução e importância econômica. Brasília: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2003, 14p. (Documentos, 26).

RODRIGUES, J. A. S. Sistema de produção do sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de Produção. v. 2, 2010.

SANI, B. M.; DANMOWA, N. M.; SANI, Y. A.; JALIYA, M. M. Growth, yield and water use efficiency of maize-sorghum intercrop at Samaru, Northern Guinea Savannah, Nigeria Niger. **Journal of Basic and Applied Science**, v. 19, n. 2, p. 253-259, 2011.

SANS, L. M. A. Influência dos atributos climáticos na implantação do milho e sorgo em safrinha. In: X Seminário Nacional de Milho Safrinha, Rio Verde-GO, 2009. Disponível em: http://www.abms.org.br/eventos_antigos/milhosufrinha2009/palestras/palestra06.pdf. Acesso em: 09 de fev. 2019.

SANS, L.M.A.; DE MORAIS, A.V. de C.; GUIMARÃES, D. P. Cultivo do sorgo- Clima. Lagoas Sete, MG: **MAPA** .2003. (Comunicado técnico)

SANTANA, M.C.B.; BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; TARDIN, F.D.; MENEZES, C.B. Produtividade de grãos e parâmetros fisiológicos de sorgo granífero sob deficiência hídrica e irrigação plena. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.16, n.3, p.361-372, 2017.

SANTOS, F. G. Cultivares de sorgo. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, nov. 2003. Disponível em: <<http://www.bcnpm.embrapa.br/>>

SANTOS, F. G.; TARDIN, F. D. Cultivares. In: EMBRAPA MILHO E SORGO. Publicações, sistema de produção de sorgo. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/cultivares.htm>>. Acesso em: 27 de Maio de 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H.C.; OLIVEIRA VA; LUMBRERAS JF; COELHO MR; ALMEIDA JA; CUNHA TJF; OLIVEIRA JB. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, O. O.; FALCÃO, H.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LUSTOSA, B. M.; SANTOS, M. G. Desempenho ecofisiológico de milho, sorgo e braquiária sob déficit hídrico e reidratação. *Bragantia*, v. 73, n. 2, p. 203-212, 2011.

SCHMIDT; F. M. OSAKI, F. Parâmetros fitotécnicos de uma cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) com adubação nitrogenada em cobertura, em Colombo – PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 63-69, jan./mar. 2007.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, G. G.; FARIAS, D. G.; ANDRES, A.; CASTILHOS, R. M. V. Doses de nitrogênio e de atrazine em cultivo de sorgo em terras baixas. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 315-321, 2005.

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

SILVA, P. C. S.; LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. **Revista da FZVA**, Uruguaiiana, v. 15, n. 1, p. 15-33, 2008.

SILVA, R. N. N. O. et al. Comportamento Agronômico de Cultivares de Sorgo Granífero Avaliados em Safrinha. **Revista Trópica Ciências Agrárias e Biológicas**, São Luiz, v. 4, n. 3, p. 39-43, 2010.

SILVA, E. C.; BUZZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 353-362, 2005.

SORATTO, R. P.; CARDOSO, S. M.; SILVA, A. H.; MINGOTTI, T. A.; COSTA, T. A.; PEREIRA, M.; CARVALHO, L. A. Doses e épocas de nitrogênio em cobertura na cultura painço (*Panicum miliaceum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1661-1667, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TANAKA, A. A. Desenvolvimento de plantas de sorgo submetidas a diferentes níveis de lençol freático. Dissertação (Mestrado: Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu -SP, p. 64, 2010.

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

VANDERLIP, R. L. How a sorghum plant develops. Manhathan: Kansas States Universit. 1979, 19p.

WENDLING, A. Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. 2005. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade federal de santa Maria, Santa Maria, 2005.

ZANDONADI, C.H.S.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FREITAS, R.S. Chlorophyll index (SPAD) and macronutrients relation and productive performance of sorghum hybrids in different sowing dates. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.4, p.546-555, 2016.