

Correlações fenotípicas e análise de trilha para componentes de produtividade agronômica de cinco variedades de soja, semeados na região da Alta Paulista

Phenotypic correlations and path analysis for agronomic productivity components of five soybean varieties, sown in the region of Alta Paulista

Correlações fenotípicas y análisis de sendero de los componentes de producción agronómica de cinco variedades de soja, sembradas en la región de Alta Paulista

Artur Bernardeli Nicolai

Discente do curso de graduação em Engenharia Agrônômica, UNESP - FCAT, Brasil.
arturnicolai@gmail.com

Ronaldo Cintra Lima

Professor Assistente Doutor, UNESP - FCAT, Brasil.
rclima@dracena.unesp.br

Rafael Simões Tomaz

Professor Assistente Doutor, UNESP - FCAT, Brasil.
rafaelst@dracena.unesp.br

RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (*Glycine max*) com uma produção de 113,923 milhões de toneladas e área plantada de 33,890 milhões de hectares. Parte desse sucesso é devido ao desenvolvimento de variedades melhoradas com desempenho agrônômico superior e adaptadas às mais diversas regiões de cultivo. Visando o melhoramento genético, é de essencial importância a estimação de parâmetros genéticos com o intuito e conhecer a variabilidade genética, o grau de transmissão do componente genético nas características, e entender a relação entre elas, considerando ainda a alta influência do componente ambiental acarretado pela região e o sistema de cultivo. Com este intuito, este trabalho objetivou estudar as correlações fenotípicas por meio de análise de trilha com o intuito de verificar como a produtividade de grãos da soja, cultivada sob SPD, está relacionada com caracteres de produtividade, sob as condições edafoclimáticas da região da Alta Paulista. Foi considerado um experimento instalado segundo delineamento de blocos casualizados com seis repetições, sendo os tratamentos as cinco variedades, nas quais foram avaliadas 12 características. Foram identificadas correlações altas e significativas da característica produtividade de grãos para com as características massa seca total, altura de planta e altura da primeira vagem. Ainda, foram detectados efeito direto alto e positivo da característica produtividade de grãos para com as características massa seca total e altura da primeira vagem, indicando que seleção para essas variáveis deve acarretar ganhos de produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Correlação. SPD. Componentes de produtividade.

ABSTRACT

Brazil is the second largest producer of soybeans (*Glycine max*) with a production of 113.923 million tons and a planted area of 33.890 million hectares. Part of this success is due to the development of improved varieties with superior agronomic performance and adapted to the most regions. Aiming at genetic improvement, it is essential to estimate genetic parameters aiming to understand the genetic variability, the degree of transmission of the trait's genetic component, and to understand the relationship between them, also considering the high influence of the environmental component, entailed by the region and the cultivation system. The objective of this work was to study phenotypic correlations through path analysis in order to verify how grain yield of soybeans sown under No-tillage system is related to productivity traits, under the edaphoclimatic conditions of the region of Alta Paulista. An experiment was carried out according to a randomized complete block design with six replicates, the treatments being the five varieties, in which 12 characteristics were evaluated. High and significant correlations of grain yield characteristics were identified for the total dry mass, plant height and height of the first pod. Also, high and positive direct effect of the characteristic grain yield was detected with the characteristics of total dry mass and height of the first pod, indicating that selection for these variables should lead to productivity gains.

KEYWORDS: Correlation. No-tillage system. Productivity components.

RESUMEN

O Brasil es el segundo mayor productor mundial de soja (*Glycine max*) con una producción de 113.923 millones de toneladas y el área plantada de 33.890 millones de hectáreas. Parte del éxito es debido al desarrollo de variedades mejoradas con el rendimiento agronómico superior y adaptaciones a las más diversas regiones de cultivo. Visando o melhoramento genético, es de esencial importancia a la estimación de parámetros genéticos y el conocimiento de la variabilidad genética, el grado de transmisión de los componentes genéticos a las características, y entender relación e elas, considerando aún la alta influencia del componente ambiental acarretado por la región y el sistema de cultivo. Este trabajo visou estudiar las correlaciones fenotípicas por medio de análisis de sendero con la intuición de comprobar cómo una producción de grano de soja, cultivada bajo SPD, está relacionada con los caracteres de producción, bajo las condiciones meteorológicas y de la región de Alta Paulista. Se realizó un experimento con un diseño de bloques completos con seis repeticiones, siendo los tratamientos las cinco variedades, en que se evaluaron 12 características. Foram identificadas correlaciones altas y significativas de la característica de producción de grados para com como características masa total, altura de planta y altura de la primera vaina. Todavía, foram detectados efecto direto alto y positivo de características productivas de granos para com como características masa seca total y altura de la primera vaga, indicando que seleccionan para variantes esenciales para acarretar ganhos de produtividade.

