

## **ESTIMATIVAS DOS EFEITOS DOS TEORES DE PROTEÍNA E FERRO, TEMPO DE COCÇÃO, TAMANHO DO GRÃO E PRODUÇÃO DE GRÃOS SOBRE O TEOR DE ZINCO EM FEIJÃO-CAUPI**

*Jeane de Oliveira Moura<sup>(1)</sup>, Maurisrael de Moura Rocha<sup>(3)</sup>, Regina Lúcia Ferreira Gomes<sup>(2)</sup>, Kaesel Jackson Damasceno e Silva<sup>(3)</sup>, Francisco Rodrigues Freire Filho<sup>(3)</sup>, Luis José Duarte Franco<sup>(4)</sup>, Lígia Renata Almeida da Silva<sup>(5)</sup> e Jackeline dos Santos Carvalho<sup>(5)</sup>*

<sup>(1)</sup>Mestranda do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, PI, jeaneprofessora@hotmail.com; <sup>(2)</sup>Professora do Departamento de Fitotecnia da UFPI, Teresina, PI, rlfgomes@ufpi.edu.br; <sup>(3)</sup>Pesquisadores da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, mmrocha@cpamn.embrapa.br, kaesel@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br; <sup>(4)</sup>Analista da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, duarte@cpamn.embrapa.br; <sup>(5)</sup>Graduandas do Curso de Agronomia da UFPI, Teresina, PI, lg\_renata@hotmail.com, jackeline.s.carvalho@bol.com.br

**Resumo** – O feijão-caupi é uma espécie que apresenta alto potencial para o desenvolvimento de cultivares com boas características nutricionais, culinárias e agronômicas. O conhecimento das associações entre esses caracteres é de suma importância para a escolha da melhor estratégia de seleção. O objetivo desse trabalho foi estimar os efeitos direto e indireto de caracteres nutricionais, culinários e agronômicos sobre o teor de zinco em populações de feijão-caupi. Foram realizados cruzamentos entre os genótipos parentais BRS Xiquexique, IT-98K-205-8 e IT-97K-1042-3, incluindo-se os seus recíprocos e retrocruzamentos das gerações F<sub>1</sub> com o parental BRS Xiquexique. As gerações F<sub>1</sub>, resultantes dos cruzamentos e dos retrocruzamentos, foram avançadas para a geração F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>. Os genótipos parentais e as populações segregantes foram avaliados no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, no ano de 2010. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com onze tratamentos e quatro repetições. Foram mensurados os seguintes caracteres: tamanho do grão (P100G), produção de grãos (PG), tempo de cocção (TC), teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). Os efeitos direto e indireto dos caracteres PG, P100G, TP e TFe sobre o caráter TZn foi realizado por meio da análise de trilha. O TC foi o caráter que apresentou maior efeito direto e positivo sobre o TZn. É possível a obtenção de ganhos simultâneos via seleção para os teores de ferro e zinco, tamanho do grão e tempo de cozimento. Contudo, o aumento dos teores de ferro e zinco nos grãos via seleção direta do teor de proteína e produção de grãos não representa uma boa estratégia para biofortificação do feijão-caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; análise de trilha; biofortificação

**Abstract** – Cowpea is a species that presents high potential for developing cultivars with good nutritional, culinary, and agronomic characteristics. Knowledge of the relationships between these traits is very important to choose the best selection strategy. The aim of this work was estimate the direct and indirect effects of nutritional, culinary and agronomics characteristics on zinc content in cowpea populations. Crosses were done between parents BRS Xiquexique, IT-98K-205-8 and IT-97K-1042-3, including its reciprocal, and backcrossing the F<sub>1</sub> with the parental BRS Xiquexique. The F<sub>1</sub> generation resulting from crosses and backcrosses were advanced to F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub>. Parents and segregating populations were evaluated at Embrapa Mid North, Teresina, Piauí, in 2010. The experiment was designed in a randomized block with eleven treatments and four replications. The following traits were measured: grain size (P100G), grain yield (PG), cooking time (TC), protein

content (TP), iron content (TFe), and zinc content (TZn). TC was trait that presented more direct and positive effect on the TZn. It is possible to obtain simultaneously genetic gain by selection for TFe, TZn, TC, and P100G. However, the direct selection of the protein content and grain yield not is a good strategy for biofortification of the zinc content in cowpea populations studied.

