

Teor de óleo e proteína nos grãos em soja cultivada em diferentes populações de plantas no cerrado

Oil and protein rates in soybean grains grown in different plant populations in the Brazilian savanna

Fredson Leal de Castro Carvalho¹, Joenes Mucci Peluzio², Celso Hackenhaar³, Domingos Bonfim Ribeiro dos Santos⁴, Isabel Iara Camelo Madeiro⁴, Vanessa Silveira Jorge¹

RESUMO: A identificação do arranjo de plantas que resulte menor competição intraespecífica permite melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento, composição e rendimento de grãos de soja. Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar o efeito de populações de plantas, em duas cultivares de soja, semeadas em dois anos agrícolas, nos teores de óleo e proteína. Foram instalados dois ensaios, sendo um no ano agrícola 2018/19, em semeadura realizada em 08/12/2018, e outro no ano 2019/20, em semeadura efetuada em 17/12/2019, na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, Palmas (TO). O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi o de blocos casualizados (DBC), com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 5, representados por dois cultivares de soja (BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR) e cinco populações de plantas (200, 250, 300, 350 e 400 mil ha⁻¹). Foram avaliados os teores de óleo (%) e proteína (%) dos grãos. Populações entre 305 e 316 mil plantas ha⁻¹, para a cultivar 8579 RSF IPRO, e próximas a 313 mil plantas ha⁻¹, para NS 8383 RR, resultaram maior conteúdo de óleo e proteína nos grãos. Temperaturas altas e menor disponibilidade hídrica favoreceram o acúmulo de óleo nos grãos. Menor disponibilidade de água na fase de enchimento de grãos proporcionou um maior teor de proteína. A cultivar NS 8383 RR apresentou o maior teor de proteína.

Palavras-chave: Composição química dos grãos. Densidade de plantas. *Glycine max*. Tocantins.

ABSTRACT: The identification of plant arrangement that results in less intraspecific competition allows better use of resources for growth, composition and yield of soybean grains. Current study identified the effect of plant populations on two soybean cultivars, sown in two agricultural years, on oil and protein contents. Two trials were conducted in the agricultural year 2018-2019, sown on 12/08/2018, and in 2019-2020, sown on 12/17/2019, on the experimental area of the Federal University of Tocantins, Palmas (TO). Experimental design comprised randomized blocks (DBC), with 10 treatments and four replications. Treatments were arranged in 2 x 5 factorial scheme: two soybean cultivars (BONUS 8579 RSF IPRO and NS 8383 RR) and five plant populations (200,000; 250,000; 300,000; 350,000 and 400,000 ha⁻¹). Oil (%) and protein (%) contents of the grains were evaluated. Populations between 305,000 and 316,000 plants ha⁻¹ for the cultivar 8579 RSF IPRO and close to 313,000 plants ha⁻¹, for NS 8383 RR, resulted in higher oil and protein contents in the grains. High temperatures and low water availability favored the accumulation of oil, whilst lower water availability in the grain-filling phase provided higher protein contents. Cultivar NS 8383 RR provided the highest protein rates.

Keywords: Chemical composition of grains. Density of plants. *Glycine max*. Tocantins.

Autor correspondente:

Fredson Leal de Castro Carvalho: fredson_tecnicoagro@hotmail.com

Recebido em: 04/03/2021

Aceito em: 01/10/2021

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PG-PV) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi (TO). Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroenergia (PPGA) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas (TO), Brasil.

² Doutor/Docente no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PG-PV) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi (TO), Brasil.

³ Doutor no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade Amazônica pela Universidade Federal do Tocantins Rede Bionorte, Palmas (TO), Brasil.

⁴ Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroenergia (PPGA) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas (TO), Brasil



INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] é uma cultura de destaque no cenário mundial de grãos, sendo o Brasil o maior produtor e exportador de soja, com área plantada de 36,8 milhões de hectares e produção de 120,4 milhões de toneladas na safra 2019/2020, a maior safra de soja da série histórica no país (CONAB, 2020).

Nos últimos anos, o Estado do Tocantins vem apresentando destaque e potencial no cultivo da cultura da soja, uma vez que apresenta condições climáticas favoráveis, baixo valor das terras, quando comparadas a outras regiões do país, e logística favorável que favorecem o investimento no setor do agronegócio (SEPLAN, 2016). Na safra 2019/2020, a produção no Estado foi de 2,9 milhões de toneladas oriundos de uma área cultivada de 1 milhão de hectares (CONAB, 2020).

A cultura da soja pode ser utilizada para diversos fins, sendo seu maior uso relacionado à produção de farelo proteico e de óleo vegetal (MELO *et al.*, 2018), esse último destinado à alimentação e produção de biodiesel, em que a soja é a principal matéria-prima utilizada para a produção de biocombustível, representando cerca de 70% do total produzido (ANP, 2020).

Os grãos de soja contêm em torno de 36-40% de proteína, 18 a 22% de óleo, 23% de açúcares, 4% de fibras, 5% de minerais e 11% de umidade, sendo a expressão desses componentes influenciada pela interação com o ambiente e práticas de manejo (BELLALOU *et al.*, 2015; FARIA *et al.*, 2018; BELLALOU *et al.*, 2020).

Dentre as práticas de manejo, a escolha do cultivar, época de semeadura, os espaçamentos e o ajuste nas populações de plantas são fatores que influenciam no rendimento da soja, nos componentes da produção (ROSSI *et al.*, 2017) e na composição química dos grãos (BELLALOU *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2018; BELLALOU *et al.*, 2020).

