

ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES EM SOJA CULTIVADA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA

PATH ANALYSIS AND CORRELATIONS AMONG TRAITS IN SOYBEAN GROWN IN TWO DATES SOWING

Ana Paula Oliveira NOGUEIRA¹; Tuneo SEDIYAMA²; Larissa Barbosa de SOUSA⁴; Osvaldo Toshiyuki HAMAWAKI¹; Cosme Damião CRUZ²; Derval Gomes PEREIRA³; Éder MATSUO⁵

1. Professor(a), Doutor(a), Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. anap@ingeb.ufu.br; 2. Professor, Doutor, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil. 3. Professor, Doutor, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Jequié, BA, Brasil. 4. Doutorado em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil. 5. Doutor em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa.

RESUMO: O conhecimento das relações existentes entre caracteres, tais como estimados pelas correlações, tem sido de grande relevância no melhoramento vegetal, pois fornece informações úteis ao melhorista no processo de seleção. Todavia, a quantificação e a interpretação da magnitude das correlações não implicam efeitos diretos e indiretos. Nesse contexto, a análise de trilha apresenta-se como uma alternativa viável. Os objetivos deste estudo foram avaliar as correlações fenotípicas e genotípicas entre caracteres agrônômicos importantes no melhoramento genético da soja, realizar análise de trilha, tendo como caráter principal a produtividade de grãos e identificar critérios de seleção indireta para produtividade de grãos. Foram conduzidos dois experimentos em condições de casa de vegetação, semeados em fevereiro e em dezembro de 2007. Os tratamentos foram constituídos de 90 genótipos de soja incluindo linhagens e cultivares. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por três plantas cultivadas em substrato num vaso de 3dm³. Avaliaram-se os caracteres: número de dias para o florescimento e maturidade; altura da planta no florescimento e maturidade; número de nós na haste principal; altura da primeira vagem; número de vagens; produtividade de grãos; número médio de grãos por vagem; e o peso de 100 grãos. As correlações genotípicas tiveram, predominantemente, magnitude superior às correlações fenotípicas, sendo ambas de mesmo sinal nas duas épocas de semeadura. A partir das correlações fenotípicas, genotípicas e a análise de trilha identificaram-se o caráter número de vagens por planta, independentemente da época de semeadura, de maior efeito favorável sobre a produtividade de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*. Caracteres agrônômicos. Produtividade de grãos.

INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento genético, ao longo do processo de seleção, objetiva-se melhorar um caráter principal, além de manter ou aprimorar a expressão de outros caracteres simultaneamente (LOPES et al., 2002). Nesse aspecto, o conhecimento das relações existentes entre caracteres, tais como estimados pelas correlações, tem sido de grande relevância no melhoramento vegetal, pois fornece informações úteis ao melhorista que auxiliam no processo seletivo.

Com base em estimativas de correlação, é possível praticar a seleção indireta para um caráter principal, caracterizado por baixa herdabilidade e/ou de difícil avaliação, obtendo-se ganhos genéticos mais rápidos em relação ao uso da seleção direta (CRUZ et al., 2004).

A correlação entre dois caracteres pode ser de natureza fenotípica, genotípica ou ambiental, sendo que somente as correlações genotípicas que envolvem uma associação de natureza herdável é de

maior interesse para o melhoramento. Conforme Falconer (1996), a correlação genética tem duas causas, uma devido à pleiotropia, causa principal, e a outra ocasionada pela ligação gênica, causa temporária. Em soja, os estudos sobre correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente tem envolvido os caracteres coletados desde o florescimento até a maturação, destacando-se a produtividade e seus componentes (AKHTER; SNELLER, 1996; TAWARE et al., 1997; WILCOX; SHIBLES, 2001; CARVALHO et al., 2002).

Correlações genotípicas com sinal igual e valores maiores que as fenotípicas tem sido comuns em soja (MORO et al., 1992; TAWARE et al., 1997). Em estudos com parentais homozigóticos e os F₂ heterozigóticos, Lopes et al. (2002) observaram que as correlações genotípicas e fenotípicas foram bastante concordantes nos dois grupos no que tange as suas magnitudes e direções.

Avaliando caracteres agrônômicos em soja, Pelúzio et al. (1997) observaram valores de correlações genéticas oscilando entre médios a altos

entre os caracteres número de dias para maturidade, altura de planta na maturidade e o peso de grãos.

Em pesquisas com sete populações de soja cujas gerações eram F₄ e F₅, Bárbaro et al. (2007) observaram altas estimativas de correlações entre produtividade de grãos e o número de sementes, recomendando tal caráter para a seleção indireta para produtividade de grãos.

Estudando 12 cultivares de soja cultivadas em campo, Almeida et al. (2010) estimaram correlações fenotípicas e genotípicas entre oito caracteres. Conforme os autores, a seleção de plantas cujo florescimento é tardio e com maior altura da primeira vagem seria possível o melhoramento indireto para o caráter produtividade de grãos.

Embora seja de grande importância o conhecimento das correlações, alguns cuidados devem ser considerados, pois elas não são medidas de causa e efeito, e a interpretação direta das suas magnitudes pode resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois a correlação alta entre dois caracteres pode ser resultado do efeito indireto de um terceiro caráter ou de um grupo de caracteres. Nesse caso, o emprego de metodologias específicas, como, por exemplo, a análise de trilha, auxilia no entendimento das reais relações entre os caracteres (WRIGHT, 1921; WRIGHT 1923; Li, 1975).

Em estudos de análise de trilha, em que a produtividade de grãos é o caráter principal, tem sido relatado o número de vagens por planta, seguido do peso de 100 sementes com efeito direto e positivo sobre a produtividade de grãos (KHAN et al., 2000; IQBAL et al., 2003).

Carvalho et al. (2002) realizaram estudos de correlações e análise de trilha em linhas puras F9 e F10 provenientes de quatro cruzamento distintos. Os resultados da pesquisa evidenciaram que o número de dias para maturidade e altura da planta no florescimento individualmente ou a combinação do número de dias para maturidade, altura de planta no florescimento e o número de nós podem auxiliar na seleção quanto à produtividade de grãos.

