

## Análise multivariada em diferentes épocas de semeadura e doses de potássio em soja

### *Multivariate analysis at different seeding times and potassium doses in soybean*

Celso Hackenbaar<sup>1</sup>, Joenes Mucci Peluzio<sup>2</sup>, Maria Dilma de Lima<sup>3</sup>, Neusa Hackenbaar<sup>4</sup>

**RESUMO:** As características agronômicas e a composição química dos grãos na cultura da soja são dependentes das épocas de semeadura e/ou disponibilidade de nutrientes, que pode resultar em diferentes agrupamentos nos estudos de diversidade genética. Nesse sentido, visando determinar os efeitos das épocas de semeadura e das doses de potássio na diversidade genética em cultivares de soja, foram realizados dois ensaios (29/11/15 e 14/01/16), em Palmas (TO), Brasil. O delineamento experimental, em cada ensaio, foi em blocos casualizados, com 60 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 10 X 6, representados por dez cultivares de soja (BRS 325 RR; M 9144 RR; BRS 33871 RR (SAMBAIBA); TMG 1288 RR; BRS 333 RR; P 98Y70; TMG 1180; BRS 9090 RR; M 8766; e BRS 8990 RR) e seis doses de adubação potássica (0, 40, 80, 120, 160, 200 kg ha<sup>-1</sup>). Foram estudadas características agronômicas e químicas dos grãos. Foi realizada análise de variância para cada ensaio e, para cada dose, foi aplicado o método de agrupamento de Tocher e o critério de Singh para quantificar a contribuição relativa dessas características para a divergência genética. As doses de potássio e épocas de semeadura resultaram em agrupamentos diferentes de cultivares. A dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, que foi a recomendada pela análise de solo, proporcionou as maiores diferenças genéticas entre os cultivares, podendo ser utilizada em trabalhos futuros de melhoramento em estudos de divergência genética. A produtividade de grãos foi a característica que, de modo geral, mais contribuiu para a divergência genética.

**Palavras-chave:** Adubação potássica. Época de plantio. *Glycine max*. Variabilidade genética.

**ABSTRACT:** The agronomic characteristics and chemical composition of soybean grains depend on seeding times and the availability of nutrients and may cause different grouping in studies on genetic diversity. Two assays (29/11/2015 and 14/01/2016) in randomized blocks with 60 treatments and three replications were conducted in Palmas TO Brazil, to determine the effects of seeding periods and potassium doses on genetic diversity in soybean cultivars. Treatments were designed in a factorial scheme 10x6, namely, ten soybean cultivars (BRS 325 RR; M 9144 RR; BRS 33871 RR (SAMBAIBA); TMG 1288 RR; BRS 333 RR; P 98Y70; TMG 1180; BRS 9090 RR; M 8766; and BRS 8990 RR) and six doses of potassium fertilizers (0, 40, 80, 120, 160, 200 kg ha<sup>-1</sup>). The agronomic and chemical characteristics of the grains were analyzed. Analysis of variance was undertaken for each assay and for each dose. Tocher's grouping method and Singh's criterion were applied to quantify relative contribution for genetic divergency. Potassium doses and seeding times provided different cultivar groupings. Dose 120 kg ha<sup>-1</sup>, recommended by soil analysis, provided the greatest genetic differences among cultivars and may be employed in further works on improvement in studies on genetic divergences. As a rule, grain productivity greatly contributed towards genetic divergency.

**Keywords:** Fertilization with potassium. *Glycine max*. Genetic variability. Seeding times.

---

**Autor correspondente:**

Celso Hackenbaar: [celso@mail.uft.edu.br](mailto:celso@mail.uft.edu.br)

Recebido em: 06/07/2020

Aceito em: 12/02/2021

---

## INTRODUÇÃO

A soja caracteriza-se por ser uma das principais alternativas para suprir a demanda mundial de grãos, por configurar em um dos grãos mais versáteis, com uso tanto para o consumo humano, quanto na pecuária

<sup>1</sup> Doutor em Biotecnologia e biodiversidade Amazônica, PPG Bionorte, Universidade Federal do Tocantins, Palmas (TO), Brasil.

<sup>2</sup> Dsc Genética e Melhoramento de plantas, Professor Titular Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade Amazônica, PPG Bionorte, Universidade Federal do Tocantins, Palmas (TO), Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Biotecnologia e biodiversidade Amazônica, PPG Bionorte. Professora Engenharia Civil, Universidade Federal do Tocantins, Palmas (TO), Brasil.

