

## ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO DE FEIJOEIRO-COMUM PARA ALTOS TEORES DE FERRO E ZINCO

### STRATEGIES FOR COMMON BEAN BREEDING FOR HIGH IRON AND ZINC CONTENT

Helton S. Pereira<sup>1</sup>, Maria J. Del Peloso<sup>1</sup>, Leonardo C. Melo<sup>1</sup>, Luís C. Faria<sup>1</sup>, Thiago L. P. O. Souza<sup>1</sup>, Priscila Z. Bassinello<sup>1</sup>, José L. C. Díaz<sup>1</sup>, Hélio W. L. Carvalho<sup>2</sup>, Antônio F. Costa<sup>3</sup>, Válter M. Almeida<sup>4</sup>, Carlos L. P. Melo<sup>5</sup>, José A. A. Moreira<sup>6</sup>, Mariana C. S. Magaldi<sup>1</sup>, Nilda P. Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Arroz e Feijão, GO, helton.pereira@embrapa.br

<sup>2</sup>Embrapa Tabuleiros Costeiros, SE

<sup>3</sup>Instituto Agronômico de Pernambuco, PE

<sup>4</sup>Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural, MT

<sup>5</sup>Embrapa Agropecuária Oeste, MS

<sup>6</sup>Embrapa Milho e Sorgo, MG.

**RESUMO** - O desenvolvimento de cultivares de feijoeiro-comum com altos teores de ferro e zinco nos grãos pode contribuir para a redução de problemas causados pela deficiência desses nutrientes, que ocorrem na população brasileira. Alguns estudos foram realizados com o objetivo de verificar se é possível obter cultivares de feijoeiro-comum com maiores teores de ferro e zinco. Os resultados desses estudos mostraram que existe variabilidade genética entre linhagens de feijoeiro-comum com grãos carioca e preto, quanto aos teores de ferro e zinco nos grãos. Existe também grande efeito ambiental na expressão dos teores de ferro e zinco nos grãos. É possível obter linhagens com maiores teores de ferro e zinco nos grãos, a partir de cruzamentos. As cultivares BRS Cometa e BRS Sublime, de grãos tipo carioca, e BRS Supremo, de grãos pretos, apresentam maiores teores de ferro e zinco entre as cultivares disponíveis atualmente no mercado.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, biofortificação, interação genótipos x ambientes.

**ABSTRACT** - The development of common bean cultivars with high iron and zinc content in grains can help reduce problems caused by deficiency of these nutrients, that occur in the brazilian population. Some studies have been conducted in order to verify if it is possible to obtain common bean cultivars with higher iron and zinc content. The results of these studies showed that there is genetic variability among common bean lines with carioca and black grains, for iron and zinc content in grains. There is also great environmental effect in the expression of these traits. It is possible to obtain lines with higher iron and zinc content in grains, from crosses. Cultivars BRS Cometa and BRS Sublime, with carioca grain type, and BRS Supremo, with black grain type, showed higher iron and zinc content among cultivars currently available on the market.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*, biofortification, genotype-by-environment interaction.

#### INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum destaca-se por ser um dos principais alimentos consumidos pelos brasileiros e pelo aspecto nutricional, pois apresenta altos teores de proteínas, fibras, vitaminas, ferro e zinco, que são micronutrientes cruciais no funcionamento do corpo humano. É reconhecida a deficiência desses minerais em nível mundial nos seres humanos, principalmente em famílias carentes que não tem acesso à proteína animal como carne e produtos lácteos. Elevar os níveis desses nutrientes em alimentos que compõem a alimentação das pessoas torna-se uma alternativa válida para atenuar e até mesmo prevenir a desnutrição no Brasil e no mundo. Para execução dessa estratégia é necessário que haja variabilidade genética entre as linhagens submetidas à avaliação. O grande desafio é identificar e aliar esses novos caracteres que conferem melhor qualidade nutricional aos caracteres de importância agronômica, principalmente produtividade, isto é, ganhos simultâneos para ambos os caracteres, para que o produtor futuramente adote a cultivar biofortificada. Sendo assim, o programa de melhoramento de feijoeiro-comum da

Embrapa tem como objetivo identificar e desenvolver cultivares de feijoeiro-comum com grãos preto ou carioca, com maiores teores de ferro e zinco nos grãos.

## MÉTODO

Inicialmente, foram avaliadas 30 cultivares/linhagens pré-comerciais junto com testemunhas de altos teores de ferro e zinco nos grãos (Piratã 1, G6492, Xamego e Brasil 0001), com o objetivo de indicar imediatamente cultivares com altos teores desses minerais. Essas linhagens foram avaliadas em 19 ambientes (combinação de local, época de semeadura e ano), em Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Pernambuco e Sergipe, nos anos de 2012, 2013 e 2014, nas épocas de semeadura das águas, seca e inverno. O delineamento experimental em cada ambiente foi o de blocos ao acaso, com duas repetições. As sementes colhidas em cada parcela foram utilizadas para análise dos teores de ferro e zinco, por digestão ácida da matéria orgânica, conforme técnica de espectrofotometria de absorção atômica por chama. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância por ambiente e também a análises de variância conjuntas, considerando-se o efeito de cultivares como fixo e o efeito de ambientes como aleatório. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 10% de probabilidade.