PALABRAS CLAVE: Correlación. Siembra directa. Componentes de productividad.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (*Glycine max*) com uma produção de 113,923 milhões de toneladas e área plantada de 33,890 milhões de hectares segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017). Parte desse sucesso é devido ao desenvolvimento de variedades melhoradas com desempenho agrônomico superior, direcionado às mais diversas regiões de cultivo. A obtenção de genótipos mais produtivos constitui um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de espécies cultivadas, e pode ser alcançado por meio da seleção e multiplicação dos indivíduos de melhor desempenho produtivo (BÁRBARO *et al.*, 2007).

Para auxiliar neste processo, deve ser realizada a estimação dos parâmetros genéticos, que, segundo ROCHA *et al.* (2003), é de suma importância pois permite estes conhecer a variabilidade genética, o grau de transmissão do componente genético na expressão dos caracteres, e se existe uma relação entre eles. Assim, de acordo com OLIVEIRA *et al.* (2000), um dos parâmetros indispensáveis é a correlação, por permitir subsídios para a seleção ou descarte de materiais genéticos, e auxiliar na definição da estratégia a ser adotada no programa de melhoramento.

De acordo com MUCCI PELUZIO *et al.* (2005), a existência de correlações fenotípicas possivelmente são decorrentes de efeitos pleiotrópicos ou desequilíbrio de ligação gênica entre os pares de caracteres. No entanto, estes coeficientes não proporcionam a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos entre as características, apesar de serem de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências (CRUZ *et al.*, 2004). Segundo estes autores, faz-se necessário o desdobramento destes por meio da análise de trilha, método desenvolvido por Wright (1921) e Wright (1923) e pormenorizada por Li (1975). Também conhecido como *Path analysis*, este método consiste do estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica (CRUZ *et al.*, 2004). Apesar de a correlação ser uma característica intrínseca a dois caracteres, em dada condição experimental, sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados, que normalmente são avaliados pelo conhecimento prévio do pesquisador de suas importâncias e de possíveis inter-relações expressas em “diagramas de trilha”.

Com a expansão da fronteira agrícola e a transformação de ambientes naturais em sistemas agrícolas tem provocado a degradação de extensas áreas, em consequência de sua exploração inadequada (CARVALHO FONSECA *et al.*, 2007). Associado a isto, tem havido uma pressão social e econômica para a produção de alimentos nos últimos anos, que tem provocado a utilização de áreas com solos de baixa aptidão agrícola. Dessa forma, de acordo com LEITE, *et al.* (2010), a adoção de sistemas de manejo do solo considerados conservacionistas, como o sistema de plantio direto (SPD), tem-se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo. De acordo com BAYER, *et al.* (2004), o SPD conduz a aumentos nos estoques de carbono orgânico do solo em comparação ao preparo convencional. Ainda, segundo DERPSCH *et al.*, (2010), esse sistema possui múltiplos benefícios em relação ao sistema de plantio convencional, como a diminuição da degradação do solo,

maior atividade biológica, e aumento da fertilidade; atributos que resultam em uma maior produtividade e sustentabilidade.

No entanto, são escassas na literatura informações a respeito de como os componentes de produtividade da soja se comportam submetidos ao Sistema de Plantio Direto. E por tal motivo, visamos neste trabalho investigar como os caracteres de soja se comportam nessa situação experimental com o intuito de contribuir para subseqüentes atividades de melhoramento genético.