<sup>4</sup> Msc Agroenergia Universidade Federal do Tocantins, Palmas (TO), Brasil.

(OCDE/FAO, 2019). No Brasil, é a principal responsável pela expansão da fronteira agrícola no Brasil, principalmente nas regiões sob vegetação de cerrado da Amazônia Legal (CAMPOS *et al.*, 2016).

Os solos dos cerrados, dentro da região amazônica, são caracterizados em sua maioria como de baixa fertilidade natural. Porém, podem apresentar potencial produtivo ampliado através da utilização de corretivos, fertilizantes e uso de novas tecnologias através de um manejo cultural adequado (PETTER *et al.*, 2014).

A reserva mineral de Potássio (K), o segundo nutriente mais exigido pela cultura da soja nos solos da região dos cerrados, é baixa, sendo insuficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura (VILELA *et al.*, 2007). Nesse sentido, o uso de grande quantidade desse nutriente, para obtenção de produtividades satisfatórias, além de aumentar os custos de produção, pode contribuir significativamente para o processo de poluição ambiental (SERRA *et al.*, 2016), uma vez que esse elemento é móvel no solo e, dessa forma, está sujeito à lixiviação (LIMA *et al.*, 2017).

O potássio é o segundo elemento mais extraído pela cultura da soja, atuando na ativação de mais de 60 enzimas associadas aos processos de fotossíntese, na síntese de proteínas e carboidratos (SANTOS; VARGAS, 2014), na regulação osmótica, na abertura e fechamento dos estômatos (LANGER *et al.*, 2004) e na tolerância aos estresses abióticos, principalmente baixa disponibilidade de água no solo (ESPER NETO *et al.*, 2018). Segundo Usherwood (1994), o potássio atua para o transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo.

Segundo Bergamin *et al.* (2008), a resposta da soja à adubação é influenciada por diversos fatores, tais como a disponibilidade dos nutrientes no solo, os tratos culturais, as condições climáticas e o cultivar utilizado. Assim, a utilização de doses corretas de fertilizantes, especialmente os potássicos, é fundamental para a preservação dos solos do bioma Amazônia e para assegurar uma boa lucratividade na lavoura (HACKENHAAR *et al.*, 2017).

Para Hackenbaar *et al.* (2017) a identificação de cultivares de soja mais eficientes no uso de K e da utilização da dose correta, que resultasse em máximo retorno econômico, poderia desonerar os custos de produção e seria estratégico, também, do ponto de vista ambiental.

Em estudos realizados no Estado do Tocantins, os cultivares de soja apresentaram variações em relação às suas características agronômicas (DARONCH *et al.*, 2018; FARIA *et al.*, 2018), bem como na composição química dos grãos (FARIA *et al.*, 2018; DARONCH *et al.*, 2018; DOURADO *et al.*, 2018; NAOE *et al.*, 2017; HACKENHAAR *et al.*, 2017; TOLLER *et al.*, 2018), quando cultivados em diferentes ambientes, representados, principalmente, por épocas de semeadura e adubação.

Entretanto, são escassas informações sobre a divergência genética de cultivares de soja, em ambientes distintos de fornecimento de potássio e em diferentes épocas de semeadura, para as características agronômicas e químicas dos grãos, que seria de extrema importância em trabalhos futuros de melhoramento, visando seleção de cultivares.

Assim, o presente estudo foi realizado com objetivo de estudar o efeito dos ambientes, relacionados às épocas de semeadura e adubação potássica, na divergência genética de cultivares de soja, para fins de melhoramento genético.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

No ano agrícola 2015/16, foram conduzidos dois ensaios de soja no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas (220 m de altitude, 10°45' S e 47°14' W), sendo um

implantado em 29 de novembro 2015 e outro em 14 de janeiro de 2016. O solo é do tipo latossolo vermelho amarelo distrófico com textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2018), e relevo plano, bem drenado e sem histórico de cultivo com culturas anuais na área experimental.

Na área experimental foram coletadas 20 amostras de solo na profundidade de 0 - 20 cm, as quais foram misturadas e homogeneizadas. Em seguida, foi retirada uma amostra de 1 kg que foi enviada ao laboratório para análises, química e físicas do solo, cujos resultados foram: pH: 4.1; Al: 0,5 cmol dm<sup>3</sup>; K: 14,0 mg dm<sup>3</sup>; P (Melich): 1,5 mg dm<sup>3</sup>; Ca: 0,7 cmol dm<sup>3</sup>; Mg: 0,5 cmol dm<sup>3</sup>; M.O.: 12,0 g dm<sup>3</sup>; CTC: 4,6 cmol dm<sup>3</sup> e SB: 26,7%. As análises foram realizadas de acordo com o método Embrapa de análise do solo (SILVA, 2009).