Bellaloui *et al.* (2020) avaliaram a influência do uso de diferentes arranjos populacionais, práticas agrícolas, fatores ambientes e genótipos em soja, nos teores de óleo e proteína, e observaram modificações na composição química dos grãos decorrentes das diferentes populações de plantas utilizadas e dos fatores climáticos ocorridos durante o plantio. Segundo Güllüoğlu *et al.* (2017), a população ótima de plantas visando máximo rendimento varia em função do manejo, genótipo e do local.

Assim, a população de plantas é uma prática que deve ser aprimorada para maior eficiência do sistema, visando permitir um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento, rendimento e qualidade dos grãos (CARMO *et al.*, 2018).

As relações entre um conjunto grande de caracteres em soja são, frequentemente, apresentadas na literatura, porém, não menos importante é entender os efeitos que os componentes de rendimento possuem sobre a produção e composição dos grãos, os quais

ampliam as informações científicas neste ramo como geram mais alternativas para o poder de decisão dos produtores quanto a cultivar e prática de manejo a ser utilizadas em sua lavoura, baseando-se pelas características intrínsecas do material (SOUZA *et al.*, 2015).

Neste sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar o efeito de populações de plantas, em duas cultivares de soja, semeadas em dois anos agrícolas, nos teores de óleo e proteína em soja cultivada sob solo de Cerrado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois ensaios, sendo um no ano agrícola 2018/19 (safra 2018/19), em semeadura realizada em 08/12/2018, e outro no ano 2019/20 (safra 2019/20), em semeadura efetuada em 17/12/2019, na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas (TO) (latitude: 10°45 sul; longitude: 47°14 oeste; e altitude: 220 m). A área onde foram realizados os ensaios encontrava-se com o cultivo de culturas anuais por mais de cinco anos.

O solo foi coletado de maneira representativa da área, na profundidade de 0-20 cm, para realização das análises físicas e químicas, cujos resultados foram: pH (H₂O) = 5,17; M.O = 16,73 g dm⁻³; P (Mehlich I) = 16,92 mg dm⁻³; K⁺ = 0,21 cmol dm⁻³; Ca⁺⁺ = 2,61 cmolc dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,33 cmolc dm⁻³; V = 56,76%, bem como a 62%, 13% e 25% de areia, silte e argila, respectivamente. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico com textura franco arenosa, classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2018).

O clima na região é classificado segundo Köppen-Geiger como AW tropical úmido, apresentando duas estações bem definidas como verão quente e úmido e inverno ameno e seco, o que contribui para as altas temperaturas na região. Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica, registrados no ano agrícola 2018/19 e 2019/20, obtidos no período de realização dos ensaios, encontram-se na Figura 1 (INMET, 2020).

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi o de blocos casualizados com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 2 x 5, representados por duas cultivares de soja (BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR) e cinco populações de plantas (200, 250, 300, 350 e 400 mil ha⁻¹). A parcela experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento com 0,45 m de largura, sendo a área útil representada pelas duas fileiras centrais após remoção de 0,50 m da extremidade de cada uma.