Keywords: *Vigna unguiculata*; path analysis; biofortification

## Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma excelente fonte nutricional e representa alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003). Para o desenvolvimento de cultivares com boas características nutricionais, culinárias e agrônômicas, é preciso conhecer as associações entre esses caracteres

A análise de trilha é um artifício que o melhorista dispõe para entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres e para decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal e variáveis explicativas (KUREK et al., 2001). Alguns estudos de análise de trilha em feijão-caupi têm mostrado efeitos diretos sobre a produtividade de grãos (PG) proporcionado pelo caráter peso de 100 grãos (P100G) (DIAS, 2009), enquanto Kumari et al. (2010) observou efeito direto negativo. Dias (2009) verificou que maior efeito negativo sobre a PG foi proporcionado pelo COMPV. Efeito direto positivo do caráter número de dias para o início da floração (NDIF) sobre a PG também foi observado por Kumari et al. (2010). Efeito direto negativo do número de dias para maturidade foi estimado por Kumari et al. (2010). Outros estudos mostraram que o número de vagens por planta foi o caráter mais influente na seleção para a PG em feijão-caupi (UDOM et al., 2006; KURER, 2007). Em análises de trilha conduzidas por Udom et al. (2006) e Dias (2009), encontrou-se contribuição direta do número de grãos por vagem na PG, enquanto Kumari et al. (2010) encontraram efeitos diretos negativos. Estudando um grupo de genótipos de feijão-caupi de tegumento verde, Andrade (2010) observou que a produtividade de vagens verdes e o teor de proteína foram, respectivamente, os componentes agrônômicos e nutricionais que mais influenciaram a produtividade de grãos verdes.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos direto e indireto dos caracteres teor de proteína, teor de ferro, tempo de cocção, tamanho do grão e produção de grãos sobre o teor de zinco em populações de feijão-caupi, por meio da análise de trilha.

## Material e Métodos

Foram utilizados neste estudo, como parentais, os genótipos: BRS Xiquexique (P<sub>1</sub>), cultivar rica em Fe e Zn, procedente do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte; IT-98K-205-8 (P<sub>2</sub>), linhagem rica em Fe; e IT-97K-1042-3 (P<sub>3</sub>), linhagem rica em zinco, ambas provenientes do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), em Ibadan, Nigéria. Os cruzamentos entre os genótipos parentais (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), incluindo os recíprocos, foram realizados em condições de telado na Embrapa Meio-Norte, durante o segundo semestre de 2009. Foram realizados quatro cruzamentos: C<sub>1</sub> - BRS Xiquexique x IT-98K-205-8, C<sub>2</sub> - IT-98K-205-8 x BRS Xiquexique, C<sub>3</sub> - BRS Xiquexique x IT-97K-1042-3, e C<sub>4</sub> - IT-97K-1042-3 x BRS Xiquexique; quatro retrocruzamentos, utilizando-se a BRS Xiquexique como parental feminino, e obtidas as gerações F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>.

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. Adotou-se o espaçamento de 0,80 m entre fileiras e de 0,25 m entre covas dentro da fileira, o que resultou em 20 covas por fileira.

Foram avaliados os caracteres agronômicos tamanho do grão (P100G) e produção de grãos (PG); os caracteres nutricionais teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn); e o caráter culinário tempo de cocção (TC). As análises para determinação dos caracteres nutricionais foram realizadas no Laboratório CAMPO, em Paracatu – MG. Amostras de grãos de cada população foram lavadas em água destilada e secadas em estufa a 65°C. Posteriormente cada amostra foi triturada em moinho de bolas de zircônio. O TP foi determinado pelo método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1990) e os TFe e TZn, por meio de digestão nítrica-perclórica e leitura em espectrofotômetro, segundo Sarruge e Haag (1974). O TC foi determinado por meio do cozedor de Mattson, em quatro amostras de 25 grãos/população.

Foram estimados os efeitos direto e indireto dos caracteres TP, TZn, TC, P100G e PG (variáveis explicativas) sobre o TFe (variável básica) em populações de feijão-caupi, por meio da análise de trilha.

Todas as análises foram realizadas por meio do programa GENES (CRUZ, 2006).

### **Resultados e Discussão**

Correlações entre o TZn com os caracteres TP, TFe, TC, P100G e PG apresentaram de média a baixa magnitude, sendo a correlação entre o TZn com TFe, TC e P100G positivas, e do TZn com a TP e PG negativas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas<sup>1</sup> sobre a variável básica teor de zinco (TZn) , obtidas a partir da avaliação de 11 populações de feijão-caupi. Teresina, PI, 2010.

Variável	Efeitos		Correlação
	Direto	Indireto	
<b>TC</b>			
Efeito Direto sobre TZn	0,6942		
Efeito Indireto via P100G		0,0005	
Efeito Indireto via PG		-0,2979	
Efeito Indireto via TP		-0,1751	
Efeito Indireto via TFe		-0,0387	
Total			0,1830
<b>P100G</b>			
Efeito Direto sobre TZn	0,3463		
Efeito Indireto via PG		-0,1680	
Efeito Indireto via TC		0,0009	
Efeito Indireto via TP		0,0154	
Efeito Indireto via TFe		0,0227	
Total			0,2173
<b>TFe</b>			
Efeito Direto sobre TZn	0,3367		
Efeito Indireto via P100G		0,0233	
Efeito Indireto via PG		0,1096	
Efeito Indireto via TC		-0,0798	
Efeito Indireto via TP		0,1436	
Total			0,5334
<b>TP</b>			
Efeito Direto sobre TZn	0,2765		
Efeito Indireto via P100G		0,0193	
Efeito Indireto via PG		0,2675	
Efeito Indireto via TC		-0,4395	
Efeito Indireto via TFe		0,1748	
Total			-0,2986
<b>PG</b>			
Efeito Direto sobre TZn	-0,4129		
Efeito Indireto via P100G		0,1409	
Efeito Indireto via TC		0,5008	
Efeito Indireto via TP		-0,1791	
Efeito Indireto via TF		-0,0894	
Total			-0,0397

<sup>1</sup>Teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe), tempo de cocção (TC), peso de 100 grãos (P100G) e produção de grãos (PG).

