

Área: Genética e Melhoramento

## **ANÁLISE DE TRILHA EM LINHAGENS DE FEIJÃO-CAUPI DE TEGUMENTO E COTILÉDONE VERDES AVALIADAS PARA FEIJÃO VERDE: CARACTERES AGRONÔMICOS**

**Fabício Napoleão Andrade<sup>1</sup>; Maurisrael de Moura Rocha<sup>2</sup>; Regina Lúcia Ferreira Gomes<sup>1</sup>; Lígia Renata Almeida da Silva<sup>3</sup>; Kaesel Jackson Damasceno e Silva<sup>2</sup>; Francisco Rodrigues Freire Filho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Engº Agrônomo, Professor/Pesquisador, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Ininga, Teresina, PI. E-mail: fabricionapoleao@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias 5650, Teresina, PI.

<sup>3</sup>Engº Agrônoma, Pós-Graduanda, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego 2000, Campos de Goytacazes, RJ.

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi estimar os efeitos diretos e indiretos entre caracteres agronômicos sobre a produtividade de grãos verdes em 24 genótipos de feijão-caupi, por meio da análise de trilha. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI, no ano de 2009, sob condições irrigadas. Adotou-se o delineamento de blocos completos casualizados com quatro repetições. Os caracteres avaliados foram os seguintes: número de dias para o início da floração (NDIF), comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV) e índice de grãos verdes (IGV). Estimaram-se os efeitos diretos e indiretos de caracteres agronômicos sobre a PGV, por meio da análise de trilha. Os caracteres PVV e IGV são os componentes agronômicos mais importantes na expressão da PGV. A seleção com base nesses caracteres pode levar a maiores ganhos para PGV.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, efeitos direto e indireto, seleção, melhoramento.

### **Introdução**

A produção e o consumo de feijão-verde representam um mercado altamente promissor para o feijão-caupi, tornando-se uma boa opção de renda para os agricultores familiares (ANDRADE et al., 2005).

Análise de trilha, método desenvolvido por Wright (1921), permite a partição dos coeficientes de correlações em efeitos diretos e indiretos. Cruz e Carneiro (2003) definem o coeficiente de trilha ou análise de causa e efeito como um coeficiente de regressão padronizado, sendo que a análise de trilha é composta por uma expansão da regressão múltipla quando envolvidas inter-relações complexas. Essa análise possibilita aos programas de melhoramento subsidiar a visualização dos efeitos diretos que um caractere causa no outro e os efeitos indiretos dos outros caracteres relacionados.

Oliveira (1996), empregando a análise de trilha, avaliou 16 genótipos de feijão-caupi e constatou que o peso de 100 grãos e o número de vagens por planta foram as variáveis com maior efeito direto positivo sobre o rendimento de grãos secos. Em estudo conduzido por Pal et al. (2004), na Índia, com genótipos de feijão-caupi

tipo hortaliça, o número de dias para a colheita da primeira vagem verde, a altura da planta, o comprimento do pedúnculo, o diâmetro da vagem verde e o número de vagens verdes por planta foram os componentes que mais influenciaram diretamente a produtividade de vagens verdes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos sobre a produtividade de grãos verdes de 24 genótipos de feijão-caupi, por meio da análise de trilha.

### Material e Métodos

O material experimental constou de vinte linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes, selecionadas no ensaio preliminar do Programa de Melhoramento de Feijão-caupi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte), e quatro testemunhas, incluindo cultivares e linhagens elites, totalizando vinte e quatro genótipos. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, com latitude de 05° 05' S, longitude de 42° 48' W Gr e altitude de 72 m, no ano de 2009, nos meses de agosto a dezembro, sob condições irrigadas.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições. A parcela experimental teve as dimensões de 3,2 m x 5,0 m e constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil as duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras foi de 0,80 m e dentro da fileira, entre covas, de 0,25 m, o que resultou em 20 covas por fileira.

Foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos: número de dias para o início da floração (NDIF), comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV) e facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV). Com o intuito de padronizar a maturação dos grãos e das vagens, por ocasião de cada colheita, realizou-se a correção de umidade dos mesmos (ANDRADE et al., 2005). Para isso, de cada genótipo colhido, retirou-se uma amostra de dez vagens, pesou-se e, em seguida, colocou-se de molho em água, por um período de trinta minutos para grãos e uma hora para vagens.

