



ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÃO CANÔNICA NOS COMPONENTES DO DESEMPENHO DE GIRASSOL

PATH ANALYSIS AND CANONICAL CORRELATION IN COMPONENTS OF THE SUNFLOWER PERFORMANCE

D. A. C. NOBRE^{1*}, F. C. S. SILVA², J. F. R. GUIMARÃES³, J. C. F. RESENDE⁴ e W. R. MACEDO¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências Agrárias, Rio Paranaíba, MG, Brasil

² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, MG, Brasil

³ Futura Gene Brasil Tecnologia Ltda, Itapetininga, SP, Brasil

⁴ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Epamig Norte

*Autor correspondente: Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, Rio Paranaíba – MG, Brasil, Fone: +55 34 38559300

Endereço de e-mail: danubia_nobre@yahoo.com.br.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2018-05-01

Accepted 2018-08-03

Available online 2018-08-05

palavras-chave

Helianthus annuus

Rendimento

Efeito direto

Efeito indireto

keywords

Helianthus annuus

Yield

Direct effects

Indirect effects

RESUMO

O girassol destaca-se pela sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas; no entanto, algumas regiões ainda não possuem seus próprios genótipos, logo, faz-se necessário o estudo das características que possibilitem obter rendimento para diferentes localidades. Objetivamos avaliar os componentes do desempenho agrônomo de genótipos de girassol por meio da análise de trilha e correlação canônica. Dez genótipos de girassol foram avaliados quanto ao estande final, altura de plantas, diâmetro da haste, número de folhas, circunferência do capítulo, peso de 1000 aquênios e rendimento (kg ha⁻¹). Os dados foram submetidos às análises de variância, multicolinearidade, análise de trilha e correlação canônica. A circunferência do capítulo é um componente não utilizável para obter ganhos sobre o rendimento de aquênios de girassol. O número de folhas, juntamente com o efeito indireto de altura de plantas e estande, são os principais componentes de rendimento de aquênios.

ABSTRACT

The sunflower stands out for its adaptation to different environmental conditions; however, some regions do not yet have their own genotypes. Therefore, it is necessary to study the characteristics that make it possible to obtain yield for different localities. Our objective was to evaluate the components of the agronomic performance of sunflower genotypes through path analysis and canonical correlation. Ten sunflower genotypes were evaluated for the final stand, plant height, stem diameter, leaf number, chapter circumference, weight of 1000 achenes and yield (kg ha⁻¹). Data were submitted to analysis of variance, multicollinearity, path analysis and canonical correlation. The chapter's circumference is non-usable component to gains on the yield of sunflower achenes. Leaf number along with the indirect effect of plant height and stand are the main components of achenes yield.

1. INTRODUÇÃO

O girassol desponta-se devido às características desejáveis como o ciclo curto, a alta produção em qualidade e quantidade de óleo; a tolerância à falta de água e, manifesta-se como alternativa atraente para a safrinha, a fim de reduzir a ociosidade das indústrias beneficiadoras e otimizar o uso da terra, de máquinas agrícolas e de mão-de-obra (CASTRO, 2007; SILVA et al. 2007; SCHWERZ, 2015).

Para a atual safra agrícola, espera-se rendimento médio de girassol da ordem de 1.574 kg ha⁻¹, com produção estimada em 50,1 mil toneladas, o que confere um volume de 40,6% maior do que a safra anterior (CONAB, 2017). Estes valores representam uma pequena parcela, já que, algumas localidades do Brasil ainda não cultivam o girassol. Para Porto et al. (2007, 2009) a existência da interação genótipos x ambientes, dificulta a difusão da cultura, sendo necessárias avaliações contínuas, a fim de determinar o comportamento agrônomico dos genótipos, sua adaptação às diferentes condições e adquirir elevada produtividade.

Como a produtividade de grãos é um caráter complexo e resultante da expressão e associação de diferentes componentes, os melhoristas a levam em consideração durante o processo de seleção de novos genótipos, objetivando alcançar materiais mais produtivos (GOMES et al., 2007). Assim, as correlações entre o rendimento de grãos e seus componentes têm sido objeto de estudo de vários trabalhos em diversas culturas.

Nos programas de melhoramento, a correlação entre os caracteres é utilizada para avaliar o quanto a alteração de um caráter pode influenciar os demais, no decorrer da seleção (SANTOS et al. 2000). Portanto, nos estudos de melhoramento vegetal, é de fundamental importância a mensuração dessas relações entre os caracteres.