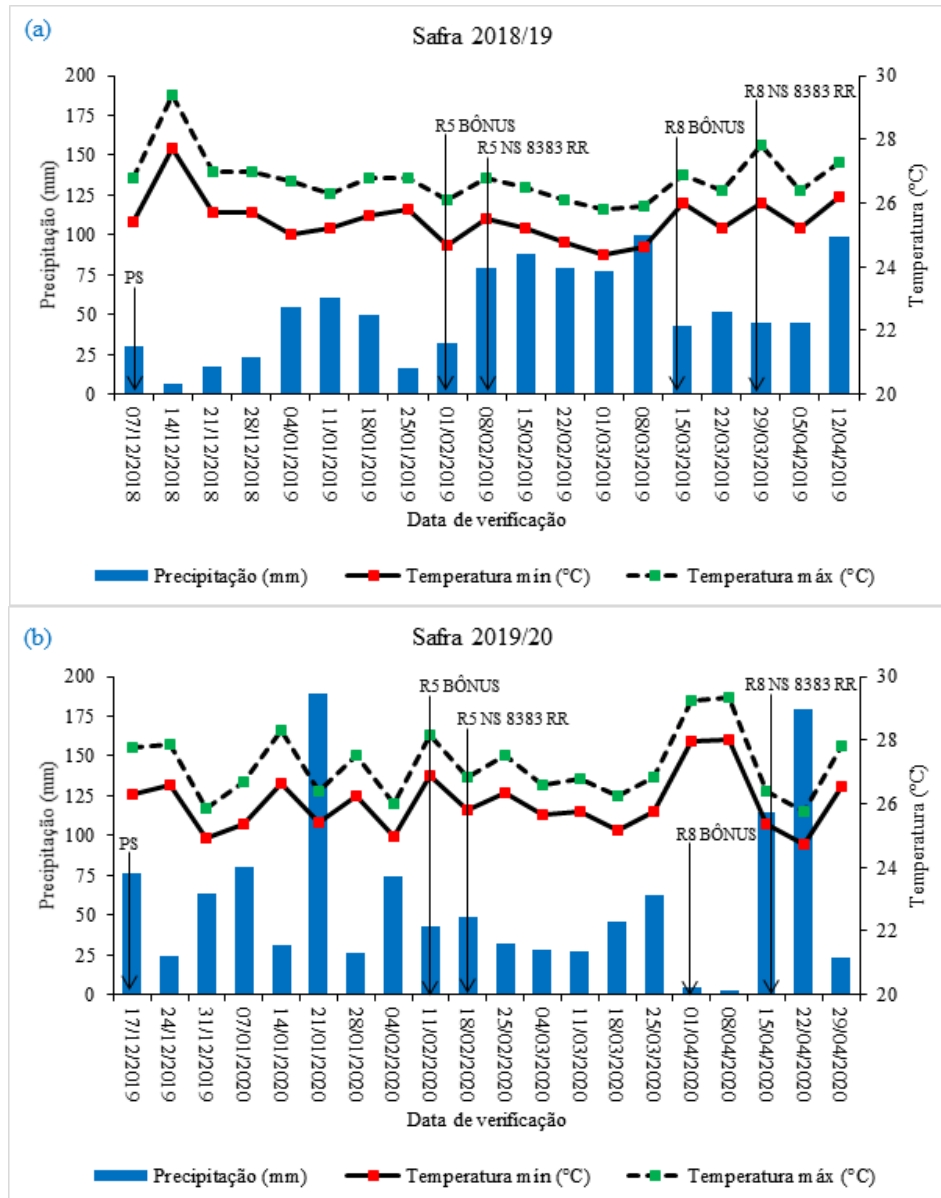


Figura 1. Precipitação pluviométrica semanal e temperaturas máximas e mínimas médias referentes aos meses de dezembro de 2018 a abril de 2019 (Figura 1a) e dezembro de 2019 a abril de 2020 (Figura 1b). Palmas (TO). Fonte: Inmet.

PS - plantio da soja, R5 - início do desenvolvimento dos grãos, R8 - maturação plena dos grãos. (FEHR *et al.*, 1971).

No local de realização dos ensaios, foi realizado o preparo do solo que consistiu das operações de aração, gradagem e sulcamento. Com base no resultado da análise de solo, foi realizada manualmente adubação com superfosfato simples (110 kg ha^{-1}) no fundo do sulco de semeadura e, em cobertura, adubação potássica com cloreto de potássio (95 kg ha^{-1}) no estágio V2 a lanço, próximo ao colo da planta.

No momento da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicidas, seguido de inoculação de sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (500 kg ha^{-1}). Em seguida, foi realizada a semeadura manualmente, distribuindo-se as sementes no fundo do sulco, em uma

quantidade 50% superior à população de plantas desejada. Aos cinco dias após a emergência, foi realizado desbaste das plantas, deixando o número de plantas por metro linear indicado para cada população.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fez necessário, de modo a impedir a interferência desses fatores sobre o desenvolvimento dos cultivares de soja (SEDIYAMA *et al.*, 2016).

As plantas de cada parcela experimental foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras (estádio R8). Após a colheita, as plantas da área útil de cada parcela foram trilhadas e as sementes pesadas, após estarem secas (13% de umidade) e limpas. Em seguida, três amostras contendo 100 gramas de sementes de cada parcela foram separadas para a determinação dos teores, em percentagem, de proteína e de óleo dos grãos.

As análises químicas dos grãos foram realizadas no Laboratório de Solos e Resíduos Agroindustriais (LASOR) do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Palmas. O teor de proteína na base seca foi obtido segundo o método de Kjeldhal, sendo convertida a percentagem de N em percentagem de proteína através de um fator igual a 6,25 para cereais e oleaginosas. O teor de óleo em base seca foi determinado pelo método de Soxhlet (IAL, 2008).

Após a obtenção dos dados, foi realizada a análise de variância individual e, posteriormente, análise conjunta dos ensaios em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (CRUZ *et al.*, 2012), sendo as médias dos fatores anos e cultivares comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Para as populações de plantas, foram realizadas análises de regressão, através do uso de polinômios ortogonais, e uma vez estabelecida a relação funcional entre as populações e a variável dependente, foi obtida a equação de regressão. Foi utilizado o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011), para a realização das análises estatísticas, e o programa Origin Pro 8.0 para a construção dos gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância conjunta para os teores de proteína e óleo revelou efeito significativo para todos os fatores, com exceção da interação cultivar x população para os teores de óleo e proteína e o fator cultivar para o teor de óleo (Tabela 1).

A significância das interações triplas para o teor de proteína e óleo indica que os efeitos isolados dos fatores não explicam toda a variação encontrada, sendo realizados os desdobramentos, que explicam que as variações de um determinado fator podem estar vinculadas às variações que ocorrem nos outros fatores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta referente aos teores de proteína e óleo (%) de duas cultivares de soja, em cinco populações de plantas e em dois anos agrícolas (safras 2018/19 e 2019/20), em Palmas (TO)

FV	GL	QM	
		Teor de proteína (%)	Teor de óleo (%)
Bloco/Ano	4	3,296*	10,147*
Ano	1	43,776*	26,573*
Cultivar	1	317,998*	0,706 ^{ns}
População	4	22,497*	11,264*
Ano x Cultivar	1	26,893*	6,916*
Ano x População	4	3,365*	3,784*
Cultivar x População	4	1,543 ^{ns}	1,904 ^{ns}
Ano x Cultivar x População	4	7,792*	13,757*
Erro	54	0,608	1,168
MÉDIA		37,5	21,3
CV (%)		2,08	5,07

* significativo ao nível de 5% de significância; ns: não significativo, pelo teste F; CV%: Coeficiente de Variação.

O efeito significativo das populações de plantas indica a presença de plasticidade da cultura da soja e sua capacidade de se adaptar a diferentes manejos. Já o efeito dos anos de plantio revela a importância de realização dos ensaios em diferentes safras, devido principalmente à diferenciação climática em cada ano de plantio, conforme também observado por Modolo *et al.* (2016), Giraldo (2016) e Büchling *et al.* (2017).