Avaliando nove genótipos de soja cultivados sob condição de casa de vegetação, Bizeti et al. (2004) desdobraram as correlações fenotípicas em efeitos diretos e indiretos de várias características sobre a variável principal produtividade de grãos e, ainda, compararam métodos alternativos para atenuar o efeito da multicolinearidade. Os autores observaram que o tamanho da semente não foi importante para aumento da produtividade, ao passo que, número de nós e altura da planta apresentaram correlações significativas com a produtividade de grãos.

Os objetivos deste estudo foram avaliar as correlações fenotípicas e genotípicas entre caracteres agrônômicos importantes no melhoramento genético da soja, realizar análise de trilha, tendo como caráter principal a produtividade de grãos e identificar critérios de seleção indireta para produtividade de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em condições de casa de vegetação do Programa de Melhoramento Genético de Soja, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, localizado no Campus Universitário, no município de Viçosa, Estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 20°45'S e 42°51'W.

Foram realizados dois experimentos, em duas épocas de semeadura, em que o primeiro foi semeado em 08/02/2007 e o segundo semeado em 20/12/2007. Os tratamentos foram constituídos de 90 genótipos de soja. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos completos casualizados com 3 repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de aproximadamente 3dm³ preenchidos substrato e cultivado com três plantas. Os vasos de plásticos foram preenchidos com substrato (2/3 solo com 1/3 matéria orgânica). Todos os tratamentos receberam adubação de plantio com N (20 kg.ha⁻¹), P₂O₅ (200 kg.ha⁻¹), e K₂O (100 kg.ha⁻¹). Os adubos foram misturados uniformemente ao substrato, para evitar contato direto com a semente. Os vasos foram colocados sobre bancadas dispostas dentro da casa de vegetação.

Vinte horas anteriores à semeadura foi realizada uma irrigação nos vasos, para facilitar a abertura de covas. Foram feitas seis covas em cada vaso, na profundidade de 3cm, e em cada uma foi semeado uma semente. Após a emergência foi feito o desbaste, realizando padronização das plantas e deixando três plantas por vaso.

No momento da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Derosal Plus[®], na dose recomendada para a cultura e, posteriormente, realizou-se a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. No período de condução do experimento foram realizadas irrigações de acordo com a necessidade, mantendo-se os vasos livres de plantas daninhas. Adubações de coberturas e controle de pragas e doenças foram realizadas de acordo com a necessidade da cultura. Quando necessário, as plantas foram tutoradas, utilizando um tutor (bambu) por planta.

Em cada parcela, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas e, também após a colheita, realizaram-se as seguintes avaliações: a) Número de dias para o florescimento (NDF – R1); b) Número de dias para maturidade (NDM-R8); c) Altura da planta no florescimento (APF, cm); d) altura da planta na maturidade (APM, cm); e) Número de nós na haste principal na maturidade (NNM); f) altura da primeira vagem (APV, cm); g) número total de vagens por planta (NVP); h) número médio de grãos por vagem (NGV); i) peso de cem grãos (PCG); j) produtividade de grãos por planta (PG, g); k) índice de colheita: obtido pela razão entre o peso da massa seca do grão e o peso da massa seca da parte aérea. Os estádios de desenvolvimento foram identificados de acordo com a escala de desenvolvimento de FEHR & CAVINESS (1977).

Inicialmente, realizaram-se análises de variância individual em cada época de semeadura e posteriormente, a análise conjunta. Quando a interação foi significativa, realizou-se a decomposição da interação em partes simples e a correlação entre ambientes.

Em cada época de semeadura, foram estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas entre caracteres, conforme estimadores:

a) Fenotípica:

$$r_f = \frac{PMG_{xy}}{\sqrt{QMG_x QMG_y}}$$

Em que: r_f : estimador da correlação fenotípica; PMG_{xy} : produto médio entre os genótipos para os caracteres X e Y; QMG_x : quadrado médio entre os genótipos para o caráter X; QMG_y : quadrado médio entre os genótipos para o caráter Y;

b) Genotípica:

$$r_G = \frac{(PMG_{XY} - PMR_{XY})/r}{\sqrt{\hat{\sigma}_{g(X)} \hat{\sigma}_{g(Y)}}} = \frac{\hat{\sigma}_{g(XY)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{g(X)} \hat{\sigma}_{g(Y)}}}$$

$$\hat{\sigma}_{g(X)} = \frac{QMG_X - QMR_X}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{g(Y)} = \frac{QMG_Y - QMR_Y}{r}$$

$\hat{\sigma}_{g(XY)}$: estimador da covariância genotípica; $\hat{\sigma}_{g(X)}$ e $\hat{\sigma}_{g(Y)}$: estimadores dos componentes quadráticos associados à variabilidade genotípicas para os caracteres X e Y, respectivamente;

A significância da correlação fenotípica foi estimada pelo test t com n-2 graus de liberdade, em que n corresponde ao número de genótipos avaliados. A significância das correlações genotípicas foi avaliada pelo *bootstrap* com dez mil simulações.

O modelo matemático que explica a produtividade de grãos em soja é multiplicativo dado por: Produtividade de grãos (PG) = número de vagens por planta (NVP) x número de grãos por vagem (NGV) x peso médio de um grão (PM1G). Desse modo, realizou-se a logaritmização do modelo, com intuito de torná-lo aditivo, pois uma das premissas da análise de trilha é a aditividade (SANTOS et al., 1995).

Realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade envolvendo as onze variáveis. Na matriz $X'X$, o grau de multicolinearidade foi estabelecido conforme os critérios sugeridos por Montgomery e Peck (1981), em que os valores do determinante e do número de condição (NC), dado pela razão entre o maior e menor autovalor da matriz. Para identificar os caracteres que contribuíram para o aparecimento da multicolinearidade, analisaram-se os elementos dos autovetores associados aos autovalores, conforme descrito por Belsley et al. (1980). As variáveis que contribuíram para a multicolinearidade moderada a severa foram eliminadas da análise de trilha.