Dentre os métodos disponíveis, a análise de trilha e a correlação canônica, são bastante utilizadas. A análise de trilha proposta por Wright (1921) desdobra as correlações estimadas, em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre um caráter básico, enquanto que, na correlação canônica (MORRISON, 1978), não há distinção entre variável independente e dependente, existindo somente dois conjuntos de variáveis, em que se busca a máxima correlação entre ambos, com o propósito de avaliar as relações lineares existentes entre dois conjuntos de variáveis respostas (GONÇALVES e FRITSCHÉ-NETO, 2012).

Neste sentido, objetivou-se avaliar os componentes do desempenho agrônomico de genótipos de girassol por meio da análise de trilha e correlação canônica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram cultivados dez genótipos de girassol na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), no distrito de Mociminho, situado no município de Jaíba, ao Norte de Minas Gerais, no período de safrinha, entre os meses de fevereiro e junho, do ano agrícola de

2011. Os genótipos de girassol avaliados foram: BRS G29, CF 101, GNZ CIRO, HELIO 358, HLA 11-26, HLA 44-49, M 734, QC 6730, SULFOSSOL e V 70004.

A área experimental foi adubada seguindo os resultados da análise química do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas, cada uma foi constituída de quatro linhas de seis metros de comprimento, com espaçamento de 0,70 x 0,30 m.

A avaliação do desempenho agrônomico foi realizada durante o desenvolvimento reprodutivo da planta, quando atingida a fase de floração plena e ao final do ciclo de produção, quando os capítulos se encontravam totalmente secos.

Foram avaliadas 10 plantas da área útil (6,3 m²), eliminando-se 0,5 m de bordadura, constituída das duas fileiras centrais, exceto, para o estande final, apresentado por ocasião da colheita, sendo avaliado pelo número de plantas na área útil da parcela, equivalente a 7 m².

Durante a floração plena, em que 50% das flores do capítulo estavam abertas em todo campo de produção, marcaram-se as plantas a serem avaliadas, determinando-se as seguintes variáveis: altura de plantas - determinada com auxílio de uma régua pela medida do nível do solo até a inserção da inflorescência (capítulo); diâmetro da haste - realizado a 5 cm do nível do solo, utilizando-se um paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetros; número de folhas - determinada pela contagem das folhas totalmente abertas e também de folhas pendentes (em senescência) nas plantas; circunferência do capítulo - ao final do ciclo da cultura, quando os capítulos se encontravam secos, determinou-se a circunferência do capítulo do girassol, medindo-se com o auxílio de uma trena graduada em centímetros.

A colheita foi realizada manualmente, quando os capítulos se encontravam completamente secos, em seguida esses foram debulhados manualmente, para a determinação do rendimento de grãos, corrigido a 11% de umidade, e os dados convertidos em quilo por hectare (kg ha⁻¹), sendo esta, a variável básica.

O peso de 1000 aquênios foi determinado por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes puras, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g), conforme Brasil (2009), com resultados expressos em gramas.

Os dados provenientes das avaliações foram submetidos à análise de variância, multicolinearidade e análise de trilha; para as análises de correlação canônica, foram formados dois grupos: Grupo 1 (estande → rendimento, peso de mil aquênios) e Grupo 2 (estande → altura de planta, circunferência do capítulo, número de folha, diâmetro da haste). As análises foram realizadas com auxílio do programa Computacional Genes (CRUZ, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram constatadas diferenças significativas entre os

genótipos ($p < 0,05$) quando avaliadas as características altura de planta; circunferência de capítulo, número de folhas, diâmetro da haste, peso de mil aquênios, em contrapartida, não houve diferença entre os genótipos para a característica rendimento. A igualdade no desempenho quanto ao rendimento pode ser decorrente da base genética estreita entre os genótipos para o caráter em questão ou ainda pela ação pronunciada de efeitos residuais frente aos efeitos genéticos, já que este caráter possui herança poligênica e, portanto, é bastante influenciado por efeitos ambientais. Logo, há necessidade de avaliar os genótipos em diferentes localidades e épocas de produção.

Considerando os efeitos adversos da multicolinearidade, foi observando um número de condição menor que 100 (20,3121), classificando a multicolinearidade como fraca, o que não ocasiona problema para a análise de trilha, sendo considerado confiáveis as interpretações dos resultados obtidos (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

As estimativas fenotípicas de causa e efeito através da análise de trilha demonstraram bom ajuste, dado que o coeficiente de determinação foi superior a 0,80 ($r^2 = 0,84$) (Tabela 1), em outras palavras um alto percentual da variação observada para o rendimento pode ser explicada pelas características altura de plantas, diâmetro da haste, circunferência do capítulo, número de folhas, peso mil aquênios e estande.