A significância da interação entre ano x cultivar indica que as cultivares apresentaram comportamento diferenciado em função de condições climáticas em cada ano de cultivo, ocorrendo principalmente pelas variações na precipitação e temperatura (Figura 1). Alguns autores indicam diferenças no plantio de cultivares em anos diferentes como Meotti *et al.* (2012), Lopes *et al.* (2014), Monteiro *et al.* (2017) e Carmo *et al.* (2018).

Os coeficientes de variação (CV) obtidos variaram entre 2,08 a 5,07% para teor de proteína e óleo, respectivamente, indicando boa precisão na condução dos experimentos. Os coeficientes de variação estão próximos àqueles obtidos por Ferreira *et al.* (2016), de 2,1%, e Weber *et al.* (2017), de 2,3%, para o teor de proteína, e aos obtidos por Ferreira *et al.* (2016), de 4,4%, e Weber *et al.* (2017), de 3,6%, para o teor de óleo.

3.1 TEOR DE PROTEÍNA

Os teores de proteína das cultivares, nos dois anos agrícolas (safras 2018/19 e 2019/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentados na Tabela 2.

As médias dos teores de proteínas nas cultivares e populações variaram de 32,18% - Safra 2019/20 (cultivar Bônus, 200 mil plantas ha⁻¹) a 42,33% - Safra 2019/20 (cultivar NS

8383 RR, 300 mil plantas ha⁻¹). Nos anos agrícolas de 2018/19 e 2019/20, as variações nos teores de proteínas nos grãos de soja estiveram próximas das médias encontradas por Albrecht *et al.* (2008), Balbinot Júnior *et al.* (2016), Sales *et al.* (2016), Almeida *et al.* (2018), Faria *et al.* (2018).

O estudo comparativo entre as cultivares, em cada safra e em cada população de plantas, revelou que a cultivar NS 8383 RR, pertencente ao grupo de maturidade relativa de ciclo médio (8.3) (NIDERA, 2015), apresentou, significativamente, maior teor de proteína que a cultivar Bônus, do grupo de maturidade relativa ou precoce (7.4) (BRASMAX, 2018), em ambas as safras e em todas as populações de plantas.

As diferenças na composição química dos grãos, entre as cultivares, podem ser atribuídas às diferenças quanto ao grupo de maturação das cultivares ou em relação à adaptabilidade aos fatores ambientais, tais como o conteúdo de água do solo e temperatura ambiente (BELLALLOUI; MENGISTU, 2008; ROTUNDO; WESTGATE, 2010).

Segundo Albrecht *et al.* (2008), as diferenças entre as cultivares com relação ao teor de proteína podem ser oriundas de um menor período de enchimento de grãos, associado à rápida distribuição do N e acumulação da matéria seca, que resultam um maior teor de proteína nos grãos.

Tabela 2. Teor médio de proteína (%) das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, cultivadas em cinco populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas (TO)

População de plantas (mil ha ⁻¹)	Safra 2018/19		Safra 2019/20	
	Cultivares		Cultivares	
	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR
200	33,59 Ab	35,33 Ba	32,18 Ab	41,73 Aa
250	35,47 Bb	37,97 Ba	36,99 Ab	41,39 Aa
300	35,94 Bb	41,02 Aa	37,46 Ab	42,33 Aa
350	36,66 Ab	40,27 Aa	35,31 Bb	40,33 Aa
400	33,78 Bb	36,86 Ba	35,02 Ab	40,89 Aa

1) Médias entre as duas cultivares, dentro da mesma safra e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra minúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott. 2) Médias entre as duas safras, dentro da mesma cultivar e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra maiúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Segundo Leffel *et al.* (1992), o maior conteúdo de proteína nas sementes de uma cultivar pode estar associado a um maior acúmulo de N, oriundo de um período maior de fixação simbiótica (até estágio R6), a uma maior fixação de N₂ e uma maior remobilização do nitrogênio para a semente.

As diferenças observadas entre as cultivares revelam um comportamento diferencial, quanto à regulação metabólica que determina a síntese de proteínas e que, possivelmente, deve

afetar outras macromoléculas, estendendo-se, provavelmente, à influência na síntese de vários outros metabólitos primários ou secundários (ALBRECHT *et al.*, 2008).

Quando comparadas as épocas de semeadura, para cada cultivar e população de plantas, pode-se observar que, para a grande maioria das populações de plantas nas duas cultivares, houve um maior teor de proteína na safra 2019/20.

A ocorrência de uma menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos (estádios R5 e R6), ou seja, 20 a 30 dias antes da maturação dos grãos na safra 2019/20, com relação à safra 2018/19 (Figura 1), resultou um maior conteúdo de proteína nos grãos. Esses resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Albrecht *et al.* (2008), Bellaloui e Mengistu (2008), Lopes *et al.* (2016), Dourado *et al.* (2018), que também verificaram aumento no conteúdo de proteína nos grãos em plantas cultivadas em épocas com menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento dos grãos.

Segundo Rotundo e Westgate (2010), sob condições de baixa disponibilidade hídrica, ocorre uma remobilização de nitrogênio (N) das folhas e das paredes das vagens para os grãos, que aumentaria a disponibilidade de nitrogênio nos grãos e, por fim, resultaria incrementos na taxa de acúmulo de proteína. Essa maior remobilização do N estaria relacionada ao aumento na expressão das proteínas glutamina sintetase, proteína 14-3-3 e Vsp β (SOARES, 2013).