As análises estatísticas foram realizadas com o Programa Genes (Aplicativo computacional em genética e estatística) (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância conjunta, observaram-se efeitos significativos para interação genótipos x épocas de semeadura para todos os caracteres avaliados, indicando comportamento diferencial dos genótipos nas duas épocas de semeadura. Predominantemente, verificou-se, na Tabela 1, que os coeficientes de variação foram de baixa a média magnitude.

Com o intuito de analisar melhor a interação, realizou-se sua decomposição em partes simples. Para a maioria dos caracteres, notou-se interação do tipo simples, exceto para os caracteres PCG e NGV, cujas estimativas da decomposição da interação em parte simples foram inferiores a 35% (Tabela 1). Constatou-se também, que os caracteres produtividade de grãos e o número de vagens por planta, a parte simples da interação ficou no limiar para a classificação de interação entre parte simples e complexa.

As estimativas de correlações fenotípicas e genotípicas entre as duas épocas de semeadura foram predominantemente de alta magnitude, acima de 0,7 para maioria dos caracteres (Tabela 1), exceto PG e seus componentes primários NVP, NGV e PCG. Estes resultados corroboram com a decomposição da interação.

Tabela 1. Coeficiente de correlação fenotípica (rf) e genotípica (rg) entre as épocas semeaduras fevereiro e dezembro, decomposição da interação em parte simples, média e coeficiente de variação

Caráter	rf _{fev.dez}	rg _{fev.dez}	GxA (%)	Média (cm)		CV (%)	
				Fev.	Dez.	Fev.	Dez.
NDF	0,89**	0,91	75,60	48,39	58,05	2,88	4,78
NDM	0,80**	0,83	65,44	106,47	131,87	2,51	3,31
APF	0,85**	0,92	60,72	74,00	66,04	19,67	15,92
APM	0,82**	0,87	59,58	91,69	82,56	11,81	14,24
NNF	0,85**	0,88	67,31	11,21	12,76	5,87	7,59
NNM	0,76**	0,82	59,02	14,13	14,93	9,77	8,00
APV	0,86**	0,94	77,59	35,33	20,23	20,18	29,19
PG	0,10 ^{ns}	0,13	50,85	4,39	11,91	16,74	10,10
NVP	0,46**	0,57	53,65	14,14	28,44	17,65	10,51
PCG	0,54**	0,71	34,15	14,82	18,15	8,08	9,28
NGV	0,55**	0,66	33,73	2,15	2,34	6,34	4,55
IC	0,65**	0,88	56,80	0,52	0,57	10,38	6,78

Fev: semeadura em fevereiro; Dez: semeadura em dezembro; ** e * significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo test t; ns: não significativo. NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade respectivamente; APF e APM: altura da planta no florescimento e maturidade respectivamente; NNF e NNM: número de nós na haste principal no florescimento e maturidade respectivamente; APV: altura da primeira vagem; PG: produtividade de grãos por planta; NVP: número total de vagens por planta; PCG: peso médio de cem grãos; NGV: número de grãos por vagem; IC: índice de colheita.

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentadas as estimativas de correlações fenotípicas e genotípicas. Na interpretação de correlações, três aspectos devem ser considerados: a magnitude, a direção e a significância. Estimativas de coeficiente de correlação positivas indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta, correlações negativas indicam tendência de uma variável aumentar enquanto a outra diminui.

Nas duas épocas de semeadura, verificaram-se que, predominantemente, as correlações genotípicas foram mais elevadas do que as fenotípicas e de igual sinal, indicando menor influência do ambiente na expressão dos caracteres. Esses resultados são concordantes com os obtidos em outras pesquisas (TWARE et al., 1997; CARVALHO et al., 2002; LOPES et al., 2002; PELÚZIO et al., 2005; ARSHAD et al., 2006; ALMEIDA et al., 2010; SHOWKAT; TYAGI, 2010).

As maiores correlações fenotípicas e genotípicas de mesmo sinal e significativas foram observadas entre os caracteres NDF e NDM (0,917); APM e APV (0,897) na semeadura de fevereiro (Tabela 2).

Na semeadura de dezembro, verificaram-se correlações de mais alta magnitude entre APF e APM (0,950), APF e APV (0,918) (Tabela 3). De acordo com Falconer (1996), uma das causas para altas correlações é o pleiotropismo, no qual um mesmo gene influencia na expressão de mais de um caráter. Essa informação é útil no melhoramento de plantas, pois favorece a seleção simultânea de dois

ou mais caracteres, pela seleção em apenas um destes.

As correlações fenotípicas foram significativas e de alta magnitude para NDF, NDM com os caracteres APM e APV em ambas épocas de semeaduras (Tabelas 2 e 3). Esses resultados discordam dos obtidos por Almeida et al. (2010), que não verificaram correlações significativas entre o número de dias para florescimento e para maturidade com os caracteres altura de planta e altura de primeira vagem.

Ao analisar as correlações entre NDF, NDM, APF e APM com o caráter produtividade de grãos e também com os seus componentes primários, notou-se expressiva alteração no que tange à magnitude e ao sentido entre as duas épocas de semeadura. Para a correlação fenotípica e genotípica entre NDF e NDM com NVP, verificou-se baixa magnitude na semeadura fevereiro, ao passo que na semeadura de dezembro essa correlação foi alta e significativa. Estes resultados corroboram com os de Carvalho et al. (2002) que mencionam que as magnitudes das correlações entre os mesmos caracteres tiveram alta oscilação de acordo com o ano e época de semeadura.

Uma provável explicação para alteração das correlações entre caracteres em soja em função da época de semeadura é a interação genótipos x ambientes. Nesse caso, o fator ambiental é atribuído à oscilação do fotoperíodo entre a semeadura de fevereiro e dezembro que influenciou diretamente o comportamento dos genótipos de soja, haja vista, que é uma planta de dias curtos (Destro et al., 2001).

Tabela 2. Correlações fenotípicas (rf) e genotípicas (rg) entre onze caracteres agrônômicos, avaliados em noventa genótipos de soja, cultivados em condições de casa de vegetação, na semeadura de fevereiro de 2007.