Essas estimativas de correlação indicam que a seleção para aumento do TZn pode trazer ganhos para o TFe e P100G. Resultados semelhantes de correlação entre o TZn e TFe foram obtidos por Rocha et al. (2009). Por um lado, a correlação positiva entre o TZn e TC evidencia que será difícil a seleção simultânea nessas populações para aumentar o teor de zinco e reduzir o tempo de cozimento dos grãos. Os resultados mostram que é possível realizar o melhoramento dos níveis de ferro e zinco nos grãos e paralelamente atender a demanda atual por cultivares com grãos maiores. Rocha et al. (2009), estudando a correlação entre os teores de ferro e zinco em feijão-caupi, concluíram que é possível a obtenção de ganhos simultâneo para os conteúdos de ambos, no entanto, os autores

advertem que na seleção para o aumento dos conteúdos desses micronutrientes, deve-se considerar o efeito da interação genótipo x ambiente.

O TC foi o caráter que apresentou maior efeito direto e positivo sobre o TZn (Tabela 1). Segundo Kurek et al. (2001), efeito direto elevado de um caráter sobre outro indica que a correlação entre eles é um bom preditor genético e que ganhos poderão ser obtidos para ambos via seleção direta. Assim, progressos genéticos podem ser obtidos para o TZn via seleção direta do TC. A maioria dos efeitos indiretos foi negativo e, portanto, contribuíram para diminuir a correlação entre o TC e TZn. Assim, a seleção para o aumento do TZn via seleção indireta dos caracteres PG, TP ou TFe não será eficiente.

O TFe foi o terceiro caráter mais influente no TZn (Tabela 1), indicando que a seleção direta desse caráter pode trazer ganhos para o TZn, corroborando com os resultados de Rocha et al. (2009). A maioria dos efeitos indiretos foi positiva e, portanto, estes contribuíram para aumentar a correlação entre o TFe e o TZn. O caráter TC contribuiu negativamente para essa correlação, indicando que o aumento do TZn via seleção indireta do TC não será eficiente. O aumento do TZn via seleção direta do TP e da PG também deve ser evitada, tendo em vista que a PG exerce um efeito direto negativo sobre o TZn.

### Conclusão

É possível a obtenção de ganhos simultâneos via seleção para os teores de ferro e zinco, rapidez de cozimento e tamanho do grão. Contudo, a seleção direta do teor de proteína e produção de grãos não representa uma boa estratégia para biofortificação do teor de zinco nas populações de feijão-caupi estudadas.

### Agradecimentos

Ao Fundo de Pesquisa Embrapa-Monsanto pelo apoio financeiro ao projeto BioFORT, ao HarvestPlus e AgroSalud.

### Referências

- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A. dos; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHA, M. de M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa-Meio Norte, 2003. 110 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção, 2).
- ANDRADE, F. N. Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde. 2010, 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: Estatística experimental e matrizes. Viçosa, MG: Editora UFV. 2006. 285p.
- DIAS, F. T. C. Utilização de técnicas multivariadas e moleculares na caracterização e seleção de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e ciclo precoce. 2009, 997. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

- KUMARI, R. U.; USHARANI, K. S.; SUGUNA, R.; ANANDAKUMAR, C. R. Relationship between the yield contributing characters in cowpea for grain purpose [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 1, n. 4, p. 882-884, 2010.
- KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F. de; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7. n. 1, p. 29-32, 2001.
- KURER, S. Genetic variability studies in F2 and F3 generations of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 2007, 54p. Thesis (Master of Science in Agriculture) – University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- ROCHA, M. M.; SANTOS, A. M. F.; VILARINHO, A. A.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; SILVA, A. B.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J, L. V. Estimativas de parâmetros genéticos (g), ambientais (a) e da interação G x A para os conteúdos de ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009. Aracaju. **Anais**. Rio de Janeiro/Aracaju: Embrapa Agroindústria de Alimentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros. 1 CD-ROM.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974. 54p.
- UDOM, G. N.; FAGAM, A. S.; BABATUNDE, F. E.; MAINA, I. M. Path coefficient analysis of the components of grain yield in intercropped cowpea, growth in Borno, Nigeria. **International Journal of Natural and Applied Sciences**, v. 2, n. 4, p. 310-316, 2006.