Foi observada relação funcional entre as populações de plantas, para a cultivar Bônus, nas safras 2018/19 e 2019/20, e para a cultivar NS 8383 RR, apenas para a safra 2018/19, sendo assim ajustados modelos de regressão que foram quadráticos, para ambas as cultivares (Figura 2).

As cultivares Bônus (safra 2018/19) (Figura 2a), NS 8383 RR (safra 2018/19) (Figura 2b) e Bônus (safra 2019/20) (Figura 2c) apresentaram incremento no teor de proteína, com aumento da população de plantas, até alcançar a máxima eficiência técnica (MET) que foi, respectivamente, de 36,3%, 40,7% e 37,4%, obtida nas populações de 305,2 mil plantas ha⁻¹, 312,1 mil plantas ha⁻¹ e 316,8 mil plantas ha⁻¹, estando entre as populações de plantas recomendadas para as cultivares na região. A partir da população de plantas que resultou na MET, houve uma redução no teor de proteína. Ressalta-se que essas populações estão próximas à da faixa recomendada para a cultivar NS 8383 RR (240 a 320 mil plantas ha⁻¹) (NIDERA, 2015) e Bônus (250 a 300 mil plantas ha⁻¹) (BRASMAX, 2018) para o Estado do Tocantins.

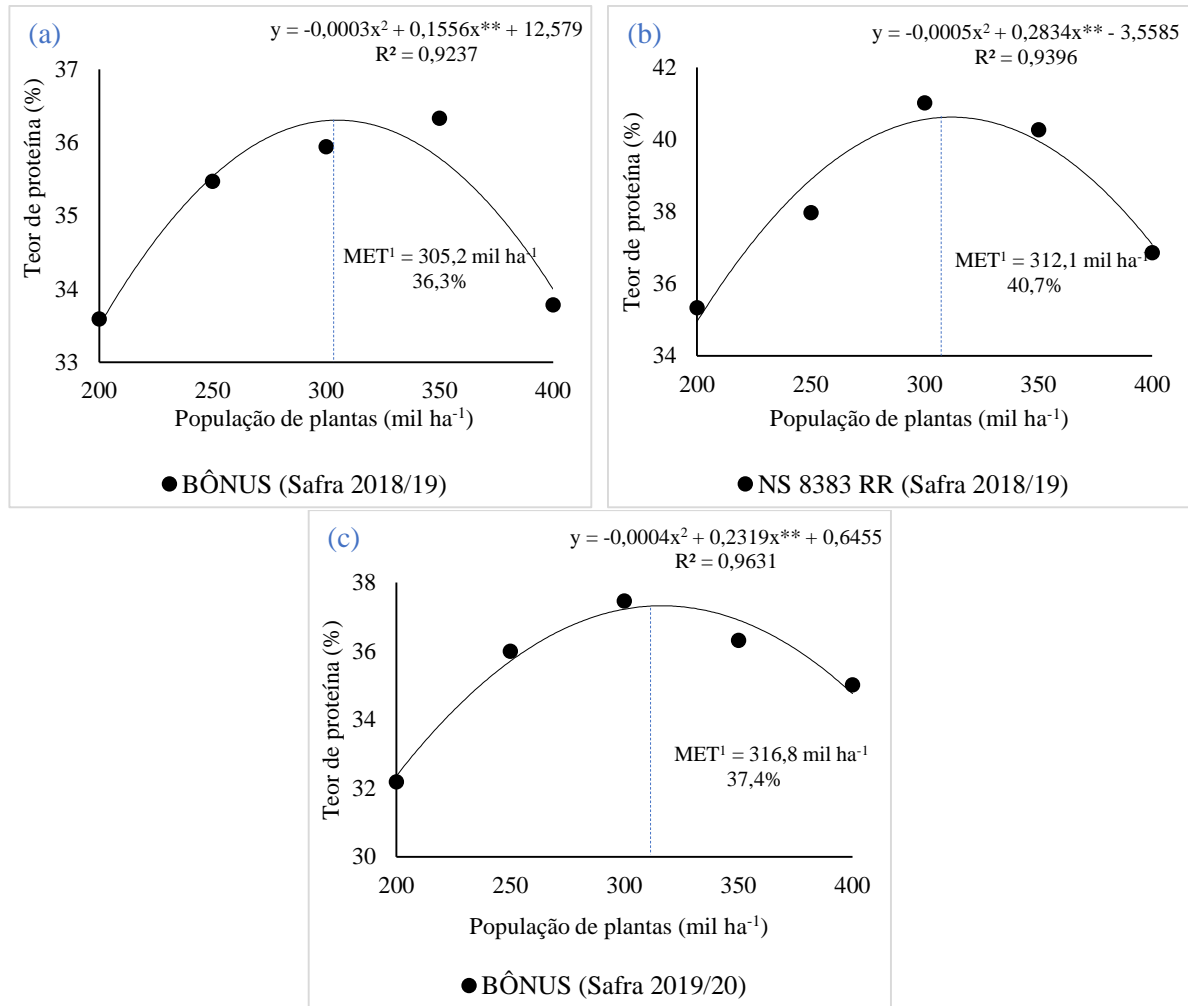


Figura 2. Teor médio de proteína (%) de cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR em função das populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas (TO).

**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

O aumento do teor de proteína, com o incremento na população de plantas, pode ser explicado pelo fato de que com o aumento na população de plantas, pode ter ocorrido aumento do índice de área foliar, uma maior interceptação de luz e um rápido fechamento do dossel, resultando aumento nas taxas de metabolismo do nitrogênio e, assim, um maior teor de proteína nos grãos (BALL *et al.*, 2000). Por outro lado, o decréscimo na concentração de proteína, após a MET, pode ter sido devido à competição entre plantas por nutrientes disponíveis no solo, por água e pelo maior sombreamento oriundo das altas populações (BELLALOU *et al.*, 2014).

