



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Moreira, Sarah O.; Gonçalves, Leandro S. A.; Rodrigues, Rosana; Sudré, Cláudia P.; do Amaral Júnio, Antonio T.; Medeiros, Artur M.

Correlações e análise de trilha sob multicolinearidade em linhas recombinadas de pimenta (*Capsicum annuum* L.)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 8, núm. 1, 2013, pp. 15-20

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119025752024>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Correlações e análise de trilha sob multicolinearidade em linhas recombinadas de pimenta (*Capsicum annuum L.*)

Sarah O. Moreira<sup>1</sup>, Leandro S. A. Gonçalves<sup>2</sup>, Rosana Rodrigues<sup>2</sup>, Cláudia P. Sudré<sup>2</sup>, Antonio T. do Amaral Júnior<sup>2</sup> & Artur M. Medeiros<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Estação Experimental de Linhares, Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Norte – Linhares, BR 101, Km 125, Bebedouro, CEP 29900-970, Linhares-ES, Brasil. Caixa Postal 62. E-mail: sarah.ola@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. E-mail: lsagrural@yahoo.com.br; rosana@uenf.br; cpombo@uenf.br; amaraljr@uenf.br; arturmedeiros\_eln@hotmail.com

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais e seus desdobramentos em efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha, entre características agronômicas e a produção de frutos de pimentas (*Capsicum annuum L.*), e testar diferentes métodos para contornar o efeito da multicolinearidade. Oito características agronômicas foram avaliadas em condições de campo em 21 genótipos de *C. annuum*. Os dados foram submetidos à análise de variância e estimadas as correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais. A análise de trilha foi realizada pelo método proposto por Wright e o efeito da multicolinearidade foi eliminado com o descarte de variáveis e pelo uso da constante k multiplicando-se a diagonal da matriz  $X'X$  (análise em crista). O comprimento do fruto exerceu maiores efeitos diretos e indiretos sobre o peso total de frutos, em ambas as análises. O uso da constante k proporcionou melhor estimativa dos efeitos que afetam o peso total de frutos.

**Palavras-chave:** efeitos diretos e indiretos, melhoramento genético, seleção indireta

## *Correlations and path analysis under multicollinearity in recombinant lines of chili pepper (*Capsicum annuum L.*)*

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the genotypic correlations and their consequences in direct and indirect effects by path analysis of agronomic trait and the total weight of fruits (TWF) in recombinant lines of chili pepper. Eight agronomic traits were evaluated under field conditions in 21 genotypes of *Capsicum annuum L.* The data were submitted to analysis of variance and estimated the genotypic, phenotypic and environmental correlations. Path analysis was performed by the method proposed by Wright and the effect of multicollinearity was eliminated to discard variables and using the constant k by multiplying the diagonal axis of  $X'X$  matrix (analysis crest). The fruit length had higher direct and indirect effects on TWF in both tests. The use of the constant K provided a better estimation of the effects on the TWF.

**Key words:** direct and indirect effects; breeding, indirect selection

## INTRODUÇÃO

O foco dos programas de melhoramento para as cultivares de pimenta e pimentão (*Capsicum annuum* L.) engloba a produtividade, a resistência a doenças, a qualidade e o teor de capsaicina dos frutos (Minamiyama et al., 2006; Rodrigues et al., 2012). Entretanto, a produção final de uma cultura é um caráter complexo resultante da interação de fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, necessitando de maior eficiência no processo de seleção (Tavares et al., 1999). O conhecimento do grau de interação entre esses fatores por meio de estudos de correlações, pode auxiliar na escolha da estratégia de seleção tornando-se uma ferramenta importante para o melhor entendimento das relações genéticas entre os diferentes componentes que contribuem para a produtividade (Silva et al., 2007).

