

## **EFICIÊNCIA E RESPOSTA À APLICAÇÃO DE FÓSFORO EM FEIJÃO COMUM EM SOLOS DE CERRADO**

*Taynar Coelho de Oliveira*

Doutoranda de Pós-Graduação em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: taynar@mail.uft.edu.br

*Joedna Silva*

Pesquisadora do PNPd/CAPES - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: joedna@mail.uft.edu.br

*Fabricio Henrique Moreira Salgado*

Mestre em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: fabriciogpi@hotmail.com

*Sérgio Alves Sousa*

Mestrando de Pós-Graduação em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: sergioalves\_sousa@hotmail.com

*Rodrigo Ribeiro Fidelis*

Professor Adjunto - Universidade Federal do Tocantins, Caixa postal 66, Rua Badejós, chácaras 69 e 72, Lt.07. Gurupi-TO. E-mail: fidelisrr@uft.edu.br

**Resumo** - No Brasil, o cultivo de feijão é bastante difundido, porém, a produtividade média nacional ainda é baixa, consequência da tecnologia empregada, condições climáticas e utilização de materiais não adaptados para a região. Objetivou-se com este trabalho selecionar genótipos de feijoeiro eficientes e responsivos a utilização de P. Para a realização da pesquisa foram utilizados dezenove genótipos de feijão, cultivados em ambientes de baixo e alto nível de fósforo com 20 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup> no plantio, respectivamente. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Concluiu-se que existe variabilidade quanto à eficiência e reposta a aplicação de fósforo entre os cultivares. Os genótipos IAC-Una, IPR-Saracura, IPR-Juriti, IAC-Centauro e IPR-Corujinha foram identificados como eficientes quanto à absorção de fósforo e responsivos a sua aplicação, sendo portanto, recomendados para cultivo em baixa, média e alta tecnologia. Os genótipos Tangará, IPR-Eldorado, IAC-Carioca Tybatã e IPR-139 foram classificados como não eficientes e não responsivos, não sendo recomendados para cultivo, e os maiores índices de clorofila *a*, *b* e *total* não resultaram em elevação na produtividade.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., estresse mineral, clorofila, Cerrado, produtividade

## **EFFICIENCY AND RESPONSO TO PHOSPHORUS APPLICATION IN COMMON BEAN ON CERRADO SOILS**

**ABSTRACT** - In Brazil, the bean crop is widely spread, however, the national average yield is still low, due to the low technology employed in the cropping systems, the climatic conditions and the use of maladaptive genotypes to the region. The paper was developed in order to select efficient and responsive bean genotypes to P use. The research was carried out utilizing nineteen bean genotypes, grown on low and high phosphorus levels, with 20 kg ha<sup>-1</sup> and 120 kg ha<sup>-1</sup> at sowing time respectively. The experimental design was the completely randomized blocs design with four replications. It was concluded that there is variability about phosphorus use efficiency and response to phosphorus application among the studied cultivars. The genotypes, IAC-Una, IPR-Juriti, IAC-Centauro and IPR-Corujinha were identified as efficient about phosphorus absorption and responsive to its application, being therefore, recommended to be grow on low, mid and high technological levels of cropping systems. The genotypes Tangará, IPR-Eldorado, IAC-Carioca Tybatã and IPR-139 were classified as non-efficient and non-responsive, thus, they are not recommended, and the greater chlorophyll index *a*, *b* and *total* did not resulted on increases on yield.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris* L., mineral stress, chlorophyll, Cerrado, yield

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do feijão comum desempenha papel importante no desenvolvimento social e econômico, seus grãos apresentam excelente fonte de proteína e vitaminas, constituindo assim um dos alimentos básicos da dieta da população. O crescimento acelerado da população e, conseqüentemente, a maior demanda por alimentos, tem contribuído para realização de pesquisas científicas envolvendo a cultura do feijão, com intuito de suprir a necessidade de alimentos, principalmente, com a elevação da produtividade de grãos.

No país, a produtividade média nacional ainda é baixa, consequência da tecnologia empregada, condições climáticas e utilização de materiais não adaptados. De acordo com Moda-Cirino et al. (1989) a escolha de cultivares adaptados à determinada região é um dos principais fatores que determinam o sucesso de uma lavoura. No Tocantins, apesar do clima favorável para desenvolvimento da cultura, ainda não é tradicionalmente cultivado. Conforme os dados da CONAB no Estado do Tocantins na safra 2009/2010 e safra 2010/2011 a produtividade média de grão foi de 1.051kg ha<sup>-1</sup> e 2.139 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, superando a média nacional de 945 kg ha<sup>-1</sup>.

No Tocantins predominam-se os solos de cerrado que tem como característica pouca disponibilidade de fósforo em condições naturais, além da alta concentração de alumínio, resultando assim em elevação na acidez do solo. Segundo Malavolta (1972) esse nutriente é o que mais tem aumentado a produção de grãos do feijão. Zucareli (2005) constatou que o aumento do P na planta do feijoeiro está aumentando o número de vagem e a massa das sementes, que são as principais características determinantes no aumento da produtividade.