Também foram realizados experimentos com os objetivos de: estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para os teores de ferro (TFe) e de zinco (TZn) nos grãos de feijão-comum; verificar a presença de interação de linhagens com ambientes; identificar linhagens elite que associem altos TFe e TZn, com boa adaptabilidade e estabilidade, e com potencial agronômico; estudar a associação genética entre os TFe e TZn nos grãos; e verificar a necessidade de realização de ensaios em diferentes ambientes para seleção de linhagens superiores no aspecto nutricional. Inicialmente, foram avaliadas 140 linhagens em ensaios preliminares (carioca, preto, mulatinho, carioca precoce e roxinho). Cada ensaio preliminar foi conduzido separadamente, por tipo de grão, em vários ambientes, no ano de 2011, em blocos ao caso com três repetições. Foram realizadas avaliações agronômicas em múltiplos ambientes e os TFe e TZn em um ambiente. Foram realizadas análises de variância individuais e estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos, por tipo comercial de grão. Das 140 linhagens avaliadas, foram identificadas 22 com altos TFe e TZn no grão, para compor o ensaio de validação, que foi instalado no ano de 2013, em cinco ambientes, em blocos ao acaso com duas repetições, para avaliação específica do TFe e TZn. Os dados foram submetidos às análises de variância individuais e conjuntas. Foi avaliada a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, utilizando-se o método de Nunes e obtidas estimativas de correlações fenotípicas e genéticas entre os TFe e TZn no grão e correlação entre ambientes para identificar o mais representativo.

Para a obtenção de linhagens com altos teores de ferro e zinco, foram obtidas e avaliadas populações segregantes de feijoeiro-comum com grãos carioca para a seleção das populações com maior potencial para altos TFe e TZn e posterior obtenção de linhagens. Foram utilizadas populações segregantes obtidas a partir de cruzamentos em esquema de dialelo completo entre seis genitores (BRS Cometa, BRS Requinte, BRSMG Majestoso, Porto Real, G2358 e G14378) com altos teores de ferro e zinco, identificados previamente. Os experimentos foram constituídos por 15 populações e duas testemunhas (Pérola e Piratã 1), as gerações F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> foram avaliadas em Santo Antônio de Goiás-GO, inverno/2012, inverno/2013 e águas/2013, respectivamente; e F<sub>4</sub> (2º ambiente) em Brasília-DF, águas/2013; em blocos casualizados, com três repetições. Os caracteres avaliados foram os TFe e TZn. Foram realizadas análises de variância individuais e conjuntas, por caráter, considerando os efeitos de populações e de ambientes como fixos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi detectada existência de variabilidade entre as linhagens tanto para TFe quanto para TZn. O efeito ambiental também se mostrou importante. A interação genótipos x ambientes foi significativa para os dois caracteres, indicando que o comportamento das linhagens nos diferentes ambientes não foi coincidente. Para TFe, as médias das linhagens variaram de 52,8 a 69,0 mg kg<sup>-1</sup>. A linhagem Piratã 1 (69,0 mg kg<sup>-1</sup>) foi superior às demais, apresentando TFe 14,6% superior à Pérola (60,3 mg kg<sup>-1</sup>), que é a cultivar mais plantada no país. As outras três testemunhas de altos TFe estiveram no segundo grupo de maiores médias, como esperado: Brasil 0001 (65,8 mg kg<sup>-1</sup>), G6492 (65,5 mg kg<sup>-1</sup>) e Xamego (64,5 mg kg<sup>-1</sup>). Entre as cultivares, destacaram-se BRS Supremo

(65,7 mg kg<sup>-1</sup>) e CNFP 11995 (65,2 mg kg<sup>-1</sup>), de grãos pretos e BRS Cometa (65,8 mg kg<sup>-1</sup>), BRS Sublime (64,8 mg kg<sup>-1</sup>) e CNFC 11948 (63,2 mg kg<sup>-1</sup>), de grãos do tipo carioca, pois estiveram no segundo grupo de médias também. Essas cultivares podem ser utilizadas imediatamente pelos agricultores. Em termos de superioridade relativa, a cultivar BRS Supremo apresentou TFe 6,8% superior ao da cultivar de grão preto mais plantada no Brasil (IPR Uirapuru). Já as cultivares de grão carioca, BRS Cometa e BRS Sublime, apresentaram 9,1 % e 7,5% de superioridade em relação a Pérola, respectivamente. Os TZn variaram entre 28,4 e 36,6 mg/kg. O maior TZn foi obtido pela testemunha Brasil 0001 (36,6 mg kg<sup>-1</sup>). As demais testemunhas de altos TZn também se mantiveram entre as linhagens com maiores teores: Xamego (33,9 mg kg<sup>-1</sup>), Piratã 1 (33,7 mg kg<sup>-1</sup>) e G 6492 (32,9 mg kg<sup>-1</sup>). Entre as cultivares de grão preto, a BRS Supremo apresentou o maior TZn (32,5 mg kg<sup>-1</sup>). Já entre as cultivares de grão carioca, BRS Sublime (31,7 mg kg<sup>-1</sup>), BRS Cometa (31,5 mg kg<sup>-1</sup>), CNFC 11948 (31,5 mg kg<sup>-1</sup>) e BRSMG Madrepérola (31,5 mg kg<sup>-1</sup>) foram as que apresentaram maiores teores, sendo que a cultivar Pérola apresentou 29,5 m kg<sup>-1</sup>.