OBJETIVO

Objetivou-se com este trabalho estudar as correlações fenotípicas por meio de análise de trilha com o intuito de verificar como a produtividade de grãos da soja, cultivada sob SPD, está relacionada direta ou indiretamente com os demais caracteres de produtividade, sob as condições edafoclimáticas da região da Alta Paulista.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental, material genético e características avaliadas

O experimento foi conduzido na Área Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP – Câmpus de Dracena, nas coordenadas: Latitude 21°29'S e Longitude 51°52'W, Altitude média de 420m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é do tipo Aw, e dados climáticos médios anuais: temperatura 23,97°C, umidade relativa 64,23% e precipitação pluvial de 1261 mm/ano. O solo foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de classificação, como ARGISSOLO VERMELHO distrófico (EMBRAPA, 2013).

Foi realizada análise química do solo da camada de 0-20 cm, segundo VAN RAIJ *et al.* (1996), antes da instalação do experimento, a qual indicou os parâmetros: pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 4,9; 22 mmol_c dm⁻³ de H⁺ + Al³⁺; 14 mmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 8 mmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 5,0 mmol_c dm⁻³ de K⁺; 8,0 mg dm⁻³ de P (P-resina); 14 g dm⁻³ de matéria orgânica e 56% de saturação por bases. A análise química permitiu o ajuste da CTC, a fim de elevar a saturação por bases a 70%, recomendado para a cultura, sendo a dose de calcário recomendada de 1,15 t ha⁻¹.

A área do experimento teve como cultura antecessora o milho safrinha no ano de 2016. Em agosto de 2016, foi semeada a forrageira *Urochloa ruziziensis* para aporte de palhada visando a sustentabilidades e viabilidade do SPD. Foi utilizada semeadora GIHAL, Modelo GA 2500-E, configurada para plantio direto com 5 linhas espaçadas de 45 cm, a quantidade utilizada foi de 10 kg de sementes por hectare; valor cultural (VC=76%). Para melhor distribuição da semente, foi utilizada a mistura da semente com 150 kg calcário e semeada a uma profundidade média de 3 cm.

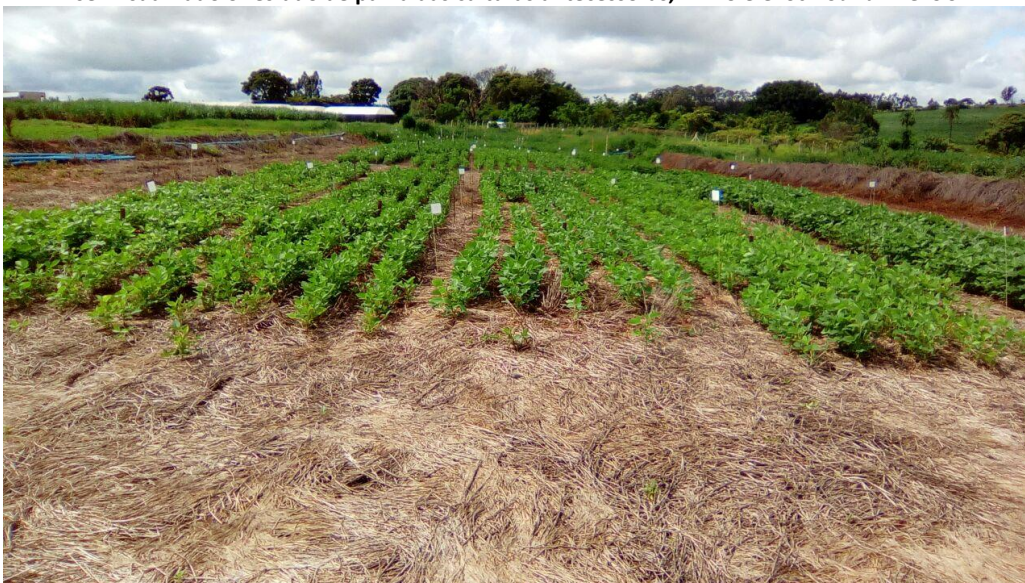
A dessecação da forrageira para implantação da cultura da soja foi realizada no dia 18 de novembro de 2016 com o herbicida glifosato WG na dose de 2,5 kg ha⁻¹ e volume de calda de 240 L ha⁻¹. A semeadura da soja foi realizada em 05 de dezembro de 2016 utilizando sementes das cultivares Potência, Codetec 2728, Garra BMX, Agroeste 3680 e Agroeste 3730; com densidade de semeadura de 17 sementes por metro e espaçamento entrelinha de 0,45 m. As sementes foram tratadas com 100 mL de inseticida Standak® TOP (p.c.) e inoculante turfoso Masterfix Soja na dose de 200 g 100 kg⁻¹ de sementes. A adubação mineral de semeadura foi realizada com 385 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e adubação de cobertura com 90 kg ha⁻¹ de K₂O no dia 25/12/2016.