O coeficiente de correlação quantifica a associação entre duas variáveis quaisquer. O conhecimento desta estimativa auxilia na seleção de uma característica de interesse que tenha baixa herdabilidade ou dificuldade na medição ou identificação de uma variável, como a produção de frutos e que esteja associada a um caráter de alta herdabilidade. Desta forma, ao selecionar outro caráter com alta herdabilidade, de fácil medição ou identificação e altamente correlacionado com a característica desejada, o melhorista pode obter progressos mais rápidos por meio da seleção indireta (Gonçalves et al., 2003).

Apesar da utilidade das estimativas do coeficiente de correlação para a compreensão de um caráter complexo, essas estimativas não determinam, entretanto, a importância relativa das influências diretas e indiretas dos outros caracteres na produção, pois a correlação entre duas características mede a associação entre ambas, mas não determina a relação de causa e efeito entre elas (Furtado et al., 2002).

Com o objetivo de melhor compreender as causas envolvidas nessas associações, Wright (1921; 1923) propôs um método de desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos das variáveis sobre uma característica básica, denominado análise de trilha. Esta técnica vem auxiliando melhoristas na formulação de procedimentos apropriados para a seleção de genótipos superiores em diversas culturas, como em feijoeiro (Furtado et al., 2002; Gonçalves et al., 2003), tomateiro (Asghari-Zakaria et al., 2007) e em batata (Silva et al., 2007), tal como em *Capsicum annuum* (Cruz et al., 1988; Farhad et al., 2008).

Os coeficientes de trilha são obtidos por meio de equações de regressão em que as variáveis são previamente padronizadas. Porém, a estimativa desses coeficientes pode ser afetada pelos efeitos de multicolinearidade (Araújo et al., 2007). A multicolinearidade se faz presente quando existe algum nível de inter-relação entre as variáveis estudadas (Coimbra et al., 2005).

Entre os efeitos peculiares de uma multicolinearidade elevada, podem ser citadas a presença de altas variâncias associadas aos coeficientes de trilha, tornando-se pouco confiáveis e, também, uma superestimativa dos efeitos diretos das variáveis explicativas sobre a variável básica, que podem assumir valores inconsistentes ou sem coerência com o fenômeno biológico estudado, levando a uma interpretação equivocada (Cruz & Carneiro, 2003). Para contornar o efeito

adverso da multicolinearidade, pode-se realizar o descarte de variáveis do modelo de regressão ou empregar uma metodologia alternativa denominada análise de trilha em crista para a estimação dos parâmetros (Carvalho et al., 1999).

Este trabalho objetivou estudar as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais e seus desdobramentos em efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha, entre as características agronômicas e a produção de frutos de pimentas (*Capsicum annuum* L.), e testar diferentes métodos para contornar o efeito da multicolinearidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na área de convênio da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO – RIO), Estação Experimental de Campos (EEC), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, na latitude 21°19'23"S e longitude de 41°19'40"W, a 13 m de altitude, no período de maio a dezembro de 2007.

Foram utilizadas 18 linhas recombinadas (LRs) que correspondem à geração F<sub>7</sub> do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381. O acesso UENF 1421 é suscetível à mancha-bacteriana e tem características de produção e qualidade do fruto que atendem ao mercado de pimentão. O acesso UENF 1381 é uma pimenta que vem sendo utilizada como fonte de resistência à mancha-bacteriana no programa de melhoramento desenvolvido pela UENF. As linhas foram obtidas pelo método do SSD (*Single Seed Descent*) e selecionadas para a resistência à mancha-bacteriana e outros atributos agronômicos por Riva et al. (2004), Riva-Souza et al. (2007; 2009) e por Moreira et al. (2008). Também foram avaliados o genitor UENF 1381 e as cultivares *Early Califórnia Wonder* (ECW, um padrão de suscetibilidade à mancha-bacteriana e sempre utilizado em testes de campo no programa de melhoramento de pimentão conduzido pela UENF) e Itapuã 501, uma cultivar disponível no mercado brasileiro.