O efeito do sombreamento, oriundo dessas altas populações, pode ter resultado uma menor intensidade de luz na parte mais baixa do dossel e menor atividade fotossintética, levando a uma redução nas atividades das enzimas nitrato redutase, nitrogenase e da relação N/S, conforme verificado por Bellaloui e Gillen (2010), com consequente redução no teor de proteína. Esses resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Sales *et al.* (2016), que também observaram redução de proteína entre os terços superior e inferior de 3,03%.

Alterações no teor de proteína em várias populações de plantas, em diferentes genótipos e ambientes, foram também observadas por Bellaloui *et al.* (2012), Jaureguy *et al.* (2013), Tibolla *et al.* (2019) e Bellaloui *et al.* (2020).

3.2 TEOR DE ÓLEO

Os teores de óleo das cultivares, nas duas safras (2018/19 e 2019/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentados na Tabela 3.

Os teores de óleo nas cultivares e populações variaram de 17,97% - safra 2018/19 (cultivar NS 8383 RR, 200 mil plantas ha⁻¹) a 24,96% - safra 2019/20 (cultivar Bônus, 350 mil plantas ha⁻¹).

Tabela 3. Teor médio de óleo (%) das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR em função das populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas (TO)

População de plantas (mil ha ⁻¹)	Safr 2018/19		Safr 2019/20	
	Cultivares		Cultivares	
	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR
200	21,58 Aa	17,97 Bb	19,30 Bb	22,39 Aa
250	21,92 Aa	20,81 Aa	21,13 Aa	20,99 Aa
300	20,72 Ba	21,61 Ba	23,51 Aa	23,66 Aa
350	19,99 Bb	22,19 Aa	24,96 Aa	22,49 Ab
400	20,22 Aa	19,54 Ba	19,45 Ab	22,63 Aa

1) Médias entre as duas cultivares, dentro da mesma safra e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra minúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott. 2) Médias entre as duas safras, dentro da mesma cultivar e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra maiúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

No estudo comparativo entre as médias das cultivares, em cada safra e em cada população de planta, a cultivar Bônus obteve maior teor de óleo nas populações de 250 mil plantas ha⁻¹ (21,92%) e 350 mil plantas ha⁻¹ (24,96%), respectivamente, nas safras 2018/19 e 2019/20. Já a cultivar NS 8383 RR obteve maior teor de óleo nas populações de 350 mil plantas ha⁻¹ (22,19%) e 200 mil plantas ha⁻¹ (22,39%), respectivamente, nas safras 2018/19 e 2019/20. Nas demais populações, não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares.

Albrecht *et al.* (2008) e Faria *et al.* (2018) verificaram que o conteúdo de óleo nos grãos é afetado por fatores genéticos intrínsecos das cultivares, que podem ser alterados principalmente pelas condições ambientais durante o período de enchimento de grãos.

Quando comparadas as épocas de semeadura, para cada cultivar e população de plantas, pode-se observar que, de modo geral, houve um maior teor de óleo na safra 2019/20, em virtude da ocorrência de temperaturas mais altas e um período de menor disponibilidade hídrica na fase

de enchimento de grãos (estádios R5 - R6) (Figura 1), em relação à safra 2018/19. Esses resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Albrecht *et al.* (2008), Bellaloui e Gillen (2010), Bellaloui *et al.* (2012), Bruno *et al.* (2015), Güllüoğlu *et al.* (2016), Weber *et al.* (2017), Faria *et al.* (2018) e Bellaloui *et al.* (2020), que também observam o aumento no conteúdo de óleo nos grãos, em plantas cultivadas em períodos de menor disponibilidade hídrica e sob temperaturas mais altas.

Segundo Bruno *et al.* (2015), as condições ambientais durante o enchimento dos grãos de soja produzem modificações na sua composição bioquímica, principalmente nas concentrações de óleo.

Para Singer *et al.* (2016) a ocorrência de variações nos teores de óleo nos grãos entre anos e locais indica que a biossíntese lipídica em plantas é influenciada em grande parte por vários fatores ambientais, como temperatura, água, disponibilidade de luz e nutrientes do solo.

Foi observada relação funcional entre as populações de plantas, para a cultivar Bônus, na safra 2018/19, e para a cultivar NS 8383 RR, para a safra 2018/19, sendo, assim, ajustados modelos de regressão, que foram quadráticos para ambas as cultivares (Figura 3).