Caráter		NDM	APF	APM	NNM	APV	PG	NVP	PCG	NGV	IC
NDF	rf	0,917**	0,761**	0,729**	0,813**	0,772**	-0,033 ^{ns}	0,216 ^{ns}	-0,446**	0,107 ^{ns}	-0,723**
	rg	0,932 ⁺⁺	0,807 ⁺⁺	0,751 ⁺⁺	0,854 ⁺⁺	0,796 ⁺⁺	-0,022	0,271	-0,477 ⁺⁺	0,117	-0,822 ⁺⁺
NDM	rf		0,692**	0,671**	0,778**	0,706**	-0,090 ^{ns}	0,158 ^{ns}	-0,383 ^{ns}	0,059 ^{ns}	-0,720**
	rg		0,742 ⁺⁺	0,693 ⁺⁺	0,821 ⁺⁺	0,732 ⁺⁺	-0,075	0,218	-0,421 ⁺⁺	0,074	-0,809 ⁺⁺
APF	rf			0,891**	0,673**	0,859**	-0,056 ^{ns}	0,154 ^{ns}	-0,331 ^{ns}	0,023 ^{ns}	-0,763**
	rg			0,938 ⁺⁺	0,741 ⁺⁺	0,915 ⁺⁺	-0,117	0,176	-0,382	0,011	-0,912 ⁺⁺
APM	rf				0,780**	0,897**	0,027 ^{ns}	0,177 ^{ns}	-0,341 ^{ns}	0,125 ^{ns}	-0,774**
	rg				0,831 ⁺⁺	0,927 ⁺⁺	-0,028	0,158	-0,364	0,144	-0,882 ⁺⁺
NNM	rf					0,675**	0,194 ^{ns}	0,401**	-0,510 ^{ns}	0,181 ^{ns}	-0,651**
	rg					0,731 ⁺⁺	0,232	0,475 ⁺⁺	-0,568 ⁺⁺	0,188	-0,756 ⁺⁺
APV	rf						-0,181 ^{ns}	0,058 ^{ns}	-0,331 ^{ns}	0,017 ^{ns}	-0,786**
	rg						-0,210	0,091	-0,356	0,008	-0,901 ⁺⁺
PG	rf							0,767**	-0,108 ^{ns}	0,216 ^{ns}	0,243**
	rg							0,755 ⁺⁺	-0,197	0,239	0,170
NVP	rf								-0,580**	0,001 ^{ns}	-0,018 ^{ns}
	rg								-0,657 ⁺⁺	0,056	-0,057
PCG	rf									-0,367**	0,331 ^{ns}
	rg									-0,442	0,321
NGV	rf										0,023 ^{ns}
	rg										-0,031

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo test t; ns: não significativo. ++: significativos a 1% pelo método de *bootstrap* com 10 mil simulações. NDF e NDM: número de dias para florescimento e maturidade respectivamente; APF e APM: altura da planta no florescimento e maturidade respectivamente; NNF e NNM: número de nós na haste principal no florescimento e maturidade respectivamente; APV: altura da primeira vagem; PG: produtividade de grãos por planta; NVP: número total de vagens por planta; PCG: peso médio de cem grãos; NGV: número de grãos por vagem; IC: índice de colheita.

Tabela 3. Correlações fenotípicas (rf) e genotípicas (rg) entre onze caracteres agrônômicos avaliados em noventa genótipos de soja, cultivados em condições de casa de vegetação, na semeadura de dezembro de 2007.

Caráter		NDM	APF	APM	NNM	APV	PG	NVP	PCG	NGV	IC
NDF	rf	0,862**	0,815**	0,776**	0,837**	0,774**	0,647**	0,655**	-0,073 ^{ns}	-0,107 ^{ns}	-0,634**
	rg	0,881 ⁺⁺	0,834 ⁺⁺	0,793 ⁺⁺	0,849 ⁺⁺	0,823 ⁺⁺	0,688 ⁺⁺	0,687 ⁺⁺	-0,096	-0,099	-0,758 ⁺⁺
NDM	rf		0,657**	0,646**	0,734**	0,649**	0,587**	0,624**	-0,154 ^{ns}	-0,059 ^{ns}	-0,592**
	rg		0,681 ⁺⁺	0,675 ⁺⁺	0,764 ⁺⁺	0,704 ⁺⁺	0,636 ⁺⁺	0,657 ⁺⁺	-0,181	-0,039	-0,700 ⁺⁺
APF	rf			0,950**	0,775**	0,918**	0,646**	0,654**	0,012 ^{ns}	-0,206 ^{ns}	-0,638**
	rg			0,955 ⁺⁺	0,789 ⁺⁺	0,947 ⁺⁺	0,695 ⁺⁺	0,701 ⁺⁺	-0,009	-0,212	-0,742 ⁺⁺
APM	rf				0,870**	0,898**	0,646**	0,618**	0,018 ^{ns}	-0,099 ^{ns}	-0,638**
	rg				0,879 ⁺⁺	0,928 ⁺⁺	0,689 ⁺⁺	0,662 ⁺⁺	0,002	-0,109	-0,748 ⁺⁺
NNM	rf					0,762**	0,639**	0,645**	-0,131 ^{ns}	-0,001 ^{ns}	-0,635**
	rg					0,798 ⁺⁺	0,675 ⁺⁺	0,684 ⁺⁺	-0,187 ⁺⁺	0,000	-0,767 ⁺⁺
APV	rf						0,579**	0,593**	-0,008 ^{ns}	-0,186 ^{ns}	-0,570**
	rg						0,669 ⁺⁺	0,687 ⁺⁺	-0,026	-0,224	-0,672 ⁺⁺
PG	rf							0,853**	0,103 ^{ns}	-0,014 ^{ns}	-0,405**
	rg							0,887 ⁺⁺	0,021	-0,014	-0,613 ⁺⁺
NVP	rf								-0,288**	-0,274**	-0,441**

	rg	-0,289	-0,265	-0,549
PCG	rf		-0,196 ^{ns}	0,222*
	rg		-0,225	0,114
NGV	rf			-0,013 ^{ns}
	rg			-0,046

** e *: Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo test t respectivamente; ns: não significativo. **: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo test t; ns: não significativo. **: significativos a 1% pelo método de *bootstrap* com 10 mil simulações. NDF e NDM: número de dias para florescimento maturidade respectivamente; APF e APF: altura da planta no florescimento e maturidade, respectivamente; NNF e NNM: número de nós na haste principal no florescimento e maturidade, respectivamente; APV: altura da primeira vagem; PG: produtividade de grãos por planta; NVP: número total de vagens por planta; PCG: peso médio de cem grãos; NGV: número de grãos por vagem; IC: índice de colheita.