O controle de plantas daninhas foi realizado em 03/01/2017 com uso do herbicida glifosato WG na dose de 1,5 kg ha⁻¹. Para controle da ferrugem asiática foram realizadas três aplicações: do fungicida opera (p.c.) na dose de 0,7 L ha⁻¹ em 03/01/2011, do fungicida Cypres 300 mL ha⁻¹ + 600 mL ha⁻¹ de óleo mineral ninbus em 18/01/2017, e do fungicida Ellatus 200 g ha⁻¹ + 600 mL ha⁻¹ de óleo mineral ninbus em 06/02/2017. Para o controle de lagartas e percevejos foram realizadas quatro aplicações do inseticida Conect (p.c.) na dose de 1,0 L ha⁻¹ nas respectivas datas: 03/01; 06/02; 28/02 e 10/03/2017.

Foram avaliadas 13 características agrônômicas na cultura da soja, descritas a seguir. Estande final (Np): para estas avaliações foram contadas as plantas em três linhas centrais de três metros de cada parcela, sendo esta constituída de 5 linhas de 5 metros. Os valores obtidos foram extrapolados para o número de plantas ha⁻¹. Altura de planta (A): a altura média das plantas de soja foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta até a extremidade apical em dez plantas por parcela, na época da colheita. Altura de inserção da primeira vagem (Apv): para a altura média de inserção da primeira vagem foi adotada a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem em dez plantas por parcela. Número de vagens por planta: foi contado o número de vagens presentes por planta, em dez plantas por parcela, sendo consideradas vagens com um (V1g), dois (V2g), três (V3g) e quatro grãos (V4g). Massa de 1000 grãos (Mmg): foram avaliadas duas repetições de 100 grãos, cujas massas foram pesadas e ajustadas para 13% de teor de água, possibilitando estimar a massa em gramas de 1000 grãos segundo metodologia descrita por BRASIL (2009). Número de hastes (Nh): foi contado o número de hastes em cada uma das dez plantas por parcela. Produtividade de grãos (Pg): para esta avaliação foram coletadas as plantas em três linhas centrais de três metros de cada parcela e submetidas à trilha mecânica e, após a debulha, foram pesados os grãos. A massa de grãos foi corrigida para o grau de umidade de 13% à base úmida e transformada para kg ha⁻¹. Clorofila (Clr): foi utilizado o Chlorophyll Meter SPAD-502 (Soil-Plant Analysis Development Section, Minolta Camera Co., Osaka, Japan) para a determinação indireta da concentração de clorofila em valor SPAD. As leituras feitas pelo clorofilômetro foram realizadas na ocasião do início do florescimento em 03/02/2017, as determinações foram realizadas em 20 repetições por parcela, tomando as leituras no 3º trifólio totalmente expandido. A colheita foi realizada em 05/04/2017. Palhada de soja (Ps): para determinação da palhada de soja, foi calculada a massa do feixe úmido

colhido em 3 linhas centrais de 3 metros, da parcela, corrigido para peso seco e convertido para unidade de kg ha^{-1} . Massa seca total (Mst): corresponde à palhada de soja mais grão. Na Figura 1 está apresentada uma fotografia de um dos blocos do experimento, no qual pode ser visualizado resíduos de palha das culturas antecessoras, o milho e a forrageira *Urochloa ruziziensis*.

Figura 1: Bloco do experimento de soja semeado em SPD em dezembro de 2016. Estão apresentadas as variedades Agroeste 3730, Agroeste 3680, Garra BMX, Codetec 2728 e Potência, da esquerda para a direita, delimitadas por bandeirolas para identificação das parcelas. No carreador e entre as linhas do experimento, pode ser visualizado o resíduo de palha das culturas antecessoras, milho e *Urochloa ruziziensis*.