Em cada ensaio, o delineamento experimental foi de blocos casualizados, constituído por 60 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 10 X 6, compostos por dez cultivares de soja (BRS 325 RR; M 9144 RR; BRS 33871 RR (SAMBAlBA); TMG 1288 RR; BRS 333 RR; P 98Y70; TMG 1180; BRS 9090 RR; M 8766; e BRS 8990 RR) e seis doses de adubação potássica adicionada ao solo (0; 40; 80; 120; 160; e 200 kg ha<sup>-1</sup>), aplicados metade no sulco de semeadura e metade aos 35 dias após a emergência das plantas, utilizando como fonte de K<sub>2</sub>O a formulação cloreto de potássio. Com base na análise química do solo, a dose recomendada de potássio foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (LOPES, 1994).

Foram realizadas as operações de calagem, aração, gradagem e sulcamento. A correção do solo foi realizada 30 dias antes da semeadura, sendo utilizadas duas toneladas de calcário dolomítico Filler ha<sup>-1</sup>. A adubação de semeadura foi realizada manualmente com 750 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, que corresponde a aproximadamente 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

No momento da semeadura foi realizado o tratamento das sementes com fungicidas, seguido de inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura foi realizada com o intuito de se obter uma densidade de 12 plantas por metro linear. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fez necessário.

As plantas da área útil, ou seja, descartadas as duas linhas laterais e 0,50 m das bordas, de cada parcela experimental, foram colhidas manualmente e extraídos os grãos, uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R8 da escala de Fehr *et al.* (1978).

Foram avaliadas e analisadas as seguintes características agronômicas:

- a) (AP) Altura das plantas, distância em cm, medida a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal da planta;
- b) (APV) Altura da inserção da primeira vagem, distância em cm, medida a partir da superfície do solo até a primeira vagem, obtida na época de maturação, em 05 plantas da área útil;
- c) (NVP) Número de vagens por plantas, quantidade de vagens obtida na época de maturação, em 05 plantas aleatórias e competitivas dentro da área útil;
- d) (NSV) Número de sementes por vagem, quantidade de sementes obtida na época da maturação, em 05 plantas aleatórias e competitivas dentro da área útil;
- e) (MG) Massa de 100 grãos, peso em gramas, obtida de uma amostra de 100 sementes por parcela;
- f) (PRO) Produtividade de grãos, avaliada em kg ha<sup>-1</sup>, baseada no total de sementes de cada parcela, após a secagem das sementes até aproximadamente 13% de umidade;
- g) Teor de óleo (% OL), realizado através do método de Bligh-Dyer (1959);
- h) Teor de proteína (% prot), obtido através da metodologia proposta por Kjeldahl (Aoac, 1995).
- i) Rendimento de óleo (REOL), em kg ha<sup>-1</sup>, oriundo do produto entre o teor de óleo e a produtividade de grãos;

- j) Rendimento de proteína (REPRO), em  $\text{kg ha}^{-1}$ , oriundo do produto entre o teor de proteína e a produtividade de grãos.

Foi realizada a análise de variância de cada ensaio e, em seguida, para cada dose e em cada ensaio (época de semeadura), foram obtidas as medidas de dissimilaridade, que permitiu a obtenção da matriz de dissimilaridade, da matriz de covariância residual e das médias dos cultivares. Posteriormente, para cada dose de potássio, em cada época de semeadura, foi aplicado o método de agrupamento de Tocher, proposto por Rao (1952), utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), como medida de dissimilaridade. Utilizou-se, também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa dessas características para a divergência genética.

Foi realizada, ainda, a correlação de Spearman entre as doses de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), em cada época de semeadura, oriunda da menor distância média de Mahalanobis ( $D_2$ ) de cada cultivar em cada época, sendo utilizado o teste t ao nível de 5% de significância.