As mudas dos 21 genótipos foram produzidas em bandejas de isopor e após o surgimento do terceiro par de folhas definitivas as mesmas foram transplantadas para a área previamente preparada. Os tratos culturais foram realizados segundo a recomendação para a cultura (Filgueira, 2008). Os tratamentos (genótipos) foram dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela constituída de 12 plantas, todas úteis.

Foram realizadas cinco colheitas nas quais foram avaliados os seguintes caracteres: número total de frutos (NTF); peso total de frutos (PTF), em gramas; peso médio dos frutos (PMF), em g/fruto, obtido pela divisão do PTF pelo NTF; comprimento dos frutos (CF), em mm; diâmetro dos frutos (DF), em mm, ambos medidos em uma amostra aleatória de um fruto por planta; relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF); altura da planta (AP), em cm, obtida medindo-se do colo ao ponto mais alto da planta; diâmetro da copa (DC), em cm, obtido medindo-se o maior diâmetro da copa da planta. As variáveis AP e DC foram medidas em três plantas por parcela, aos 150 dias após o transplante.

Os dados originais foram submetidos à análise de variância. As estimativas das correlações genotípica ( $r_{ge}$ ), fenotípicas ( $r_{fe}$ ) e ambientais ( $r_a$ ) foram obtidas para todas as combinações de caracteres. Realizou-se o desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos, por meio da análise de trilha (Wright, 1921, 1923), em que o PTF foi a variável básica e os demais caracteres agronômicos foram considerados as variáveis explicativas.

O diagnóstico de multicolinearidade foi estabelecido com base no número de condição (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz. Se  $NC < 100$ , a multicolinearidade é considerada fraca e não constitui problema para a análise; se  $100 \leq NC \leq 1000$ , a multicolinearidade é considerada de moderada a forte e se  $NC \geq 1000$ , é considerada severa (Cruz & Carneiro, 2003). Na ocorrência de multicolinearidade moderada a severa, adotou-se o procedimento de descarte de variáveis que contribuíram para o aparecimento da multicolinearidade e, alternativamente, empregou-se a metodologia, denominada análise de trilha em crista, em que uma constante ( $k$ ) é introduzida à diagonal da matriz  $X'X$  (Carvalho et al., 1999). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) foram observados para todas as características estudadas indicando a existência de variabilidade genética entre os genótipos. Os coeficientes de variação experimental (CV) variaram de 5,55% para CF/DF a 33,05% para PMF. Para o peso total de frutos o CV foi de 23,16%. O valor de CV alto observado tanto para PTF quanto para PMF evidencia a natureza complexa desta característica, que é governada por muitos genes e mais influenciada pelo ambiente.

Houve correlação fenotípica significativa pelo teste t entre as características PTF x NTF, PMF, CF e DF (Tabela 1). Esses

dados concordam com os trabalhos realizados em pimenta, por Farhad et al. (2008). Entre as características NTF x PMF e entre CF/DF x CF e DF as correlações fenotípicas também foram significativas, porém essas correlações eram esperadas, uma vez que, para obtenção do PMF, usou-se o NTF e, para a relação CF/DF, foram utilizados o CF e o DF. Esses dados estão de acordo com os trabalhos realizados por Lúcio et al. (2004), por Miranda et al. (1988) e por Cruz et al. (1988), todos com pimentão.

Segundo Cruz et al. (1988), o conhecimento da correlação entre características é importante, pois quantifica a possibilidade de ganhos indiretos por seleção em caracteres correlacionados, por serem úteis no estabelecimento de índices de seleção e na avaliação da complexibilidade das variáveis em estudo.

Exceto para PTF x AP e DC e para CF x CF/DF, as correlações genotípicas foram superiores às correlações fenotípicas, conservando o mesmo sinal, demonstrando que o genótipo é refletido no fenótipo, que o ambiente pouco contribui para essas correlações (Cruz et al., 1988) e que não houve erros de amostragem durante a execução do experimento (Cruz & Carneiro, 2003).