Fonte: Dados de pesquisa, 2017.

Análise estatística de dados

O experimento foi instalado segundo delineamento de blocos casualizados com seis (06) repetições, sendo os tratamentos as cinco variedades avaliadas. Para análise dos dados, para cada característica foi realizada análise de variância considerando o modelo estatístico: $Y_{ij} = m + T_i + B_j + e_{ij}$; em que Y_{ij} corresponde ao valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento i no bloco j ; m , à média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo; T_i , ao efeito do particular tratamento i no valor observado Y_{ij} ; B_j , ao efeito do bloco j no valor observado Y_{ij} ; e e_{ij} , ao erro experimental na observação Y_{ij} . Foi estimado o desempenho produtivo das variedades as quais potencialmente poderão ser recomendadas para o cultivo, em sistema de plantio direto, na região da Nova Alta Paulista. Todas as variáveis foram analisadas por meio de rotinas desenvolvidas pelos autores no Software livre R (R Core Team, 2016).

Foi realizada análise de correlações parciais para construção de diagrama de trilha com o intuito de identificar as relações causais entre as variáveis analisadas, e a variável Produtividade de grãos (Pg) tomada como principal. Foram estimados os coeficientes de

correlação de Pearson (STELL *et al.*, 1997), entre as treze características. As correlações das variáveis selecionadas e a variável principal (variável dependente) foram desdobradas em efeitos diretos e efeitos indiretos, por meio da análise de trilha, sendo considerados diagramas com uma única cadeia, estabelecendo-se as relações de causa e efeito entre as características, conforme descrito por CRUZ *et al.* (2004). Ainda, foi avaliada a hipótese de que o coeficiente de correlação (r) é igual a zero ($H_0: r = 0$) por meio de do teste t: $t = \left(r / \sqrt{1 - r^2} \right) / \sqrt{n - 2}$; em que t está associado a $n - 2$ graus de liberdade ao nível α de significância. Se $|r| \geq r(\alpha, n - 2)$, rejeita-se a hipótese. Foi adotado o nível de 0,1% de significância para realização do teste. A análise estatística foi realizada por meio de rotinas desenvolvidas pelos autores no Software livre R (R Core Team, 2016) e por meio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância demonstraram existência de diferenças significativas ($p < 0,05$) para todas as características avaliadas exceto “Clr”. Embora não tenham sido realizados cruzamentos, essa análise indica existência de variabilidade de cunho genético para as características nas variedades consideradas, sendo importante no contexto de melhoramento genético. Os coeficientes de variação apresentaram-se em torno de 3,8% para as características “Clr” e “Mmg”; 12,87% para “A”, “Pg”, “Np” e “Ps”; 23,31% para “Apv”, “V2g” e “V3g”; e superiores a 30% para “V1g”, “V4g” e “Nh”. Segundo PIMENTEL GOMES (1990), o coeficiente de variação diz respeito à precisão do experimento, podendo ser considerada baixo quando inferior a 10%, médio quando entre 10 e 20%, alto quando entre 20 e 30%, e muito alto quando superior a 30%.

Na Tabela 1 estão apresentados os coeficientes de correlação para as 13 características avaliadas tomadas aos pares. O coeficiente de correlação é uma medida que reflete o grau de associação entre as características. Para fins de seleção, o seu conhecimento é de extrema importância porque indica como a seleção para um caráter vai influenciar a expressão dos demais. Segundo ALMEIDA LOPES *et al.* (2002), tal parâmetro é de suma importância para os programas de melhoramento, uma vez que estes, além de visar aprimorar um caráter tomado como principal, buscam também manter ou melhorar a expressão de outros caracteres simultaneamente. Por meio da análise dos dados apresentados na tabela, verificou-se que 12 das 78 correlações obtidas apresentaram significância por meio do teste t ($p < 0,001$), sendo a correlação de 0,570 o valor limítrofe. As correlações fenotípicas das características avaliadas que demonstraram valores significativos para: “Pg” e “A”; “Pg” e “Apv”; “Mst” e “Ps”; “Mst” e “A”; “Mst” e “Apv”; “Mst” e “Np”; “Ps” e “A”; “Ps” e “Np”; “A” e “Apv”; “Apv” e “Np”; “V1g” e “Np”; “V2g” e “Np”. Embora tenha sido adotado nível de 0,1% de significância na avaliação estimativas dessas correlações, existe uma tendência entre os melhoristas de plantas de se valorizar mais o sinal, seja ele positivo ou negativo, e a magnitude dos valores na interpretação aplicada das correlações (ALMEIDA LOPES *et al.*, 2002). Por tal motivo, ainda segundo os