Para fins de melhoramento, é importante identificar dentre as características de alta correlação com a variável básica, aquelas de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (SEVERINO et al., 2002).

No presente estudo, a altura de plantas foi o principal caractere relacionado ao aumento do rendimento pelas estimativas de correlação. Entretanto, a importância dessa variável foi secundária na análise de trilha, uma vez que a maior parte desse efeito se constitui de forma indireta, via número de folhas (Tabela 1).

A relação entre rendimento de grãos e seus componentes pela análise de trilha é bastante diferente das apresentadas pela análise de correlação simples (OKUYAMA et al., 2004). A aparente divergência ocorre em razão da abordagem analítica, enquanto, a correlação simples identifica as associações mútuas entre as características, a análise de trilha permite a determinação da magnitude relativa de cada efeito (CRUZ et al., 2006).

A circunferência do capítulo apresentou efeito direto e negativo sobre a produtividade (Tabela 1), demonstrando a inviabilidade do uso dessas características pelos melhoristas na obtenção de novos genótipos. Esse resultado não vai de encontro aos obtidos por outros autores (ASHOK et al., 2000; FARHATULLAH e KHALIL, 2006; GONDIM et al., 2008), em que o tamanho do capítulo apresentou efeito direto de valor positivo e de elevada magnitude para o rendimento de girassol. Dessa forma, há necessidade da realização de estudos mais detalhados a respeito da influência dessa característica na produtividade do girassol; comportamento semelhante foi observado para o caráter diâmetro da haste.

O elevado valor positivo e significativo da correlação, entre o número de folhas e rendimento deveu-se principalmente a seu efeito direto (Tabela 1). O número de folhas por planta também afetou o rendimento final de forma positiva, via efeito

indireto da altura de plantas e estande, o que reafirma a importância dessa característica na seleção de plantas mais produtivas. Efeitos semelhantes foram obtidos por Gondim et al. (2008), que estudaram correlações e análise de trilha em girassol. Esse fato implica que a seleção de plantas com maior número de folhas resultará na obtenção de genótipos mais altos e produtivos.

Plantas com folhas mais compridas e com entrenós com maior diâmetro tendem a produzir mais. De fato, em sistemas sem limitação de água, folhas grandes possibilitam maior produção de fotossimilados devido à maior área fotossintética, o que implica em maior fotossíntese líquida (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para o peso de mil aquênios, observou-se o efeito direto positivo sobre a produtividade (Tabela 1). Estudos comprovam que valores positivos e com efeito direto para o peso de mil sementes é um bom preditor da correlação genética, possibilitando a seleção para rendimento por meio deste componente (BARILI et al., 2011; VIEIRA et al., 2007).

O estande final de plantas tem efeito direto negativo com o rendimento (Tabela 1), o que é consequência da maior competição entre as plantas em ambientes com maior densidade. A competitividade entre plantas aumenta à medida que ocorre a redução do espaçamento, devido o aumento da densidade de plantas por metro (ANDRADE et al., 2001).

Baseado nos nossos resultados é possível fazer a seleção indireta para produtividade utilizando como referência as características agrônômicas de número de folhas e peso de mil aquênios. Correlações significativas e efeitos diretos positivos entre produtividade de grãos, diâmetro do capítulo, porcentagem de grãos e a massa de mil aquênios, podem ser utilizados na seleção indireta, visando o desenvolvimento de novos genótipos (AMORIM et al., 2008).

Efeitos diretos altos e positivos, ou indiretos altos e negativos, podem não oferecer ganhos satisfatórios para a seleção indireta (Coimbra et al., 2004). Portanto, recomenda-se o uso da seleção simultânea de caracteres, como sendo a mais apropriada, desde que, as características apresentem valores de herdabilidade compatíveis (próximos), em comparação aos da variável principal (CRUZ et al., 2006).

Com o intuito de melhor identificar as associações que permitissem acréscimos no rendimento do girassol, realizou-se um estudo de correlações canônicas envolvendo caracteres produtivos e vegetativos (Tabela 2).