O fato da alteração de correlações entre os mesmos caracteres entre épocas de semeadura sugere que a seleção de plantas com base em caracteres de ciclo e/ou planta com produtividade de grãos somente resultará em algum ganho se for realizada no local e época de semeadura no local de adaptação do genótipo.

As correlações fenotípicas entre o índice de colheita e os demais caracteres foram predominantemente significativas e negativas, contudo, de magnitudes inferiores a 0,70. Resultados divergentes foram obtidos por Iqbal et al. (2003) e Showkat e Tyagi (2010) que observaram correlações altas e positivas entre índice de colheita e a produtividade de grãos.

Nas duas épocas de semeaduras estudadas, as correlações entre os componentes de produtividade (NVP, NGV e PCG) e a PG foram semelhantes. A produtividade de grãos foi correlacionada positivamente apenas com o número de vagens por planta, sendo de 0,767 na semeadura de fevereiro e de 0,853 na semeadura de dezembro. Este resultado demonstra o potencial da seleção indireta para produtividade de grãos pelo número de vagens por planta.

A correlação entre a PG com PCG e NGV foram de baixa magnitude (Tabela 2 e 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2002), que comentaram que tal fato ocorre possivelmente, pela compensação que a soja frequentemente promove, aumentando ou reduzindo o tamanho da semente em função do número de vagens.

Coefficientes de correlação igual a zero foram verificados entre alguns caracteres (Tabelas 2 e 3), o que não implica falta de relação, apenas expressa a ausência de relação linear entre eles (Cruz et al., 2004).

Para fins de melhoramento é importante identificar entre os caracteres de alta correlação com caráter principal e de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal modo que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja

eficiente (Cruz et al., 2004). A produtividade de grãos é um caráter complexo e sua expressão depende de outros caracteres, que a influencia direta ou indiretamente.

Anteriormente à análise de trilha, foi avaliada a multicolinearidade pelo número de condição das matrizes de correlações fenotípicas e genotípicas. Na semeadura de fevereiro, a inclusão simultânea de altura de planta no florescimento e maturidade proporcionou efeitos moderados e severos, respectivamente, nas matrizes de correlações fenotípicas e genotípicas. Desse modo, foi eliminada a variável altura de planta no florescimento do modelo da análise de trilha e, novamente avaliou-se a multicolinearidade, sendo verificado efeitos moderados com a inclusão simultânea do número de dias para florescimento e número de nós no florescimento.

Na semeadura de dezembro, a inclusão concomitante da altura de planta no florescimento e maturidade provocou multicolinearidade severa nas matrizes de correlações fenotípicas e genotípicas. Após a eliminação dessas variáveis da análise, a multicolinearidade moderada foi proporcionada pelo número de dias para florescimento e número de nós no florescimento; altura de planta na maturidade e altura da primeira vagem.

Carvalho et al. (2002) em estudos de análises de trilha com linhas puras de soja derivadas de seis cruzamentos distintos cultivadas em quatro épocas de semeadura e dois anos observaram que ao considerar simultaneamente a altura de planta no florescimento e maturidade em matrizes de correlações genotípicas proporcionaram multicolinearidade moderada a forte.

Para atenuar os efeitos da multicolinearidade, realizou-se a eliminação seletiva de caracteres que mais contribuíram para seu aparecimento. Procedimento semelhante foi adotado por Bizeti et al. (2004) em estudos de análise de trilha de soja cultivada sob condições de casa de vegetação.

Na Tabela 4 estão apresentados os efeitos diretos e indiretos dos componentes primários sobre a produtividade de grãos. Os coeficientes de determinação (R^2) no modelo da análise de trilha

foram superiores a 0,99 e os efeitos residuais inferiores a 0,05. Assim, o modelo explicativo adotado expressou a relação causa e efeito entre as variáveis primárias e a produtividade de grãos.

Tabela 4. Estimativas dos efeitos fenotípicos (EF) e genotípicos (EG) dos caracteres primários NVP, NGV e PCG sobre a produtividade de grãos em noventa genótipos de soja cultivados em duas épocas de semeadura sob condições de casa de vegetação.

Efeitos	Semeadura fevereiro		Semeadura dezembro	
	EF	EG	EF	EG
Efeito direto de NVP sobre PG	1,2477	1,4037	1,084	1,0933
Efeito indireto via NGV	-0,4845	0,0464	-0,0998	-0,0948
Efeito indireto via PCG	0,0035	-0,7155	-0,1171	-0,0938
Total	0,7667	0,7346	0,8672	0,9046
Efeito direto NGV sobre PG	0,5286	0,6411	0,3483	0,3362
Efeito indireto via NVP	0,0082	0,1016	-0,3105	-0,3084
Efeito indireto via PCG	-0,3103	-0,4806	-0,0891	-0,0867
Total	0,2266	0,2622	-0,0513	-0,0589
Efeito direto PCG sobre PG	0,8301	1,055	0,4841	0,4033
Efeito indireto via NVP	-0,7281	-0,952	-0,2622	-0,2544
Efeito indireto via NGV	-0,1976	-0,292	-0,0641	-0,0723
Total	-0,0956	-0,189	0,1577	0,0766
Efeito residual	0,0547	0,0115	0,0380	0,0000
R^2	0,997	0,9999	0,9986	1,0000

NVP: número total de vagens por planta; NGV: número médio de grãos por vagem; e PCG: peso médio de cem grãos; PG: produtividade de grãos por planta.