As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do agrupamento dos genótipos, para cada ensaio (0, 40, 80, 120, 160 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), em cada época de semeadura (29/11 e 14/01), oriundos do método de otimização de Tocher (RAO, 1952), são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis, em 10 cultivares de soja, em seis doses de adicionadas ao solo, em duas épocas de semeadura, na safra 2015/2016, em Palmas (TO)

Grupo	1ª época de semeadura					
	Doses de $\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )					
	0	40	80	120	160	200
I	1,2,3,4,5,8	1,2,3,4,5,8,9,1	1,2,3,4,8,9,1	2,3,10	1,2,3,5,9,1	1,2,3,4,5,6,7,8
II	6,7	6,7	5	1,4,5,9	7,8	10
III	10		7	8	4,6	
IV			6	6		
V				7		
Grupo	2ª época de semeadura					
	Doses de $\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )					
	0	40	80	120	160	200
I	2,3,4,5,6,7,8,9,1	3,5,6,9,1	2,3,4,5,7,8,1	2,3,5,7	2,3,4,5,6,7,8,1	2,5,6,8,9,1
II	1	7,8	1,9	6,1	9	3,4
III		2,4	6	9	1	7
IV		1		1		1
V				4		

**Cultivares:** 1. BRS 325RR; 2. M 9144RR; 3. BRS 33871RR (SAMBAIBA); 4. TMG 1288RR; 5. BRS 333RR; 6. P 98Y70RR; 7. TMG 1180RR; 8. BRS 9090RR; 9. M 8766RR; 10. BRS 8990RR.

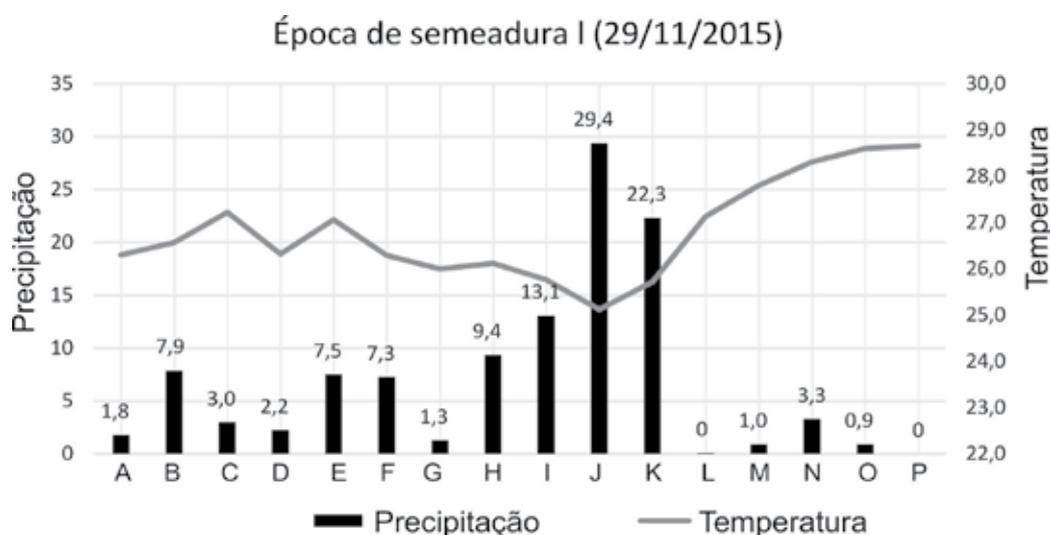
Em cada época de semeadura, quando comparadas as doses de adubação potássica, foram observadas variações quanto ao número de grupos formados e a composição dos mesmos. Em ambas as épocas, o maior número de grupos formados (cinco grupos) ocorreu na adubação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, que foi a dose recomendada com base nos resultados da análise química do solo. Assim, a utilização dessa dose em trabalhos futuros de melhoramento seria interessante, uma vez que poderão ser detectadas mais facilmente as diferenças genéticas entre cultivares em relação às outras doses.

Na primeira época de semeadura (29/11), os cultivares 1 (BRS 325RR), 2 (M-SOY 9144 RR), 3 (BRS 33871) e 9 (M-SOY 8766RR) pertenceram ao mesmo grupo em todas as adubações, com exceção da adubação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Entre estes, BRS 325RR e M-SOY 9144RR sempre foram agrupados juntos. Nesta época, P 98Y70RR e TMG 1180RR formaram juntos um único grupo ou grupo isolado composto por apenas um dos mesmos.

Por outro lado, na segunda época de semeadura (14/01), os cultivares 2 (M-SOY 9144 RR), 5 (BRS 333RR), 8 (BRS 9090RR) e 10 (BRS 9090RR) foram agrupados juntos em quase todas as adubações, com exceção das adubações de 40 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. De modo similar, BRS 33871RR e TMG 1180RR apenas não pertenceram ao mesmo grupo nas adubações de 40 e 200 kg ha<sup>-1</sup>. Nesta época, em todas as adubações, BRS 325 RR ocupou isoladamente um grupo.