autores, tem sido prática comum valorizar as estimativas abaixo de -0,50 e acima de 0,50. Das correlações apresentadas, “Mst” e “Ps”; “Mst” e “Np”; “Ps” e “Np”; e “V1g” e “Np” apresentaram estimativas do coeficiente de correlação, cujo módulo foram superiores a 0,70.

Tabela 1. Correlações fenotípicas das variáveis avaliadas em cinco variedades de soja, em período de safra, na região da Alta Paulista.

	Clr	Mst	Ps	A	Apv	V1g	V2g	V3g	V4g	Nh	Mmg	Np
Pg	0,11	0,56	0,33	0,63***	0,60***	-0,35	-0,06	0,01	0,14	0,22	0,08	0,41
Clr		0,06	0,04	0,11	0,23	0,12	0,03	0,10	0,10	0,00	0,15	0,08
Mst			0,96***	0,69***	0,67***	-0,55	-0,40	-0,37	0,31	0,16	-0,10	0,75***
Ps				0,58***	0,54	-0,53	-0,48	-0,38	0,27	0,14	-0,13	0,75***
A					0,74***	-0,33	-0,22	-0,07	0,28	0,03	0,01	0,47
Apv						-0,47	-0,45	-0,28	0,15	0,04	-0,27	0,62***
V1g							0,67	0,21	0,03	0,04	0,55	-0,70***
V2g								0,45	0,13	-0,18	0,49	-0,66***
V3g									-0,14	-0,18	-0,15	-0,30
V4g										0,05	0,34	0,13
Nh											0,21	-0,04
Mmg												-0,37

***- $p < 0,001$. Fonte: Dados de pesquisa, 2017.

Embora a análise de correlação seja importante para entendimento das inter-relações entre as características, valores altos não necessariamente implicam em relação de causa e efeito. Com tal objetivo, foi realizada uma análise de trilha (ou “*path analysis*”) que consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica, neste caso, “Pg”. As estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, na qual as variáveis são previamente padronizadas. Segundo CRUZ *et al.* (2004), apesar de a correlação ser uma característica intrínseca a dois caracteres em dada condição experimental sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados, que normalmente são avaliados pelo conhecimento prévio do pesquisador de suas importâncias e de possíveis inter-relações expressas em “diagramas de trilha”. Na Tabela 2 estão apresentados os efeitos diretos e indiretos das variáveis analisadas sobre “Pg” considerando os cinco cultivares de soja. O coeficiente de determinação da análise (0,883519) indicou que 88,35% da variação em “Pg” é explicado pelo efeito das variáveis analisadas, o que constitui um resultado interessante e desejável.

Tabela 2. Estimativa dos efeitos diretos e indiretos obtidos por meio da análise de trilha sobre a variável principal produtividade de grãos. Os efeitos diretos estão apresentados na diagonal principal da tabela. Os efeitos indiretos estão apresentados nos elementos fora da diagonal e dizem respeito ao efeito da variável apresentada da primeira coluna via variável apresentada na primeira linha. O coeficiente de determinação (R^2) da análise foi de 0,8835194; e o efeito da variável residual foi de 0,34129254.