As maiores correlações genotípicas, independente do sinal, foram estimadas para as combinações entre as variáveis NTF x PMF (-0,8653), NTF x DF (-0,8883), PMF x DF (0,9895) e AP x DC (0,8722). Esses dados concordam com Tavares et al. (1999) que obtiveram, para pimentão, uma correlação genotípica de -0,939 para a associação entre o número total e o peso médio de frutos. Para PMF x DF esses autores obtiveram uma estimativa de 0,938, mostrando uma associação de natureza herdável entre essas características, sendo de grande interesse para o melhoramento podendo ser utilizadas para a realização de seleção indireta.

Considerando todas as variáveis, o diagnóstico de multicolinearidade mostrou NC = 1156,95, resultando em colinearidade severa. Para contornar os efeitos adversos da multicolinearidade, empregou-se, primeiramente, a exclusão

**Tabela 1.** Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípico ( $r_{fe}$ ), genotípico ( $r_{ge}$ ) e ambiental ( $r_a$ ) de oito caracteres agronômicos em 18 linhas recombinadas de pimenta (*Capsicum annuum* L.)

Variável <sup>1</sup>	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC
NTF	$r_{fe}$	-0,4557*	-0,7961**	-0,5749**	-0,8138**	0,5068*	-0,2790
	$r_{ge}$	-0,6636	-0,8653	-0,6301	-0,8883	0,5608	-0,4583
	$r_a$	0,6972	-0,0432	0,0295	0,3378	-0,1966	0,4581
PTF	$r_{fe}$		0,7206**	0,7565**	0,7532**	-0,3414	0,1693
	$r_{ge}$		0,7727	0,8118	0,8152	-0,3754	0,1255
	$r_a$		0,3733	0,3707	0,3822	-0,0152	0,3435
PMF	$r_{fe}$			0,5812**	0,9768**	-0,5847**	-0,0745
	$r_{ge}$			0,5907	0,9895	-0,5962	-0,1064
	$r_a$			0,1542	-0,1562	0,0783	0,2326
CF	$r_{fe}$				0,5581**	0,1293	0,4076
	$r_{ge}$				0,5613	0,1221	0,4714
	$r_a$				0,4968	0,5082	0,0749
DF	$r_{fe}$					-0,6854**	-0,0448
	$r_{ge}$					-0,6895	0,0550
	$r_a$					-0,2989	0,0839
CF/DF	$r_{fe}$						0,1785
	$r_{ge}$						0,2056
	$r_a$						0,0409
AP	$r_{fe}$						0,7071**
	$r_{ge}$						0,8722
	$r_a$						0,2351

<sup>1</sup>Número total de frutos (NTF); peso médio de frutos (PMF); comprimento de frutos (CF); diâmetro de fruto (DF); relação comprimento/diâmetro (CF/DF); altura de planta (AP) e diâmetro da copa (DC).

\*, \*\*: significativo a 1 e 5%, pelo teste t, respectivamente

de variáveis que contribuíram para tal fato. Para a escolha das variáveis a serem descartadas foram observadas as que tinham alta correlação entre si e que eliminariam a multicolinearidade. Desta forma, foram excluídas da análise as características DF e CF/DF, por terem correlação alta (-0,6854) e significativa a 1% de probabilidade. Após a exclusão dessas variáveis foi realizado um novo diagnóstico de multicolinearidade, em que o NC foi de 49,77, constituindo uma colinearidade fraca; com isto, a análise de trilha pôde ser calculada e o coeficiente de determinação foi de 82,41% (Tabela 2).

Uma segunda alternativa para contornar a multicolinearidade empregada foi a metodologia da análise de trilha em crista, na qual uma constante ( $k$ ) é adicionada aos elementos da diagonal da matriz  $X'X$ . O valor de  $k$  é o menor valor capaz de estabilizar a maioria dos estimadores dos coeficientes de trilha. Com isto o valor de  $k=0,05$  foi empregado (Carvalho et al., 1999; Amorim et al., 2008) e todas as variáveis foram utilizadas.