Grupos formados por apenas um indivíduo apontam na direção de que o mesmo seja mais divergente em relação aos demais, podendo ser utilizado como progenitor em futuro programa de melhoramento (ROTILLI *et al.*, 2015).

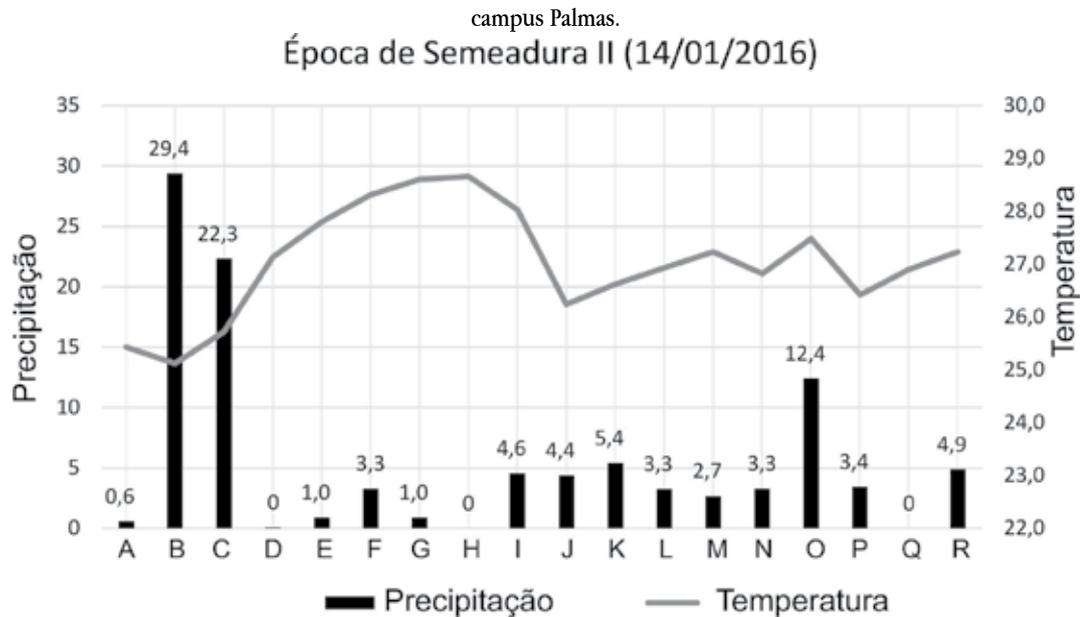
Quando comparadas as épocas de semeadura, para a mesma dose de adubação, foram também observadas variações no número de grupos formados e na composição dos mesmos, assim como o ocorrido no estudo das doses de adubação em cada época de semeadura. Tal fato ocorreu, provavelmente, em virtude da ocorrência de condições climáticas (precipitação e temperatura) distintas entre as duas épocas de semeadura (29/11 e 14/01), com melhor distribuição das chuvas e ocorrência de temperaturas mais amenas na primeira época de semeadura (29/11) (Figura 1) em relação à segunda época (14/01) (Figura 2).



A = 29 e 30 Nov/15; B = 1 a 5 Dez/15; C = 6 a 12 Dez/15; D = 13 a 19 Dez/15; E = 20 a 26 Dez/15; F = 27 a 31 Dez/15; G = 1 e 2 Jan/16; H = 3 a 9 Jan/16; I = 10 a 16 Jan/16; J = 17 a 23 Jan/16; K = 24 a 31 Jan/16; L = 1 a 6 Fev/16; M = 7 a 13 Fev/16; N = 14 a 20 Fev/16; O = 21 a 27 Fev/16; P = 28 e 29 Fev/16.

**Figura 1.** Índices de precipitação pluvial média semanal (mm) e temperatura média (°C) entre a última semana de novembro de 2015 e a última semana de fevereiro de 2016 referente a primeira época de semeadura (29/11/2015).

Fonte: Estação meteorológica do Laboratório de Climatologia e Meteorologia da Universidade Federal do Tocantins,



A = 14 a 16 Jan; B = 17 a 23 Jan; C = 24 a 31 Jan; D = 1 a 6 Fev; E = 7 a 13 Fev; F = 14 a 20 Fev; G = 21 a 27 Fev; H = 28 e 29 Fev; I = 1 a 5 Mar; J = 6 a 12 Mar; K = 13 a 19 Mar; L = 20 a 26 Mar; M = 27 a 31 Mar; N = 1 e 2 Abr; O = 3 a 9 Abr; P = 10 a 16 Abr; Q = 17 a 23 Abr; R = 24 a 30 Abr.