	Clr	Mst	Ps	A	Apv	V1g	V2g	V3g	V4g	Nh	Mmg	Np
Clr	-0,0373	0,1440	-0,0805	0,0037	0,0134	-0,0074	-0,0024	0,0266	-0,0132	-0,0005	0,0390	0,0212
Mst	-0,0021	2,5070	-2,1170	0,0240	0,0391	0,0335	0,0302	-0,1006	-0,0394	0,0200	-0,0251	0,1889
Ps	-0,0013	2,3966	-2,2160	0,0201	0,0319	0,0319	0,0356	-0,1049	-0,0350	0,0173	-0,0350	0,1895
A	-0,0040	1,7395	-1,2901	0,0347	0,0435	0,0201	0,0162	-0,019	-0,0352	0,0037	0,0028	0,1175
Apv	-0,0085	1,6689	-1,2024	0,0256	0,5888	0,0287	0,0339	-0,0776	-0,0186	0,0056	-0,0691	0,1571
V1g	-0,0046	-1,3892	1,1693	-0,0115	-0,0279	-0,0605	-0,0499	0,0588	-0,0041	0,005	0,143	-0,1774
V2g	-0,0012	-1,0120	1,054	-0,0075	-0,0266	-0,0403	-0,0749	0,1226	-0,0161	-0,0228	0,1278	-0,1674
V3g	-0,0036	-0,9226	0,8499	-0,0024	-0,0167	-0,0130	-0,0335	0,2737	0,0178	-0,0223	-0,0381	-0,0750
V4g	-0,0038	0,7794	-0,6031	0,0096	0,0086	-0,0019	-0,0095	-0,0385	-0,1268	0,0061	0,0877	0,0322
Nh	0,0001	0,3981	-0,3058	0,0010	0,0026	-0,0024	0,0135	-0,0484	-0,0062	0,1260	0,0549	-0,0105
Mmg	-0,0055	-0,2419	0,2975	0,0003	-0,0156	-0,0331	-0,0367	-0,0399	-0,0426	0,0265	0,2609	-0,0937
Np	-0,0031	1,8807	-1,6671	0,0161	0,0367	0,0426	0,0497	-0,0815	-0,0162	-0,0052	-0,0971	0,2519

Fonte: Dados de pesquisa, 2017.

GONSIORKIEWICZ RIGON *et al.* (2012) avaliando 18 variedades de soja na Região de Guarani das Missões – RS –, obteve coeficiente de determinação de 64%, em modelo para rendimento de grãos, considerando seis caracteres: maturação fisiológica, índice de acamamento, altura de planta, altura da inserção do primeira vagem e massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Os autores ressaltam que a produtividade de grãos constitui caráter quantitativo, sendo controlado por muitos genes, cada qual com pequeno efeito, sendo influenciados fortemente pelas condições ambientais. Por tal motivo, verifica-se um sistema de inter-relações sobre “Pg”, com influência dos demais caracteres, sendo estes denominados efeitos indiretos.

GONSIORKIEWICZ RIGON *et al.* (2012) ressalta que quando as estimativas dos efeitos diretos sobre o rendimento são inferiores às correlações, isto constitui indício de que existem outras características exercendo influência nas correlações com a variável tomada como principal. Na Tabela 3 estão apresentadas as correlações fenotípicas (r) e o Efeito Direto (E.D.) das características avaliadas em relação à “Pg”. Segundo CRUZ *et al.* (2004), para fins de melhoramento, é importante identificar, dentre os caracteres de alta correlação com a variável principal, aqueles de maior E.D. e em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente. Assim, caracteres com altos valores de r , mas com E.D. em sentido desfavorável (negativos, neste caso), indicam ausência de causa e efeito. Isso implica que o caráter auxiliar não é o principal determinante nas variações em “Pg”, e que devem existir outros caracteres que poderão proporcionar maior impacto em termos de ganho com a seleção, caso este seja realizado.

Tabela 3. Correlações fenotípicas (r) e Efeito direto (ED) das características avaliadas em relação à “Pg”.

	Clr	Mst	Ps	A	Apv	V1g	V2g	V3g	V4g	Nh	Mmg	Np
r	0,11	0,56	0,33	0,63***	0,60***	-0,35	-0,06	0,01	0,14	0,22	0,08	0,41
E.D.	-0,037	2,507	-2,216	0,035	0,589	-0,061	-0,075	0,274	-0,127	0,1260	0,2609	0,2519

***- $p < 0,001$. Fonte: Dados de pesquisa, 2017.

Neste trabalho, foi detectado E.D. alto e positivo de “Mst” e “Apv”, indicando que seleção para essas variáveis deve acarretar ganhos também em “Pg”, devido ao valor de correlação superior a 0,50. Segundo ALMEIDA LOPES *et al.* (2002), o mesmo não ocorrerá, por exemplo, com as variáveis “V3g” e “Mmg” que possuem baixa r com “Pg” apesar de apresentarem E.D. de magnitude moderada. Foi detectado ainda, E.D. negativo de alta magnitude para a variável “Ps”, o que indica ausência de causa efeito, apesar da estimativa de correlação $r = 0,33$ com “Pg”.