Os coeficientes da análise de trilha obtidos por esta metodologia mostraram que 89,59% do PTF podem ser explicados pelo efeito das variáveis estudadas (Tabela 3). Carvalho et al. (1999), comparando as duas metodologias empregadas para contornar o efeito da multicolinearidade em pimentão, mencionam que o descarte de variáveis é difícil, pois uma variável que não é, necessariamente, a de maior importância econômica, pode ser a que mais explica a variável básica; além disto, pode ser necessário o descarte de muitas variáveis. Assim, a análise de trilha em crista é um método eficiente para contornar o efeito da multicolinearidade e tem a vantagem de incluir e analisar todas as variáveis possibilitando a realização de apenas uma análise.

Segundo Carvalho et al. (2002) a identificação de prováveis critérios de seleção indireta para o PTF pode ser assim realizada: a) as características mais desejáveis são as que se correlacionam positivamente com a variável básica e possuem efeitos diretos positivos e elevados sobre esta característica; b)

características com efeitos diretos moderados também podem servir como critério de seleção e, neste caso, as características devem ter, preferencialmente, efeitos indiretos negativos mínimos sobre a variável básica. Segundo tais preceitos, em ambas as análises de trilha realizadas o comprimento do fruto foi a característica que teve maior efeito direto positivo sobre o peso total de frutos além ter uma correlação de 0,7565. Esses dados concordam com aqueles descritos por Carvalho et al. (1999) trabalhando com linhagens de pimentão.

Na análise com descarte de variáveis (Tabela 2), o peso médio de frutos teve grande efeito sobre o PTF (0,7727); entretanto, este efeito não é direto já que grande parte é de influência indireta, via CF (0,4892). Este fato foi observado por Cruz et al. (1988), porém o maior efeito indireto foi causado pelo diâmetro de fruto. O DF, variável descartada para contornar a multicolinearidade, teve, na análise em crista (Tabela 3), efeito direto sobre o PTF positivo e baixo, mas o efeito total foi de 0,8152, por exercer grande efeito indireto, principalmente via CF, sobre o peso total dos frutos de pimenta. A outra variável descartada (CF/DF) teve efeito total sobre PTF de -0,3754, com efeito direto ainda maior (-0,5426). Esses dados mostram a dificuldade na eliminação de variáveis, já que elas podem exercer grande efeito sobre a variável básica em estudo.

Tavares et al. (1999) e Farhad et al. (2008) relataram que o número de frutos por planta foi a variável que teve grande efeito direto sobre a produtividade de *C. annuum* (0,7240 e 0,8513, respectivamente). Para o tomateiro, Asghari-Zacaria et al. (2007) observaram que, para a produtividade, a variável com maior efeito direto também foi o número de frutos por planta (0,729). Neste trabalho, o número total de frutos, teve efeito total foi de -0,6636, e o efeito direto sob PTF foi baixo em ambas as análises. O efeito negativo não era esperado; entretanto, observou-se que quanto maior o número de frutos por planta menor era o peso desses frutos, como mostra a correlação de -0,7961 entre tais características.

**Tabela 2.** Estimativa dos efeitos diretos (diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de cinco caracteres agronômicos sobre o peso total de frutos em pimenta (*Capsicum annuum* L.)

Características <sup>1</sup>	NTF	PMF	CF	AP	DC	TOTAL
NTF	-0,2599	-0,0236	-0,5218	0,0869	0,0548	-0,6636
PMF	0,2249	0,0272	0,4892	0,0202	0,0111	0,7727
CF	0,1638	0,0161	0,8281	-0,0894	-0,1068	0,8118
AP	0,1191	-0,0029	0,3904	-0,1897	-0,1914	0,1255
DC	0,0649	-0,0014	-0,4031	-0,1655	-0,2195	0,0817
Coeficiente de determinação			0,8241			
Efeito da variável residual			0,4194			