Com relação a avaliação das linhagens elite, visando identificar genitores para utilização no programa de desenvolvimento de linhagens com altos TFe e TZn, os resultados indicam que existe variabilidade genética para TFe e TZn entre linhagens elite de feijoeiro-comum do tipo carioca, mulatinho e preto. A condição para seleção de linhagens elite com maior TFe e TZn no grão é favorável, sendo observada alta herdabilidade e expressivos ganhos com a seleção. A interação de linhagens com ambientes para TFe e TZn em feijoeiro-comum é predominantemente do tipo simples. As linhagens CNFP 15701 e CNFC 15865, além da superioridade em acumular ferro e zinco nos grãos demonstraram ótima adaptabilidade e boa estabilidade fenotípica. As linhagens CNFC 15833, CNFC 15703 e CNFP 15676 foram selecionadas como candidatas para o desenvolvimento de cultivares biofortificadas, pois aliaram caracteres agronômicos e nutricionais. Há associação genética positiva e de magnitude intermediária entre o TFe e TZn nos grãos e o efeito ambiental influencia fortemente os teores de ferro e zinco nos grãos de feijoeiro-comum. O ambiente Ponta Grossa-PR na safra da seca, foi o que melhor representou os cinco ambientes avaliados tanto para TFe como para TZn, indicado como o melhor sítio para avaliações dos ensaios iniciais.

Com relação a avaliação das populações segregantes, visando o desenvolvimento de novas linhagens, para TFe, as análises individuais identificaram diferenças significativas ( $p>0,01$ ) entre as populações em todos os experimentos. O teor médio de ferro variou de 54,21 a 68,95 mg kg<sup>-1</sup>, nas gerações F<sub>2</sub> e F<sub>4</sub> (Santo Antônio de Goiás-GO), respectivamente. Para o TZn, também foram detectadas diferenças significativas entre as populações e o TZn médio variou de 32,67 a 39,36 mg kg<sup>-1</sup> nas gerações F<sub>3</sub> e F<sub>2</sub>, respectivamente. Os coeficientes de variação experimental ficaram abaixo de 9%, indicando boa precisão experimental. As análises conjuntas evidenciaram diferenças significativas ( $p<0,01$ ) entre as populações, ambientes e interação de genótipos com ambientes para TFe e TZn. Este resultado indica a importância que o ambiente e a interação de genótipos com ambientes têm sobre a manifestação desses caracteres. As maiores médias para TFe foram observadas nas populações: BRS Requinte x G2358 (72,49 mg kg<sup>-1</sup>) e Porto Real x G2358 (68,93 mg kg<sup>-1</sup>), que superaram a testemunha com alto TFe (Piratã 1: 67,61 mg kg<sup>-1</sup>). Já a testemunha Pérola, cultivar mais semeada no país, apresentou baixo TFe (56,30 mg kg<sup>-1</sup>), conforme esperado. Para TZn, as maiores médias foram das populações Porto Real x BRSMG Majestoso (39,27 mg kg<sup>-1</sup>) e Porto Real x G2358 (39,27 mg kg<sup>-1</sup>), ficando agrupadas com a testemunha Piratã 1, que apresenta alto TZn (40,28 mg kg<sup>-1</sup>). A população BRS Requinte x G2358 apresentou TZn (37,67 mg kg<sup>-1</sup>) acima da testemunha Pérola, que apresentou baixo TZn (35,82 mg kg<sup>-1</sup>). Considerando os dois caracteres, as populações que se destacaram foram BRS Requinte x G2358 e Porto Real x G2358 por reunirem, simultaneamente, altos TFe e TZn. Essas populações estão sendo utilizadas para obtenção de linhagens com altos TFe e TZn.

## CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética entre linhagens de feijoeiro-comum com grãos carioca e preto, quanto aos teores de ferro e zinco nos grãos. Existe grande efeito ambiental nos teores de ferro e zinco nos grãos. É possível obter linhagens com maiores teores de ferro e zinco nos grãos, a partir de cruzamentos. As cultivares BRS Cometa e BRS Sublime, de grãos tipo carioca, e BRS

Supremo, de grãos pretos, apresentam maiores teores de ferro e zinco entre as cultivares disponíveis atualmente no mercado.