Em ambas as épocas de semeadura, os efeitos diretos genotípicos superaram os efeitos diretos fenotípicos (Tabela 4) concordando com as estimativas de correlações (Tabelas 2 e 3).

Os maiores valores dos efeitos diretos fenotípicos e genotípicos sobre a PG foram observados para o NVP, seguido do PCG e o NGV nas duas épocas de semeadura (Tabela 4). Resultados semelhantes foram verificados por Iqbal et al. (2003) em estudos com dez genótipos de soja cultivados em condições de campo.

A baixa correlação observada entre o NGV e PCG com a PG ocorreu devido aos efeitos indiretos negativos via número total de vagens, também verificada em estudo de Santos et al. (1995). A situação mais favorável para seleção indireta para genótipos mais produtivos relacionou-se ao caráter NVP concordando com os resultados observados em outras pesquisas (BÁRBARO et al., 2006; MOHAMMAND et al., 2010).

Com base nos efeitos dos caracteres secundários sobre os primários, é possível identificar caracteres que podem maximizar a resposta correlacionada em um programa de melhoramento genético. Na semeadura de fevereiro (Tabela 5), o valor mais alto do efeito direto foi observado no caráter NNM sobre NVP, cujo efeito direto fenotípico foi de 0,9248 e genotípico de

1,5871, indicando que a seleção indireta sobre o caráter primário seria eficiente. Os demais efeitos foram predominantemente negativos e/ou inferiores ao efeito residual não sendo, portanto, indicado a seleção indireta.

Na semeadura de dezembro, as correlações entre os caracteres secundários e os primários foram superiores a 0,6 com maior efeito direto para NDM (0,3495) (Tabela 6), todavia, essa estimativa foi inferior ao efeito residual, evidenciando assim, que a concentração de esforços na seleção indireta com esta variável pode não resultar em ganhos. Já para o NGV, os efeitos diretos e indiretos foram de baixa magnitude. Para o PCG, observou-se correlação baixa com APM (0,0340) e efeito direto (0,5473) também inferior ao efeito residual.

A interpretação dos efeitos dos componentes secundários sobre os componentes primários deve ser realizada de forma cuidadosa, pois os efeitos residuais foram elevados e os coeficientes de determinação de reduzida magnitude. Por outro lado, Bárbaro et al. (2006) observaram resultado semelhante em pesquisas em população F5 de soja. Os baixos coeficientes de determinação verificados nas duas épocas de semeadura (Tabela 5 e 6) indicam a necessidade de inclusão de novos caracteres no diagrama de trilha.

Tabela 5. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres secundários NDM, APM e NNM sobre os primários NVP, NGV e PCG da análise de trilha com noventa genótipos de soja cultivados na semeadura de fevereiro sob condições de casa de vegetação

Descrição dos efeitos	Componentes primários					
	NVP ¹		NGV ¹		PCG ¹	
	E.F.	E.G.	E.F.	E.G.	E.F.	E.G.
Efeito direto de NDM	-0,4175	-0,6078	-0,2058	-0,2427	0,0030	0,1191
Efeito indireto via APM	-0,1709	-0,4959	-0,0003	-0,0183	0,0994	0,2430
via NNM	0,7196	1,3032	0,2657	0,3381	-0,4893	-0,7862
Total	0,1312	0,1995	-0,3869	0,0771	0,0596	-0,4241
Efeito direto de APM	-0,2547	-0,7159	-0,0004	-0,0265	0,1482	0,3509
Efeito indireto via NDM	-0,2801	-0,421	-0,1381	-0,1681	0,0020	0,0825
via NNM	0,7209	1,3195	0,2662	0,3423	-0,4902	-0,7961
Total	0,1861	0,1826	0,1277	0,1478	-0,3400	-0,3627
Efeito direto de NNM	0,9248	1,5871	0,3415	0,4117	-0,6288	-0,9575
Efeito indireto via NDM	-0,3249	-0,4991	-0,1602	-0,1992	0,0023	0,0978
via APM	-0,1986	-0,5952	-0,0003	-0,022	0,1155	0,2917
Total	0,4014	0,4928	0,1810	0,1905	-0,5110	-0,5680
Efeito residual	0,8550	0,6855	0,9749	0,9717	0,8545	0,7962
R ²	0,2690	0,5301	0,2698	0,0558	0,0495	0,3661

¹: valores das variáveis transformadas para escala logarítmica. NDM: número de dias para maturidade; APM: altura da planta na maturidade; NNM: número de nós na haste principal na maturidade; NVP: número total de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; PCG: peso médio de cem grãos.

Tabela 6. Estimativas dos efeitos diretos, indiretos fenotípicos (EF) e genotípicos (EG) dos caracteres secundários NDM, APM e NNM sobre os primários NVP, NGV e PCG da análise de trilha com noventa genótipos de soja cultivados na semeadura de dezembro sob condições de casa de vegetação

Descrição dos efeitos	Componentes primários					
	NVP ¹		NGV ¹		PCG ¹	
	E.F.	E.G.	E.F.	E.G.	E.F.	E.G.
Efeito direto de NDM	0,3495	0,3498	-0,1205	-0,0848	-0,1445	-0,1229
Efeito indireto via APM	0,1627	0,1892	-0,2592	-0,3239	0,3536	0,5097
via NNM	0,1260	0,1327	0,3093	0,3598	-0,3545	-0,5642
Total	0,6382	0,6717	-0,0704	-0,0488	-0,1454	-0,1774
Efeito direto de APM	0,2519	0,2802	-0,4012	-0,4796	0,5473	0,7548
Efeito indireto via NDM	0,2258	0,2362	-0,0778	-0,0572	-0,0934	-0,083
via NNM	0,1492	0,1527	0,3664	0,414	-0,4200	-0,6492
Total	0,6269	0,6691	-0,1126	-0,1228	0,0340	0,0226
Efeito direto de NNM	0,1716	0,1737	0,4213	0,4709	-0,4829	-0,7384
Efeito indireto via NDM	0,2566	0,2672	-0,0884	-0,0648	-0,1061	-0,0939
via APM	0,2190	0,2463	-0,3489	-0,4217	0,476	0,6636
Total	0,6472	0,6873	-0,016	-0,0155	-0,1130	-0,1687
Efeito residual	0,7127	0,6769	0,9763	0,9717	0,9517	0,9146
R ²	0,4920	0,5418	0,0469	0,0557	0,0942	0,1634

¹: valores das variáveis transformadas para escala logarítmica. NDM: número de dias para maturidade; APM: altura da planta na maturidade; NNM: número de nós na haste principal na maturidade; NVP: número total de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; PCG: peso médio de cem grãos.