Para uma completa determinação dos efeitos da análise de trilha, incluiu-se no diagrama a variável X não correlacionada, como representativa dos efeitos residuais. Após o estabelecimento das equações básicas da análise de trilha, a resolução na forma matricial foi obtida pelo sistema de equações normais:  $X'X\beta = X'Y$ , onde:  $X'X$  = matriz não-singular das correlações entre as variáveis explicativas;  $\beta$  = vetor coluna de coeficientes de trilha;  $X'Y$  = vetor coluna das correlações entre as variáveis explicativas e a variável principal. Assim, tem-se:

$$r_{ix} = P_{ix} + \sum_{j \neq i}^n r_{ij} P_{jx}$$

onde:  $r_{ix}$ : correlação entre o rendimento de grãos e a i-ésima variável explicativa;  $P_{ix}$ : efeito direto da variável i sobre o rendimento de grãos;  $r_{ij}P_{jx}$ : efeito indireto da variável i, via a variável j, sobre o rendimento de grãos.

A solução de mínimos quadrados desse sistema é dada por:  $\beta = (X'X)^{-1} X'Y$ .

O coeficiente de determinação [ $R^2_{10(1,2,\dots,9)}$ ] do modelo causal que mede o efeito das nove variáveis explicativas sobre a variável básica rendimento de grãos é dado por:  $R^2_{10(1,2,\dots,9)} = P^2_{110} + P^2_{210} + \dots + 2P_{810}r_{8,9}P_{910}$ , e os efeitos residuais expressos por:  $P^2_{x10} = [1 - R^2_{10(1,2,\dots,9)}]^{1/2}$ .

As análises foram realizadas por meio do programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

## Resultados e Discussão

A análise de trilha envolvendo os caracteres agronômicos é apresentada na Tabela 1. O desdobramento das correlações genotípicas entre PGV e os caracteres NDIF, CVV, NGVV, P100GV, PVV e IGV, em efeitos diretos e indiretos, mostrou que a PGV foi influenciada direta e negativamente apenas por NDIF e CVV.

A estimativa do coeficiente de correlação genotípica foi negativa e significativa entre NDIF e PGV ( $r_G = -0,490$ ) obtendo efeitos negativos direto (- 0,052) e efeitos negativos indiretos, via o P100GV (- 0,009) e PVV (- 0,500), contrabalançados pelos efeitos positivos indiretos por meio do CVV (0,007), NGVV (0,016) e IGV (0,049) (Tabela 1). Ressalta-se se que o efeito negativo do NDIF sobre PGV é de baixa magnitude e no sentido inverso do ciclo, sendo que o melhoramento vem enfatizando a seleção para precocidade. Desse modo, a seleção para fins de precocidade não provocará perdas na produtividade de grãos, podendo-se obter ganhos em produtividade via seleção direta para precocidade ou indireta via principalmente PVV (-0,500).

O efeito direto do caráter CVV sobre PGV foi negativo (-0,029) (Tabela 1), juntamente com o efeito indireto via o IGV (- 0,097), contrabalançados pelos efeitos indiretos positivos, via o NDIF (0,012), NGVV (0,029), P100GV (0,010) e PVV (0,214), resultou em estimativa do coeficiente de correlação genotípica positiva, mas de baixa magnitude (0,139), embora CVV seja considerado um dos componentes primários da produtividade de grãos. Tais dados indicam que os fatores causais indiretos positivos devem ser considerados simultaneamente, durante o processo de seleção (BEZERRA et al., 2001).

Os caracteres NGVV e P100GV influenciaram positivamente a PGV (Tabela 1). Contudo, os efeitos diretos foram de baixa magnitude, 0,090 e 0,117, respectivamente, contribuindo para que a correlação genética fosse não significativa. Bezerra et al. (2001), trabalhando com feijão-caupi para produção de grãos secos, obteve resultados semelhantes. Oliveira (1996), avaliando dez caracteres em 16 genótipos de feijão-caupi, constatou que o P100G secos e o número de vagens por planta apresentaram o maior efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos secos, discordando com os resultados deste trabalho.