**Figura 2.** Índices de precipitação pluvial média semanal (mm) e temperatura média (°C) entre a segunda semana de janeiro de 2016 e a última semana de abril de 2016 referente a segunda época de semeadura (14/01/2016).

Fonte: Estação meteorológica do Laboratório de Climatologia e Meteorologia da Universidade Federal do Tocantins, campus Palmas.

As correlações de baixa magnitude e não significativas (Tabela 2), para a grande maioria das combinações entre as doses, dentro de cada época de semeadura, e entre as épocas, para uma mesma dose, confirmam que as doses de adubação e as épocas de semeadura promovem modificações no número e na composição dos grupos.

**Tabela 2.** Correlações entre as menores distâncias de Mahalanobis (D2), entre as doses de adubação potássica ( $K_2O$ ) ( $kg\ ha^{-1}$ ) em cada época de semeadura, e entre as épocas, para uma mesma dose, em 10 cultivares de soja, na safra 2015/2016, em Palmas (TO)

		1ª época (29/11) 1/					
Doses de $K_2O\ ha^{-1}$		0	40	80	120	160	200
2ª época (14/01)	0	0,63*	0,43	0,31	0,24	0,70*	0,54
	40	0,19	-0,27	0,59	0,26	-0,03	-0,2
	80	0,51	-0,18	0,03	0,52	-0,17	-0,27
	120	0,52	0,22	0,68*	0,21	0,17	0,11
	160	0,44	0,02	0,38	0,42	0,4	0,44
	200	0,53	0,49	0,61	0,51	0,2	0,16

1/ = Valores acima da diagonal referem-se à comparação entre as doses na primeira época de semeadura (29/11/2015); valores abaixo da diagonal referem-se à comparação entre as doses na segunda época de semeadura (14/01/2016); valores na diagonal principal referem-se à comparação entre as duas épocas de semeadura para uma mesma dose.

\* = Significativo, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Quando cultivada em diferentes ambientes, representados por épocas de semeadura e/ou disponibilidade de nutrientes, os cultivares de soja podem apresentar alterações nas características agrônomicas

(UMBURANAS *et al.*, 2019; BAKAL *et al.*, 2017; KUMAGAI; TAKAHASHI, 2020) e na composição química dos grãos (DARONCH *et al.*, 2018; HACKENHAAR *et al.*, 2019), que poderão refletir em diferentes agrupamentos dos mesmos (HACKENHAAR *et al.*, 2019).

Em virtude da expressão diferencial dos genes, em função dos ambientes estudados, estudos de diversidade genética, sempre que possível, deveriam levar em consideração avaliações em ambientes contrastantes para recomendação de genitores potenciais à formação de população base (ROTILLI *et al.*, 2015).

Rios *et al.* (2010), ao estudarem o efeito da divergência genética no conteúdo de carotenoides em genótipos de milho em dois ambientes distintos quanto à fertilidade do solo, observaram o efeito do ambiente na expressão dos caracteres avaliados, através da existência de agrupamentos distintos sob diferentes condições de fertilidade do solo, provavelmente pela expressão diferencial dos genes nesses ambientes.

Diversos estudos realizados no Estado do Tocantins, envolvendo ensaios de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura, revelaram alterações nos teores de óleo e proteína dos grãos (FARIA *et al.*, 2018; DARONCH *et al.*, 2018; DOURADO *et al.*, 2018; NAOE *et al.*, 2017), no teor de carboidratos dos grãos (REINA *et al.*, 2014; TOLLER *et al.*, 2018) e nas características agrônômicas das plantas (DARONCH *et al.*, 2018; FARIA *et al.*, 2018), oriundas de variações nos fatores climáticos (temperatura e precipitação) e/ou cultivares, mostrando um comportamento diferencial dos cultivares em função dos ambientes estudados.

A contribuição relativa de cada característica, para a dissimilaridade genética, segundo o método de Singh (1981), variou em função das doses de K e épocas de semeadura, indicando que a expressão destas características é dependente do ambiente onde a planta se desenvolve (Tabela 3).