O primeiro par canônico ($r = 0,71$) foi significativamente diferente de zero pelo teste qui-quadrado ($p < 0,01$), indicando haver relações entre os caracteres nos complexos analisados (Tabela 2). Em relação a este par, verificou-se que plantas com menor número de folhas, menores circunferência do capítulo e mais baixas determinam plantas menos produtivas e aquênios mais pesados.

Verificou-se que plantas com menor circunferência de capítulo determinaram redução no rendimento de girassol (Tabela 2); dessa forma pode-se afirmar que o oposto também é verdadeiro, plantas com maior circunferência de capítulo determinaram aumento no rendimento. Contudo, deve ser mencionado que o caráter rendimento mostrou sentido negativo na correlação simples com circunferência do capítulo (Tabela 1). Portanto, a associação entre estes dois caracteres pode estar

sendo definida por outros caracteres e, por consequência, para a obtenção de ganhos na produtividade, poderá haver a necessidade de selecionar simultaneamente tais caracteres, além da circunferência do capítulo. A identificação desses caracteres foi possibilitada pela análise de trilha (Tabela 1).

Tabela 1 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos de componentes agronômicos (rendimento: REND, estande: STD, altura de planta: AP, tamanho de capítulo: TC, número de folhas: NF, circunferência de capítulo: CC, peso de mil aquênios: PMA) de dez genótipos de girassol sobre o rendimento de aquênios (REND kg ha⁻¹), obtidos por análise de trilha.

Efeito	Efeito direto	Efeito indireto	r de Pearson
Altura de plantas			
Direto sobre REND	0.419785	-	-
Indireto via PMA	-	-0.03768	-
Indireto via DH	-	-0.22464	-
Indireto via NF	-	0.52938	-
Indireto via CC	-	-0.10080	-
Indireto via STD	-	0.10778	-
Total (r de Pearson)			0.6938**
Diâmetro da haste			
Direto sobre REND	-0.83385	-	-
Indireto via PMA	-	-0.01667	-
Indireto via NF	-	0.25202	-
Indireto via CC	-	0.11527	-
Indireto via AP	-	0.11309	-
Indireto via STD	-	0.02411	-
Total (r de Pearson)			-0.346
Circunferência do capítulo			
Direto sobre REND	-0.37995	-	-
Indireto via PMA	-	-0.02554	-
Indireto via DH	-	0.25299	-
Indireto via NF	-	0.18568	-
Indireto via AP	-	0.11136	-
Indireto via STD	-	0.11675	-
Total (r de Pearson)			0.2614
Número de folha			
Direto sobre REND	0.603076	-	-
Indireto via PMA	-	-0.03480	-
Indireto via DH	-	-0.34847	-
Indireto via CC	-	-0.11699	-
Indireto via AP	-	0.36848	-
Indireto via STD	-	0.05740	-
Total (r de Pearson)			0,4042**
Peso mil aquênios			
Direto sobre REND	0.049125	-	-
Indireto via DH	-	0.28300	-

Efeito	Efeito direto	Efeito indireto	r de Pearson
Indireto via NF	-	-0.42728	-
Indireto via CC	-	0.19753	-
Indireto via AP	-	-0.32198	-
Indireto via STD	-	-0.01972	-
Total (r de Pearson)			-0.2393
Estande			
Direto sobre REND	-0.21247	-	-
Indireto via PMA	-	0.00455	-
Indireto via DH	-	0.09464	-
Indireto via NF	-	-0.16295	-
Indireto via CC	-	0.20878	-
Indireto via AP	-	-0.21296	-
Total (r de Pearson)			-0.2804
Efeito da variável residual			0.391015
Coeficiente de determinação			0.847107

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2 - Coeficientes canônicos estimado entre as variáveis do Grupo 1 e Grupo 2, para um par canônico de genótipos de girassol.

	Coeficientes canônicos do 1° PC
Caracteres de produtivos	
Rendimento	- 0,68676
Peso de mil aquênios	0,6418
Caracteres vegetativos	
Altura de planta	- 0,82003
Circunferência de capítulo	- 0,25451
Número de folhas	- 0,15436
Diâmetro da haste	0,14264
R	0,71
Significância	<0,01

Os resultados obtidos pela análise canônica mostram ainda que a obtenção de ganhos simultâneos para o rendimento e para o peso de mil aquênios é extremamente difícil, uma vez que os coeficientes se encontram com sinais opostos. A impossibilidade de aumento conjunto nestes componentes se deve a existência do efeito de compensação entre os componentes primários, ou seja, à medida que se aumenta o rendimento diminui-se o peso de mil aquênios e vice-versa.