<sup>1</sup>Número total de frutos (NTF); peso médio de frutos (PMF); comprimento de frutos (CF); altura de planta (AP) e diâmetro da copa (DC)

**Tabela 3.** Estimativa dos efeitos diretos (diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de sete caracteres agronômicos sobre o peso total de frutos em pimenta obtidos pela análise de trilha em crista

Características <sup>1</sup>	NTF	PMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC	TOTAL
NTF	-0,1167	0,5644	-0,6905	-0,3045	-0,3043	0,2440	-0,0501	-0,6636
PMF	0,1010	-0,6523	0,6474	0,3392	0,3235	0,0566	-0,0101	0,7727
CF	0,0736	-0,3853	1,0960	0,1924	-0,0662	-0,2509	-0,0977	0,8118
DF	0,1037	-0,6455	0,6152	0,3427	0,3741	0,0293	0,0214	0,8152
CF/DF	-0,0654	0,3889	0,1338	0,2363	-0,5426	-0,1094	0,0825	-0,3754
AP	0,0535	0,0694	0,5166	-0,0188	-0,1115	-0,5323	0,1751	0,1255
DC	0,0291	0,0330	0,5334	-0,0365	-0,2230	-0,4643	0,2008	0,0817
Coeficiente de determinação			0,8959					
Valor de $k$ usado na análise			0,05					
Efeito da variável residual			0,3226					

<sup>1</sup>Número total de frutos (NTF); peso médio de frutos (PMF); comprimento de frutos (CF); diâmetro de fruto (DF); relação comprimento/diâmetro (CF/DF); altura de planta (AP) e diâmetro da copa (DC)

## CONCLUSÕES

O comprimento do fruto teve maiores efeitos diretos e indiretos sobre peso total de frutos, em ambas as análises.

O uso da constante k proporciona melhor estimativa dos efeitos que afetam o peso total de frutos.