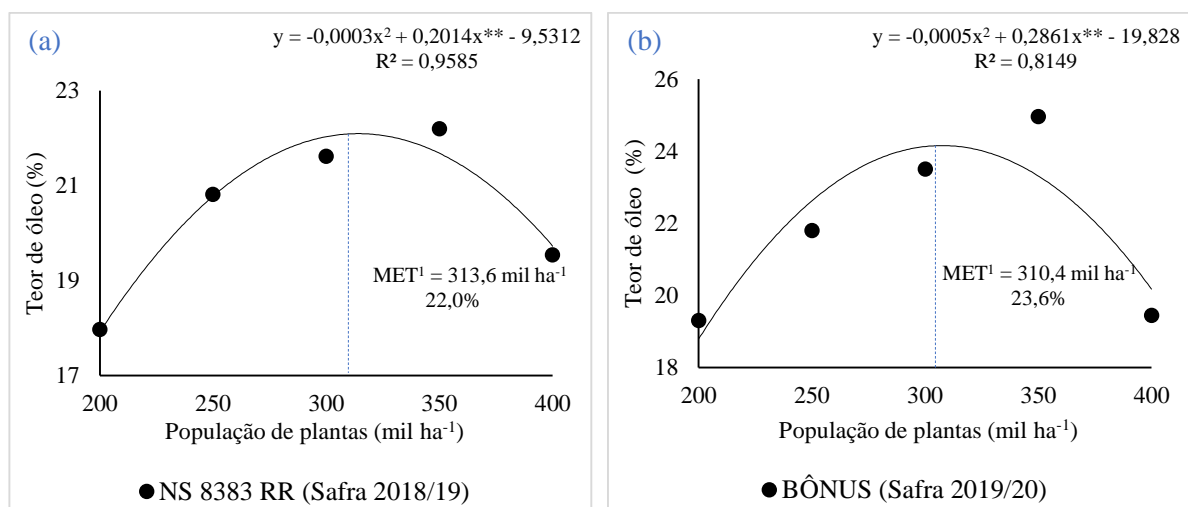


Figura 3. Teor médio de óleo (%) das cultivares NS 8383 RR na safra 2018/19 e BÔNUS 8579 RSF IPRO na safra 2019/20 e em função das populações de plantas, em Palmas (TO).

**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

Para as cultivares NS 8383 RR (safra 2018/19) (Figura 3a) e Bônus (safra 2019/20) (Figura 3b), houve aumento do teor de óleo nos grãos até a máxima eficiência técnica (MET) nas populações de plantas que foram, respectivamente, de 313 mil plantas ha⁻¹ (22%) e 310,4 mil plantas ha⁻¹ (23,6%). A partir dessas populações, houve redução no teor de óleo.

O incremento na população de plantas, até o ponto de MET, pode ter promovido aumento de área foliar e da taxa fotossintética, resultando uma maior disponibilidade de carbono (C) na fase de enchimento dos grãos, levando a um aumento no conteúdo de óleo. Por

outro lado, após o ponto de MET, o decréscimo do conteúdo de óleo nos grãos pode ter sido oriundo de um maior sombreamento, originado das altas populações, que resultou uma menor taxa fotossintética das plantas e uma menor assimilação de carbono (PROULX; NAEVE, 2009).

Bellaloui e Gillen (2010) e Bellaloui *et al.* (2012) também verificaram alterações no teor de óleo nos grãos de soja em função do sombreamento e das datas de semeadura das cultivares. Segundo Jaureguy *et al.* (2013), Bellaloui *et al.* (2014) e Bellaloui *et al.* (2015), a população de plantas pode alterar os constituintes dos grãos e esse efeito depende da cultivar e dos fatores ambientais, especialmente temperatura e déficit hídrico.

4 CONCLUSÕES

As populações de plantas promoveram alterações nos teores de óleo e proteína. Populações entre 305 e 316 mil plantas ha⁻¹, para a cultivar Bônus, e próximas a 313 mil plantas ha⁻¹, para NS 8383 RR, resultaram maior conteúdo de óleo e proteína nos grãos.

Temperaturas altas e menor disponibilidade hídrica favoreceram o acúmulo de óleo nos grãos. Menor disponibilidade de água na fase de enchimento de grãos propiciou um maior teor de proteína.

A cultivar NS 8383 RR apresentou o maior teor de proteína em relação à cultivar Bônus.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins (UFT) pelo suporte na realização da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que possibilitou a execução deste estudo.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. D. L.; ÁVILA, M. R.; SUZUKI, L. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 865-873, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400008>.

ALMEIDA, B. C.; PELUZIO, J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P.; CARVALHO, E. V.; AFFÉRI, F. S.; SANTOS, W. F. Ambiente e densidade de semeadura em cultivares de soja para produção de biodiesel. **Campo Digital**, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/2218>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ANP - Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Produção de biocombustíveis**: processamento de matéria prima. 2020. Disponível em:

<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BALBINOT JÚNIOR, A. A. B.; WERNER, F.; FERREIRA, A. S.; MANDARINO, J. M. G.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Desempenho agrônômico da soja em diferentes densidades de plantas e épocas de aplicação de nitrogênio em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 2, p. 132-137, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2231>.

13

BALL, R. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the Southern USA. **Crop Science**, v. 40, p. 757-764, 2000. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403757x>.

BELLALOU, N.; MENGISTU, A.; WALKER, E. R.; YOUNG, L. D. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing. **Crop Science**, v. 54, p. 1782-1795, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.07.0463>.

BELLALOU, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; MENGISTU, A.; FISHER, D. K.; REDDY, K. N. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00031>.

BELLALOU, N.; GILLEN, A. M. Soybean seed protein, oil, fatty acids, n, and s partitioning as affected by node position and cultivar differences. **Agricultural Sciences**, v. 1, p. 110-118, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2010.13014>.

BELLALOU, N.; MCCLURE, A. M.; MENGISTU, A.; ABBAS, H. K. The influence of agricultural practices, the environment, and cultivar differences on soybean seed protein, oil, sugars, and amino acids. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 378, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9030378>.

BELLALOU, N.; MENGISTU, A. Seed composition is influenced by irrigation regimes and cultivar differences in soybean. **Irrigation Science**, v. 26, p. 261-268, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0091-y>.

BELLALOU, N.; SMITH, J. R.; GILLEN, A. M. Effect of shade on seed protein, oil, fatty acids, and minerals in soybean lines varying in seed germinability in the early soybean production system. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 84-95, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.31008>.