**Tabela 3.** Contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de 10 diferentes cultivares de soja, em cada dose de potássio adicionada ao solo e em cada época de semeadura, na safra 2015/2016, avaliadas pelo método de Singh (1981)

Características	Doses de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>											
	0		40		80		120		160		200	
	Época											
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
AP									13,41			2,63
APV			25,07	2,21	10,36			0,64				
NVP		0,97	14,06									
NSV												
MG	7,64		27,90						15,43	2,23		2,09
PRO		80,50	77,40	48,52			97,21		73,00	75,88	90,43	
%OL		17,61					25,67	0,9	22,62		6,33	
REOL	73,88			27,63	36,08	14,50						
%PROT					11,51						17,52	
REPRO	9,30		14,03		47,97	37,20			32,27			

**Características:** AP Altura planta; APV Altura da 1<sup>a</sup> vagem; NVP Número de vagens por plantas; NSV Número de sementes por vagem; MG Massa de 100 grãos; PRO Produtividade de grãos; %OL Teor de óleo; REOL Rendimento de óleo; %PROT Teor de proteína; REPRO Rendimento de proteína.

Na primeira época de semeadura, as características que mais frequentemente contribuíram e com maior magnitude de valor, para a dissimilaridade, foram o rendimento de proteína (37,2% em 120 kg de K e 32,2% em 160 kg de K) e produtividade de grãos (48,5% em 80 kg de K e 75,9% em 200 kg de K). Por outro lado, na segunda época a produtividade de grãos, com exceção da dose de 80 kg de K, foi a característica que apresentou maior contribuição para a dissimilaridade. Nesta época, a maior contribuição da produtividade de grãos pode ter ocorrido pelo fato de as condições climáticas serem menos propícias ao desenvolvimento dos cultivares (Figura 2), ou seja, temperaturas mais altas e distribuição irregular das chuvas, pode ter resultado em uma distinção ainda maior entre os mesmos. Faria *et al.* (2018), Daronch *et al.* (2019), Umburanas *et al.* (2019), Naoe *et al.* (2017), Bakal *et al.* (2017) e Kumagai e Takahashi (2020) também observaram comportamento diferencial dos cultivares, quanto à composição química dos grãos e/ou características agrônômicas, em função de épocas de semeadura, oriundas de variações associadas às temperaturas e/ou precipitações.

#### 4 CONCLUSÕES

As doses de potássio e as épocas de semeadura resultaram em agrupamentos diferentes dos cultivares. A dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, que foi a recomendada pela análise de solo, propiciou as maiores diferenças genéticas entre os cultivares, podendo ser utilizada em trabalhos futuros de melhoramento em estudos de divergência genética. A produtividade de grãos foi a característica que, de modo geral, mais contribuiu para a divergência genética.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de estudo disponibilizada no período de estudos.

Ao meu ilustre orientador Prof. Dr. Joenes Muci Peluzio, pela confiança, incentivo e ensinamentos durante todo o desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Federal do Tocantins (UFT) pela oportunidade e utilização das dependências.

#### REFERÊNCIAS

BAKAL, H.; GULLUOGLU, L.; BIHTER, O. N. A. T.; ARIOGLU, H. The effect of growing seasons on some agronomic and quality characteristics of soybean varieties in mediterranean region in Turkey. **Turkish Journal of Fields Crops**, v. 22, n. 2, p. 187-196, 2017.

BERGAMIN, A. C.; SCHLINDWEIN, J. A.; VENTUROSU, L. R.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Respostas de duas cultivares de soja à adubação a lanço e em sulco, no município de Rolim de Moura/RO. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 50, p. 155-166, 2008.

CAMPOS, L. J. M.; COSTA, R. V.; ALMEIDA, R. E. M. DE; SIMON, J. Desempenho de cultivares de soja na safra 2015/2016. **Informativo Técnico: Fronteira Agrícola, Núcleo de Sistemas Agrícolas da Embrapa Pesca e Aquicultura**, n. 10, 2016.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2007.

DARONCH, D. J.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. A.; TAVARES, A. T.; SOUZA, C. M. Chemical composition of grains and environmental efficiency in soybeans grown under low latitude conditions. **Científica**, v. 46, n. 4, p. 359-366, 2018.

DARONCH, D. J.; AFFERRI, F. S.; TAVARES, A. T.; SOUZA, C. M.; PELUZIO, J. M. Eficiência ambiental e divergência genética de genótipos de soja na região Central do estado do Tocantins. **Cultura Agrônômica**, v. 28, p. 1-18, 2019.

DA SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 2009. 627p.

DOURADO, D. P.; PELUZIO, J. M.; REINA, E.; ALBERNAS, K. K.; LÁZARI, T. M.; MURAISHI, C. T. Protein content in *Glycine max* grains influenced by the mixed inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*. **Journal of bioenergy and food science**, v. 5, n. 2, p. 32-43, 2018.