## LITERATURA CITADA

- Amorim, E.P.; Ramos, N.P.; Ungaro, M.R.G.; Kiihl, T.A.M. Correlações e análise de trilha em girassol. *Bragantia*, v.67, n.2, p.307-316, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200006>>
- Araújo, E.C.; Daher, R.F.; Silva, R.F.; Viana, A.P. Path analysis for physiological traits that influence seed germination of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.7, n.2, p.148-154, 2007. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/bd6b8831-069d-5997.pdf>>. 05 Jul. 2012.
- Asghari-Zakaria, R.; Fathi, M.; Hasan-Panah, D. Sequential path analysis of yield components in potato. *Potato Research*, v.49, n.4, p.273-379, 2007.
- 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 e soja semeadas em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.3, p.311-320, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300012>>
- Carvalho, C.G.P.; Oliveira, V.R.; Cruz, C.D.; Casali, V.W.D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n.34, n.4, p.603-613, 1999. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000400011>>
- Coimbra, J.L.M.; Benin, G.; Vieira, E.A.; Oliveira, A.C.; Carvalho, F.I.F.; Guidolin, A.F.; Soares, A.P. Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. *Ciência Rural*, v.35, n.2, p. 347-352, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000200015>>
- Cruz, C.D. Programa Genes – Estatística experimental e matrizes. Viçosa: Editora UFV, 2006. 285p.
- Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Editora UFV, 2003. 585p.
- Cruz, C.D.; Miranda, J.E.C.; Costa, C.P. Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agronômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, v.11, n.4, p.921-928, 1988. <<http://web2.sbg.org.br/gmb/edicoesanteriores/v11n4/pdf/a10v11n4.pdf>>. 05 Jul. 2012.
- Farhad, M.; Hasanuzzaman, M.; Biswas, B.K.; Azad, A.K.; Arifuzzaman, M. Reliability of yield contributing characters for improving yield potential in chilli (*Capsicum annuum*). *International Journal of Sustainable Crop Production*, v.3, n.3, p.30-38, 2008. <[http://www.ggfagro.com/books/IJSCP/IJSCP%20V\\_3%20I\\_3%20May08/30-38.pdf](http://www.ggfagro.com/books/IJSCP/IJSCP%20V_3%20I_3%20May08/30-38.pdf)>. 05 Jul. 2012.
- Filgueira, F.A.R. Novo manual de olericultura. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.
- Furtado, M.R.; Cruz, C.D.; Cardoso, A.A.; Coelho, A.D.F.; Peternelly, L.A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. *Ciência Rural*, v.32, n.2, p.217-220, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000200006>>
- Gonçalves, M.C.; Correa, A.M.; Destro, D.; Souza, L.C.F.; Sobrinho, T.A. Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.3, n.3, p.217-222, 2003. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8128f42-9eaa-eb58.pdf>>. 05 Jul. 2012.
- Lúcio, A.D.; Mello, R.M.; Storck, L.; Carpes, R.H.; Boligon, A.A.; Zanardo, B. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. *Horticultura Brasileira*, n.22, n.4, p.766-770, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000400020>>
- Minamiyama, Y.; Tsuro, M.; Hirai, M. An SSR-based linkage map of *Capsicum annuum*. *Molecular Breeding*, v.18, n.2, p.157-169, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11032-006-9024-3>>
- Miranda, J.E.C.; Costa, C.P.; Cruz, C.D. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, v.11, n.4, p.457-467, 1988. <<http://web2.sbg.org.br/gmb/edicoesanteriores/v11n2/pdf/a20v11n2.pdf>>. 05 Jul. 2012.
- Moreira, S.O.; Rodrigues, R.; Araújo, M.L.; Sudré, C.P.; Riva-Souza, E.M. Desempenho agronômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimenta em dois sistemas de cultivo. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1387-1393, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000080>>
- Riva, E.M.; Rodrigues, R.; Pereira, M.G.; Sudré, C.P.; Karasawa, M. Inheritance of bacterial spot disease in *Capsicum annuum* L. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.4, n.4, p.490-494, 2004. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8128f42-420e-6cba.pdf>>. 05 Jul. 2012.
- Riva-Souza, E.M.; Rodrigues, R.; Sudré, C.P.; Pereira, M.G.; Viana, A.P.; Amaral Júnior, A.T. Obtaining pepper F<sub>2:3</sub> lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.4, p. 567-571, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000400014>>
- Riva-Souza, E.M.; Rodrigues, R.; Sudré, C.P.; Pereira, M.G.; Bento, C.S.; Matta, F.P. Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F<sub>6</sub> lines of *Capsicum annuum*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.9, n.2, p. 108-115, 2009. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8129491-83fe-7669.pdf>>. 05 Jul. 2012.
- Rodrigues R.; Gonçalves, L.S.A.; Bento, C.S.; Robaina, R.R.; Sudré, C.P.; Amaral Júnior, A.T. Combining ability and heterosis for agronomic traits in chili pepper. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.2, p. 226-233, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200008>>

- Silva, G.O.; Pereira, A.S.; Souza, V.Q.; Carvalho, F.I.F.; Fritsche Neto, R. Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. *Bragantia*, v.66, n.3, p. 381-388, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000300003>>
- Tavares, M.; Melo, A.M.T.; Scivittaro, W.B. Efeitos diretos e indiretos e correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. *Bragantia*, n.58, n.1, p.41-47, 1999. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000100006>>
- Wright, S. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, v.20, n.7, p.557-585, 1921. <[http://www.ssc.wisc.edu/soc/class/soc952/Wright/Wright\\_Correlation%20and%20Causation.pdf](http://www.ssc.wisc.edu/soc/class/soc952/Wright/Wright_Correlation%20and%20Causation.pdf)>. 05 Jul. 2012.
- Wright, S. The theory of path coefficients a reply to nile's criticism. *Genetics*, v.8, n.3, p. 239-255, 1923. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1200747/pdf/239.pdf>>. 05 Jul. 2012.