BRASMAX. **BÔNUS 8579 RSF IPRO**. Portal de multiplicadores. Disponível em: <http://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-cerrado/?produto=244>. Acesso em: 18 set. 2019.

BRUNO, J. L.; SILVA, H. R.; MASSARO JUNIOR, F. L.; PRETE, C. E. C. Acúmulo de óleo em sementes de soja cultivadas in vitro e in vivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3085-3090, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p3085>.

BÜCHLING, C.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; BOTTEGA, E. Uso da plasticidade morfológica como estratégia para a redução da população de plantas em

cultivares de soja. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 22-30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.3931>.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711712018061>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/2020**. v. 7, n. 9. Brasília: Conab, 2020. 69p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

DOURADO, D. P.; PELUZIO, J. M.; REINA, E.; ALBERNAS, K. K.; LAZARI, T. M.; MURAISHI, C. T. Teor de proteína em grãos de *Glycine max* influenciados pela inoculação mista de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*. **Journal of bioenergy and food science**, v. 5, n. 2, p. 32-43, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18067/jbfs.v5i2.146>.

FARIA, L. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRI, F. S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i2a5518>.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development description for soybeans, *Glycine max* (L.). Merrill. **Crop Science**, v. 11, p. 929-931, 1971. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

GIRALDI, F. **Produtividade de soja em diferentes populações de plantas e sítios específicos de manejo em semeadura após a época indicada**. 2016. 73f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

GÜLLÜOĞLU, L.; BAKAL, H.; EL SABAGH, A.; ARIOĞLU, H. Soybean managing for maximize production: plant population density effects on seed yield and some agronomical traits in main cropped soybean production. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v. 5, n. 1, p. 31-37, 2017. DOI: [http://dx.doi.org/10.18006/2017.5\(1\).031.037](http://dx.doi.org/10.18006/2017.5(1).031.037).

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2008. 1020p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 23 set. 2019.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação meteorológica de observação de superfície automática**. 2020. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 10 maio. 2020.

JAUREGUY, L. M.; RODRIGUEZ, F. L.; ZHANG, L.; CHEN, P.; BRYE, K.; OOSTERHUIS, D.; MAUROMOUSTAKOS, A.; CLARK, J. R. Planting date and delayed harvest effects on soybean seed composition. **Crop Science**, v. 53, n. 5, p. 2162-2175, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.12.0683>.

LEFFEL, R. C.; CREGAN, P. B.; BOLGIANO, A. P.; THIBEAU, D. J. Nitrogen metabolism of normal and high-seed protein soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 3, p. 747-750, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200030034x>.

LOPES, L. A.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V. Variabilidade genética entre cultivares de soja, quanto ao rendimento de óleo, no estado do Tocantins. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 279-285, 2014. <https://doi.org/10.14295/cs.v5i3.411>.

MELO, M. H.; GARCIA, L. C.; WEIRICH NETO, P. H.; ROCHA, C. H.; GOMES, J. A.; ARRÚA, M. E. P.; SOUZA, E. C. F. DE; ANTUNES, S. R. M.; DALZOTO, L. M.; MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 216-229, 2016. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v91i3.143>.

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>.

MONTEIRO, F. J. F.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, W. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de óleo nos grãos. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 18-21, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.3836>.

NIDERA. **NS 8383 RR**. Nidera Sementes. 2015. Disponível em: <http://www.niderasementes.com.br/produto/ns-8383-rr.aspx>. Acesso em: 18 set. 2019.

PROULX, R. A.; NAEVE, S. L. Pod removal, shade, and defoliation effects on soybean yield, protein, and oil. **Agronomy Journal**, v. 101, p. 971-978, 2009. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0222x>.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2239>.

ROTUNDO, J. L.; WESTGATE, M. E. Rate and duration of seed component accumulation in water-stressed soybean. **Crop Science**, v. 50, p. 676-684, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.05.0240>.

SALES, V. H. G.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; JUNIOR, W. P. O.; SALES, P. V. G. Teor de óleo e proteína em grãos de soja em diferentes posições da planta. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 1, p. 22-29, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i1.2462>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 23 set. 2019.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (ed.). **Produtividade da Soja**. Mecenas: Londrina, 2016. p. 11-18. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117197/1/Origem-e-Evolucao-de-Plantas-Cultivadas-Baixa.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

SEPLAN - Secretaria de Planejamento e Orçamento. **Perfil do agronegócio do Tocantins**. Governo do estado do Tocantins, Fundação de Apoio Científico e Tecnológico (FAPTO), 2016. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/354694/>. Acesso em: 03 ago. 2020.

SINGER, S. D.; ZOU, J.; WESELAKE, R. J. Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition. **Plant Science**, v. 243, p. 1-9, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.11.003>.

SOARES, C. Q. G. **Efeito do estresse hídrico na expressão de proteínas em duas variedades de soja contrastantes para o conteúdo de óleo e proteína**. 2013. 128f. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2386/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2020.

SOUZA, V. Q.; BELLÉ, R.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; CARON, B. O.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R. Componentes de rendimento em combinações de fungicidas e inseticidas e análise de trilha em soja. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 167-176, 2015. DOI: [10.14688/1984-3801/gst.v8n1p167-176](https://doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v8n1p167-176).

TIBOLLA, B. L.; SCHWERZ, F.; SGARBOSSA, J.; ELLI, F. E.; NARDINI, C.; MEDEIROS, S. L. P.; CARON, B. O. Effect of artificial shading on soybean growth and yield. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i4a6876>.