O PVV foi o caráter de maior influência direta na PGV (0,797) (Tabela 1). Esse efeito direto positivo compensou os efeitos indiretos negativos, por via CVV (- 0,008) e NGVV (- 0,008), resultando em estimativa positiva e de alta magnitude do coeficiente de correlação genotípica ( $r_G = 0,884$ ).

A correlação genotípica positiva e significativa entre IGV e PGV ( $r_G = 0,522$ ) adveio dos efeitos direto (0,453) e indiretos via CVV (0,006), NGVV (0,027) e PVV (0,045), que compensaram os efeitos indiretos negativos de baixa magnitude, por via o NDIF (- 0,006) e P100GV (- 0,003) (Tabela 1). Segundo Vencovsky e Barriga (1992), nesses casos, a correlação é determinada pelos efeitos indiretos, pois no processo de seleção os fatores causais indiretos devem ser considerados simultaneamente.

**Tabela 1.** Estimativas de efeitos diretos e indiretos das correlações genéticas das variáveis explicativas agrônomicas dos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e índice de grãos verdes (IGV) sobre variável básica produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Variáveis	Efeitos		Correlação
	Direto	Indireto	
NDIF vs PGV			
Efeito Direto	-0,052		
Efeito Indireto CVV		0,007	
Efeito Indireto NGVV		0,016	
Efeito Indireto P100GV		-0,009	
Efeito Indireto PVV		-0,500	
Efeito Indireto IGV		0,049	
Total			-0,490*
CVV vs PGV			
Efeito Direto	-0,029		
Efeito Indireto NDIF		0,012	
Efeito Indireto NGVV		0,029	
Efeito Indireto P100GV		0,010	
Efeito Indireto PVV		0,214	
Efeito Indireto IGV		-0,097	
Total			0,139 <sup>ns</sup>
NGVV vs PGV			
Efeito Direto	0,090		
Efeito Indireto NDIF		-0,009	
Efeito Indireto CVV		-0,009	
Efeito Indireto P100GV		-0,076	
Efeito Indireto PVV		-0,070	
Efeito Indireto IGV		0,136	
Total			0,061 <sup>ns</sup>
P100GV vs PGV			
Efeito Direto	0,117		
Efeito Indireto NDIF		0,004	
Efeito Indireto CVV		-0,003	
Efeito Indireto NGVV		-0,059	
Efeito Indireto PVV		0,307	
Efeito Indireto IGV		-0,013	
Total			0,354 <sup>ns</sup>
PVV vs PGV			
Efeito Direto	0,797		
Efeito Indireto NDIF		0,033	
Efeito Indireto CVV		-0,008	
Efeito Indireto NGVV		-0,008	
Efeito Indireto P100GV		0,045	
Efeito Indireto IGV		0,025	
Total			0,884*
IGV vs PGV			
Efeito Direto	0,453		
Efeito Indireto NDIF		-0,006	
Efeito Indireto CVV		0,006	
Efeito Indireto NGVV		0,027	
Efeito Indireto P100GV		-0,003	
Efeito Indireto PVV		0,045	
Total			0,522*

<sup>ns</sup>, \* Não-significativo e significativo a 5% pelo teste t.

### Conclusões

É possível a seleção simultânea para precocidade e produtividade de vagens e de grãos verdes. A seleção simultânea para o peso de cem grãos verdes e o número de grãos por vagem verde não é recomendável. Os caracteres PVV, IGV e TPB são os componentes agrônômicos e nutricionais que mais influenciam diretamente a produtividade de grãos verdes.

### Referências

- ANDRADE, F. N. ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Potencial genético de linhagens e cultivares de feijão-caupi para produção de feijão-verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAPEPI, Teresina, 2005. **Anais**. Teresina: FAPEPI, 2005. 1 CD-ROM.
- BEZERRA, A. A. de C. et al. Inter-relação entre caracteres de feijão-caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p. 137-142, 2001.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001, 648p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 579p.
- OLIVEIRA, F. J. Análises uni e multivariada aplicadas em cultivares de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 1996. 136 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- PAL, A. K.; SINGH, B.; MAURYA, A. N.; KUMAR, S. Correlations and path analysis in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **South Indian Horticulture**, v. 52, part 1/6, p. 82-88, 2004.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.