Ainda segundo CRUZ *et al.* (2004), caracteres com alta correlação, mas com baixo efeito direto, indicam que a seleção no caráter auxiliar pode não proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal. Neste caso, a melhor estratégia deverá ser a seleção simultânea de caracteres. Este constitui o caso da variável “A” que, apesar de se apresentar

significativamente correlacionada com “Pg” ($r = 0,63$), apresentou efeito direto muito baixo (0,0347), indicando que a correlação é devido a efeito indireto de outras variáveis. Isso significa que selecionar plantas mais altas não necessariamente acarretará em ganhos em “Pg” caso seja realizada etapa de seleção nas gerações recombinantes.

O conhecimento da natureza de como as características se relacionam umas com as outras é de grande importância para definição de estratégias de seleção indireta, bastante utilizadas em programas de melhoramento genético, principalmente quando as variáveis de interesse são de difícil mensuração. Ressalta-se mais uma vez que as informações, tais quais obtidas neste trabalho, são dependentes do ambiente considerado, uma vez que caracteres de produtividade são características quantitativas. Por tal motivo são tão importantes resultados como estes, direcionados sistemas de cultivo específicos, como SPD, e para regiões específicas, como a Alta Paulista. Estes resultados permitirão nortear o processo seletivo visando a “Pg”, assim como as demais características.

CONCLUSÕES

Foram identificadas correlações altas e significativas da característica produtividade de grãos para com as características massa seca total, altura de planta e altura da primeira vagem. Ainda, foram detectados efeito direto alto e positivo da característica produtividade de grãos para com as características massa seca total e altura da primeira vagem, indicando que seleção para essas variáveis deve acarretar ganhos de produtividade. O mesmo não ocorrerá caso seja procedida seleção na característica altura devido ao seu baixo efeito direto sobre Produtividade. Esses resultados são aplicáveis às condições edafoclimáticas da região da Alta Paulista, na soja semeada em SPD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA LOPES, Ângela Celis et al. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

BÁRBARO, Ivana Marino et al. Variabilidade e correlações entre produtividade de grãos e caracteres agrônômicos. *Científica*, v. 35, n. 2, p. 136-145, 2007.

BAYER, Cimélio et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p.

CARVALHO FONSECA, Graziella et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 1, 2007.

Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB. **Monitoramento agrícola – Safra 2016/17**. Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17 - Oitavo levantamento, Brasília, p. 1-144, 2017.

CRUZ, Cosme Damião. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. Agronomy, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, Cosme Damião; REGAZZI, Adair José; CARNEIRO, Pedro Crescêncio Souza. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. V.1. 3ª ed. Viçosa, UFV. 480p. 2004.

DERPSCH, Rolf et al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

GONSIORKIEWICZ RIGON, João Paulo *et al.* Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. *Revista Ceres*, v. 59, n. 2, 2012.

LEITE, Luiz FC et al. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2010.

LI, Ching Chun et al. *Path analysis-a primer*. The Boxwood Press., 1975.

MUCCI PELUZIO, Joênes et al. CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES DE SOJA, EM GURUPI, TOCANTINS. *Revista Ceres*, v. 52, n. 303, 2005.

OLIVEIRA, M. et al. Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açaizeiro. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2000.

PIMENTEL GOMES, Frederico. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990.

R Core Team (2016). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROCHA, M. de M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de caupi de tegumento branco. *Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2003.

STEEL, R.G.D. *et al.* Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3.ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.

VAN RAIJ, B. *et al.* *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: IAC, 1996.

WRIGHT, Sewall. Correlation and causation. *Journal of agricultural research*, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.

WRIGHT, Sewall. THE THEORY OF PATH COEFFICIENTS A REPLY TO NILES'S CRITICISM. *Genetics*, v. 8, n. 3, p. 239-255, 1923.