Em feijão, estudos de correlação fenotípica entre componentes do rendimento indicaram oposição entre os componentes primários, número de grãos por legume e massa de grãos, ou seja, quando uma planta produz grande número de grãos por legume, será exigida maior necessidade de

fotossimilados para o enchimento destes, desta forma, a planta tende a diminuir a massa dos grãos (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005; BARILI et al., 2011).

Com base nestes resultados, estudo de correlações canônicas e análise de trilha são importantes no entendimento das relações entre os componentes produtivos e os caracteres vegetativos, pois as magnitudes das correlações simples nem sempre refletem adequadamente a relação causa-efeito entre caracteres. Portanto, o uso da correlação canônica pode simplificar e determinar quais variáveis são mais importantes na análise.

4. CONCLUSÕES

A circunferência do capítulo é componente não utilizável para obtenção de ganhos sobre o rendimento de aquênios de girassol.

O número de folhas, juntamente com o efeito indireto de altura de plantas e estande, são os principais componentes de rendimento de aquênios.

5. AGRADECIMENTOS

Aos funcionários da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig: Unidade Regional do Norte de Minas) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. J. B.; MORAIS, A. R.; TEIXEIRA, I. T.; SILVA, M. V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com Milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 2, p. 242-250. 2001.
- AMORIN, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, T. A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 67, n. 2, p. 307-316. 2008.
- ASHOK, S.; SHERRIFF, N. M.; NARAYANAN, S. L. Character association and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Crop Research**, Hisar, India, v.20, p.453-456. 2000.
- BARILI, L.D.; VALE, N.M.; MORAIS, P.P.P.; BALDISSERA, J.N.C.; ALMEIDA, C.B.; ROCHA, F.; VALENTINI, G.; BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n. 4, p. 1263-1274. 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CASTRO, C. **A expansão do girassol no Brasil**. EMBRAPA Soja. Londrina-PR. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/rnpg/downloads/Painel>>. Acesso em: 29 dez. 2013.
- COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; ENDER, M.; MEROTTO JÚNIOR, A. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.34, p.1421-1428, set./out. 2004.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, 10º levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF: Conab, v.4, safra 2016/17, n. 10, 2017.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.
- CRUZ C. D. **Programa Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Versão Windows - 2007, Viçosa, UFV.
- FARHATULLAH, F.; KHALIL, I. H. Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. **International Journal of agriculture and Biology**, Faisalabad, Paquistão, v. 8, n. 5, p. 621-625, 2006.
- GOMES, D. P.; BRINGEL, J. M. M.; MORAES, M. F. H.; KRONKA, A. Z.; TORRES, S. B. Características agronômicas de genótipos de girassol cultivados em São Luiz - MA. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 20, n. 3, p. 213-216, jul./set. 2007.
- GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 282p. 2012.
- GONDIM, T. C. O.; ROCHA, V. S.; SEDIYAMA, C. S.; MIRANDA, G. V. Análise de trilha para componentes do rendimento e caracteres agronômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 4, p. 487-493, abr. 2008.
- MORRISON, D. F. **Multivariate statistical methods**. 2. ed. Tokyo: McGraw Hill, 415 p. 1978.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento dos grãos**. UFRGS, Departamento de plantas de Lavoura da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. 31p.
- OKUYAMA, L. A.; FEDERIZZI, L. C.; BARBOSA NETO, J. F. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 6, p. 1701-1708, nov./dez. 2004.
- PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 491-499, abr. 2007.
- PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, A. C. M. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 9, p. 2452-2459, dez. 2009.
- SANTOS, R. C.; CARVALHO, L. P.; SANTOS, V. F. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em amendoim. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.24, p.13-16, jan./mar. 2000.
- SCHWERZ, T.; JAKELAITIS, A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; TAVARES, C. J. Produção de girassol cultivado após soja, milho e capim-marandu, com e sem irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.19, n.5, p.470-475, 2015.
- SEVERINO, L. S.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MIRANDA, G. V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U. V.

- Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, 2002.
- SILVA, M. L. O.; FARIAS, M. A. F.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 954 p.
- VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, L.F.; BENIN, J.; SILVA, J. A. G.; COIMBRA, J. L. M.; MARTINS, A. F.; CARVALHO, M. F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 13, n. 2, p. 169-174, 2007.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Austin, Texas, v. 20, p. 557-585, 1921.