Os efeitos diretos e indiretos fenotípicos e genotípicos via componentes primários sobre a produtividade de grãos estão apresentados nas Tabelas 7 e 8. Na semeadura de fevereiro, apenas o caráter NNM apresentou efeito direto positivo e de

maior magnitude. Bizeti et al. (2004) observaram resultados semelhantes em estudos de análise de trilha com nove genótipos de soja.

Na semeadura de dezembro, a situação mais favorável foi verificada para APM via NVP ou

PCG, pois a correlação foi de alta magnitude e os efeitos diretos mais elevado.

Tabela 7. Estimativas dos efeitos diretos, indiretos fenotípicos (EF) e genotípicos (EG) dos caracteres secundários sobre a produtividade de grãos por meio de análise de trilha com noventa genótipos de soja cultivados na semeadura de fevereiro sob condições de casa de vegetação.

Descrição dos efeitos	Componentes primários						Total	
	NVP ¹		NGV ¹		PCG ¹			
	EF	EG	EF	EG	EF	EG	EF	EG
Ef. direto secundário NDM	-	-	-	-	-	-	-	-
Efeito indireto via APM	0,5209	0,8532	0,1088	0,1556	0,0025	0,1256	0,6302	0,8813
via NNM	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2132	-0,696	0,0001	0,0117	0,0825	0,2564	0,1339	0,4519
	0,8978	1,8293	0,1404	0,2168	0,4062	0,8295	0,6386	1,2162
Total	0,1637	0,2800	0,0315	0,0494	0,3212	0,4474	0,1255	0,1169
Ef. direto secundário APM	-	-	-	-	0,123	-	-	-
Efeito indireto via NDM	0,3178	-1,005	0,0002	-0,017	-	0,3702	0,1996	0,6524
via NNM	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,3495	0,5909	-0,073	0,1078	0,0017	0,087	0,4228	0,6104
	0,8994	1,8522	0,1407	0,2195	0,4069	0,8399	0,6398	1,2315
Total	0,2322	0,2563	0,0675	0,0948	0,2822	0,3827	0,0675	0,0313
Ef. direto secundário NNM	-	-	-	-	-	-	-	-
Efeito indireto via NDM	1,1539	2,2278	0,1805	0,264	-0,522	1,0102	0,8208	1,4812
via APM	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,4053	0,7005	0,0847	0,1277	0,0019	0,1032	0,4904	0,7236
	0,2477	0,8355	0,0002	0,0141	0,0959	0,3078	0,1556	0,5424
Total	0,5008	0,6917	0,0957	0,1221	0,4242	0,5993	0,1748	0,2152

¹: valores das variáveis transformadas para escala logarítmica. NDM: número de dias para maturidade; APM: altura da planta na maturidade; NNM: número de nós na haste principal na maturidade; NVP: número total de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; PCG: peso médio de cem grãos.

Tabela 8. Estimativas dos efeitos diretos/indiretos fenotípicos (EF) e genotípicos (EG) dos caracteres secundários sobre a produtividade de grãos por meio de análise de trilha com noventa genótipos de soja cultivados na semeadura de dezembro sob condições de casa de vegetação.

Descrição dos efeitos	Componentes primários						Total	
	NVP ¹		NGV ¹		PCG ¹			
	EF	EG	EF	EG	EF	EG	EF	EG
Ef. direto secundário NDM	-	-	-	-	-	-	-	-
Efeito indireto via APM	0,3789	0,3824	-0,042	0,0285	-0,07	0,0496	0,2658	0,3010
via NNM	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,1764	0,2068	0,0903	0,1089	0,1712	0,2056	0,2611	0,3088
	0,1365	0,1451	0,1077	0,121	0,1716	0,2275	0,0709	0,0361
Total	0,6918	0,7344	0,0245	0,0164	0,0704	0,0715	0,5978	0,6459
Ef. direto secundário APM	-	-	-	-	-	-	-	-
Efeito indireto via NDM	0,273	0,3063	0,1397	0,1612	0,2649	0,3044	0,4042	0,4573
	0,2448	0,2582	0,0271	0,0192	0,0452	0,0335	0,1717	0,2032

	via NNM								
		0,1618	0,167	0,1276	0,1392	-	-	0,084	0,0416
Total		0,6796	0,7315	0,0392	0,0413	0,0165	0,0091	0,6599	0,7021
Ef. direto	secundário								
NNM		0,186	0,1899	0,1468	0,1583	0,2338	0,2978	0,0966	0,0473
Efeito indireto	via NDM								
		0,2781	0,2922	0,0308	0,0218	0,0513	0,0379	0,1951	0,2300
	via APM								
		0,2374	0,2693	0,1215	0,1418	0,2304	0,2676	0,3515	0,402
Total		0,7016	0,7514	0,0056	0,0052	0,0547	-0,068	0,6432	0,6793

¹: valores das variáveis transformadas para escala logarítmica. NDM: número de dias para maturidade; APM: altura da planta na maturidade; NNM: número de nós na haste principal na maturidade; NVP: número total de vagens por planta; NGV: número de grãos por vagem; PCG: peso médio de cem grãos.

Predominantemente nos resultados com caracteres secundários, os coeficientes de determinação bem como os efeitos direto e/ou indiretos foram de baixa magnitude evidenciando a necessidade da inclusão de novos caracteres no diagrama causal. Conforme comentado anteriormente, muitas variáveis foram eliminadas para solucionar os problemas de multicolinearidade. Assim, alternativamente pode-se incluir maior número de variáveis na análise de trilha e adotar um sistema de análise de regressão trilha em crista conforme preconizado por Carvalho (1995) para reduzir os efeitos da multicolinearidade.