ESPER NETO, M.; MINATO, E. A.; BESEN, M. R.; INOUE, T. T.; BATISTA, M. A. Biometric Responses of Soybean to Different Potassium Fertilization Management Practices in Years with High and Low Precipitation. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 42, 2018.

FARIA, L. A. DE; PELUZIO, J. M.; DOS SANTOS, W. F.; SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFERRI, F. S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. Brazilian Journal of Agricultural Sciences. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 2, p. 1-7, 2018.

HACKENHAAR, C.; PELUZIO, J. M.; SILVA, W. G.; LIMA, M. D.; HACKENHAAR, N. **Produtividade técnica e econômica de cultivares de soja em função de doses de potássio e época de semeadura na Região da Amazônia Legal**. Curitiba: CRV, 2017.

HACKENHAAR, N.; PELUZIO, J. M.; LIMA, M. D.; HACKENHAAR, C.; CARVALHO, E. V.; AFFERRI, F. S.; MANDARINO, J. M. G. Potássio e época de semeadura em cultivares de soja para teor de óleo e proteína. **Acta Iguazu**, v. 8, p. 1-11, 2019.

KUMAGAI, E.; TAKAHASHI, T. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) yield reduction due to late sowing as a function of radiation interception and use in a cool region of Northern Japan. **Agronomy**, v. 10, n. 66, p. 1-14, 2020.

LANGER, K.; LEVCHENKO, V.; FROMM, J.; GEIGER, D.; STEINMEYER, R.; LAUTNER, S.; ACHE, P.; HEDRICH, R. The poplar K<sup>+</sup> channel KPT1 is associated with K<sup>+</sup> uptake during stomatal opening and bud development. **The Plant Journal**, v. 37, p. 828-838, 2004.

LIMA, M. D.; PELUZIO, J. M.; MANDARINO, J.; LIMA, D. Potassium fertilization and sowing seasons on protein yield in soybean cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 392-397, 2017.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para produção agropecuária**. 2. ed. São Paulo: Anda, 1994. 62p.

NAOE, A. M.; PELUZIO, J. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P. Efeito do déficit hídrico e época de semeadura sobre os teores e rendimentos de óleo e proteína em cultivares de soja no Tocantins. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 116, 2017.

OCDE-FAO. Organisation de Coopération et de Développement Économiques - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural Outlook 2019-2028. Paris/Roma, OECD/FAO, 2019. 326p.

PETTER, F. A.; ALVES, A. U.; DA SILVA, J. A.; CARDOSO, E. DE A.; ALIXANDRE, T. A.; ALMEIDA, F. A.; PACHECO, L. P. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 89-100, 2014.

REINA, E.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P. E.; SIEBENEICHLER, S. C. Divergência genética e eficiência do uso do fósforo na soja visando à produção de biodiesel. **Revista Ciência Agronômica**, 2014. 45 (2), p. 344-350.

RIOS, S. A.; BORÉM, A.; GUIMARÃES, P. E. O. Divergência genética entre genótipos de milho quanto ao teor de carotenoides nos grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, p. 277-286, 2010.

ROTILLI, E. A.; AFFERRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; PIMENTA, R. S.; CARVALHO, E. V. Importância das características morfológicas e agronômicas no estudo da biodiversidade genética em milho. **Revista Verde**, v. 10, n. 5, p. 59-65, dez. 2015. Especial.

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**. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, R.; VARGAS, G. R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Revista Exatas Terra**, Ponta Grossa, 2014.

SERRA, L. S.; MENDES, M. R. F.; SOARES, M. V. A.; MONTEIRO, I. P. Revolução verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 1, n. 4, 2016.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

TOLLER, M.; PELUZIO, J. M.; REINA, E.; LIMA, M. D.; HACKENHAAR, C.; HACKENHAAR, N. Adubação potássica e época de semeadura em soja para a produção de etanol. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, 2018.

UMBURANAS, R. C.; YOKOYAMA, A. H.; BALENA, L.; DOURADO-NETO, D.; TEIXEIRA, W. F.; ZITO, R. K.; KAWAKAMI, J. Soybean Yield in Different Sowing Dates and Seeding Rates in a Subtropical Environment. **International Journal of Plant Production**, v. 13, p. 117-128, 2019.

USHERWOOD, N. R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Food**, Atlanta, v. 77, n. 1, p. 26-27, 1994.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; MARTHA JUNIOR, G. B. Adubação potássica e com micronutrientes. *In*: MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. **Cerrados: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa, 2007. p. 179-188.