CONCLUSÕES

As correlações fenotípicas, genotípicas e a análise de trilha indicaram o número total de vagens

por planta independente da época de semeadura de maior efeito favorável sobre a produtividade de grãos em soja.

A época de semeadura influenciou a magnitude das correlações fenotípicas e genotípicas entre a produtividade de grãos e a maioria dos caracteres agronômicos.

Os caracteres número total de vagens por planta e número de nós na haste principal podem ser utilizado na seleção indireta para a produtividade de grãos em soja.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo.

ABSTRACT: The Knowledge of the existing relations between characters, such as those estimated by correlations, has great relevance in plant breeding, since it provides useful information for the breeder in the selection process. However, quantifying and interpreting the range of correlations does not imply in direct or indirect effects. In this context, path analysis becomes a viable alternative. This study evaluated the phenotypic and genotypic correlations among important agricultural traits for soybean genetic breeding, used path analysis with grain production as the principal trait and identified grain yield as indirect selection criteria. Two experiments were done in greenhouse, sown in February and December 2007. Treatments consisted of 90 soybean genotypes. The experimental design was randomized blocks with 3 replications. Each experimental unit consisted of 3 plants grown in 3-dm³ containing substratum. The traits number of days to flowering and to maturity, plant height at flowering and at maturity, number of internodes in the main stem, height of first pod insertion, number of pods, grain yield, average number of seeds per pod, and the weight of 100 seeds. Genotypic correlations were greater range than the phenotypic ones, and both had the same sign in both sowing dates. The studies of phenotypic and genotypic correlations and path analysis identified the trait total number of pods per plant, independently of sowing date, as the one with the highest favorable effect on soybean grain yield.

KEYWORDS: *Glycine max.* Grain yield. Traits agronomics.

REFERÊNCIAS

- AKHTER, M.; SNELLER, C. H. Yield and yield components of early maturing soybean genotypes in the mid south. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 4, p. 877-882, 1996.
- ALMEIDA, R. D. de; PELÚZIO, J. M.; AFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada em condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, p. 95-99, 2010.
- ARSHAD M.; ALI N.; GHAFOR A. B. Character correlation and path coefficient in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. **Pakistan Journal Botany**, Karachi, v. 38 n. 1 p. 121-130 2006.
- BÁRBARO, I. M.; CENTURION, M. A. P. da; DI MAURO, A. O. D.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M.; MUNIZ, F. R. S.; SILVEIRA, G. D. da; SARTI, D. G. P. Variabilidade e correlações entre produtividade de grãos e caracteres agrônômicos de soja com aptidão para cultivo em áreas para reforma de canavial. **Científica**, Jaboticabal, p. 136-145, 2007.
- BELSLEY D.A.; KUH E.; WELCH R.E. **Regression diagnostics: identifying data and sources of collinearity**. New York: John Wiley e Sons 1980. 292p.
- BIZETI H. S.; CARVALHO C. G. P.; SOUZA J. R.; DESTRO D. Path analysis under multicollinearity in soybean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47 n. 5 p. 669-676 2004.
- CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes – Estatística Experimental e Matrizes**. Viçosa: Editora UFV. 285p. 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. I. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004, 480p.
- DESTRO, D.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Photoperiodism and genetic control of the long juvenile period in soybean: a review. **Crop Breeding Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, p. 72-92, 2001.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**, Ed. 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK, 1996, 464p.
- FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 12p. (Iowa State University. Special Report, 80), 1977.
- IQBAL, S.; MAHMOOD, T.; MUHAMMAD, T.A.; MUHAMMAD, A.; MUHAMMAD, S. Path coefficient analysis in different genotypes of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Pakistan Journal of Biological Science**, v. 12, p. 1085-1087, 2003.
- KHAN A. M.; HATAM M.; KHAN A. Heriability and interrelationship among yield determining components of soybean varieties. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 116 p. 5-8. 2000.
- LI, C. C. **Path analysis – a primer**. Boxwood: Pacific Grove, 1975 346p.
- LOPES, A. C. A.; VELLO, N. A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. M.; TSUTSUMI, C. Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

- MOHAMMAD S.; BAHMAN A. Sequential path model for grain yield in soybean. **Not. Sci. Bio.** v. 2, p. 101-109, 2010.
- MORO, G. L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; OLIVEIRA, A. B. Correlação entre alguns caracteres agronômicos em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 39, p. 225-232, 1992.
- MONTGOMERY, D. C.; PECK E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley e Sons 1981. 504p.
- PELÚZIO, J. M.; SANTOS, G. R. dos; MORELLO, C. de L.; ERASMO, E. A. L. Correlações entre caracteres agronômicos de soja em Gurupi-To. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 3, p. 24-30, 1997.
- PELÚZIO, J. M.; ALMEIDA, R. D.; FIDELIS, R. R. ; ALMEIDA JUNIOR, D. ; BRITO, E. L.; FRANCISCO, E. R. Correlações entre caracteres de soja, em Gurupi, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, p. 779-786, 2005.
- SANTOS C. A. F.; REIS M. S.; CRUZ C. D.; SEDIYAMA C. S; SEDIYAMA T. Adequação de modelos no estudo de coeficiente de trilha nos componentes primários e secundário de progênies F6 de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42 p. 111-121 1995.
- SHOWKAT, M.; TYAGI, D. Correlation and path analysis of some quantitative traits in soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 1, p. 102-106, 2010.
- TAWARE, S. P.; HALVANKAR, G. B.; RAUT, V. M.; PATIL, V. P. Variability, correlation and path analysis in soybean hybrids. **Soybean Genetics Newsletter**, Ames, v. 24, p. 96-98, 1997.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington v. 20 n. 7 p. 557-585 1921.
- WRIGHT S. **Theory of path coefficients**. Genetics, New York, v. 8, p. 239-285, 1923.
- WILCOX, J. R. SHIBLES, R. M. Interralationships among seed quality attributes in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 11-14, 2001.