O fósforo é um dos nutrientes que mais influência na produtividade das culturas, sendo que a deficiência de P resulta em decréscimo da fotossíntese (Brooks, 1986), isto ocorre provavelmente em razão do aumento da concentração de amido na folha (Fredeen et al., 1989). Esse aumento é acompanhado pela atividade da pirofosforilase do ADPG, uma enzima regulatória chave envolvida na síntese de amido cloroplastídico (LI et al., 1998).

Deste modo, a utilização do aparelho portátil clorofilômetro permite a obtenção de um índice relativo da clorofila na folha (IRC), com base na intensidade da coloração verde, o qual se correlaciona com o teor de clorofila e o de N na folha (GODOY et al., 2008), além disso, é um método rápido, barato e preciso na determinação do estado nutricional de plantas (PENG et al., 1993).

Neste sentido, o uso de cultivares eficientes e responsivos a utilização do nutriente podem ser um aliado para elevação da produtividade e redução do custo de produção, principalmente para solos do cerrado que possuem baixa fertilidade química. Diversos trabalhos

indicam diferenças entre os genótipos de feijão quanto à absorção e utilização do fósforo (FAGERIA, 1998; YAN et al., 1995). Desta forma, Clark e Duncan (1991) relataram que a absorção e utilização de nutrientes pelos cultivares são controladas geneticamente e, Costa et al. (2004) relatam que a existência de variabilidade genética é indispensável para o êxito de programas de melhoramento.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho selecionar genótipos de feijão comum eficiente e resposta a aplicação do fósforo em solos de Cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos (alto e baixo nível de P) foram conduzidos na entressafra do ano de 2010, em solos de terras altas, na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, localizado a 11° 43' 45" de latitude sul e 49° 04' 07" longitude oeste, a 280m de altitude. De acordo com Embrapa (2006) o solo é classificado como Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico, textura média. O resultado da análise química e física do solo na camada 0-20 cm antes da instalação do experimento foi: pH em CaCl<sub>2</sub> = 5,1; M.O (%) = 1,5; P (Mel) = 4,9 mg dm<sup>-3</sup>; K = 25,5 mg dm<sup>-3</sup>; Ca+Mg = 1,1 cmol dm<sup>-3</sup>; H+Al = 1,4 cmol dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol dm<sup>-3</sup>; SB = 1,1 cmol dm<sup>-3</sup>; V = 45,1 %; 737,9 g kg<sup>-1</sup> de areia; 26,1 g kg<sup>-1</sup> de silte e 236,0g kg<sup>-1</sup> de argila.

Cada experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Para simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram utilizadas as doses de 20 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, na forma de super simples amoniacal (17% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3% de N), utilizou-se ainda 70 kg ha<sup>-1</sup> de K na forma de cloreto de potássio e para a adubação de cobertura, 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicadas 20 dias após a emergência da cultura na forma de uréia.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens em ambos os experimentos. Para realização deste estudo, foram usadas sementes de 19 cultivares de feijão comum dos grupos carioca, preto, mulatinho, rosinha, rajado vermelho e pintado, provenientes do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Os genótipos avaliados foram IAC-Centauro, IAC-Diplomata, IAC-Galante, IAC-Boreal, IAC-Carioca Eté, IAC-Una, IAC-Carioca Tybatã, IPR-Saracura, IPR-Juriti, IPR-Colibri, IPR-Eldorado, IPR-Siriri, IPR-Tangará, IPR-139, IPR-Gralha, IPR-Tiziu, IPR-Graúna, IPR-Chopim e IPR-Corujinha.

Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 cm, visando obter um estande final de 12 plantas por metro linear. Como área útil foram consideradas as duas linhas centrais com 3,0 m de comprimento cada.

As sementes foram submetidas ao tratamento com inseticida do grupo químico Pirazol (50 g i.a./100 kg de sementes) e fungicida pertencente ao grupo químico Benzimidazol e Dimetilditiocarbamato (45+105 g i.a./100 kg de sementes). Durante a condução do experimento as aplicações de defensivos químicos em geral só foram efetuadas quando indispensável para o bom desenvolvimento das plantas e, de acordo com recomendação para cultura. O controle de plantas daninhas foi realizado até o florescimento através de capina manual. Aplicou-se apenas uma vez o inseticida pertencente ao grupo químico Organofosforado (500 g i.a./ha), aos 34 dias após o plantio.

A irrigação foi realizada seguindo recomendação para Santo Antônio de Goiás - GO (Curi e Campelo Júnior, 2001). Utilizou-se um sistema de irrigação por aspersão convencional com turno de rega de dois dias, tendo um período de funcionamento de duas horas. A vazão dos aspersores utilizados com pressão na base de 20 mca propiciou lâmina d'água de 5,2 mm/hora.

Para diferenciação das cultivares, foi utilizada a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do fósforo (eficiência e resposta - ER). Onde a utilização do nutriente é definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível. Enquanto que, a resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis dividida pela diferença entre as doses, utilizando a seguinte fórmula:

$$ap = (PNN - PBN)/DEN,$$

onde:

ap = Índice de resposta;

PNN = Produção com nível ideal de nutriente;

PBN = Produção com baixo nível do nutriente, e;

DEN = Diferença entre as doses (kg ha<sup>-1</sup>)

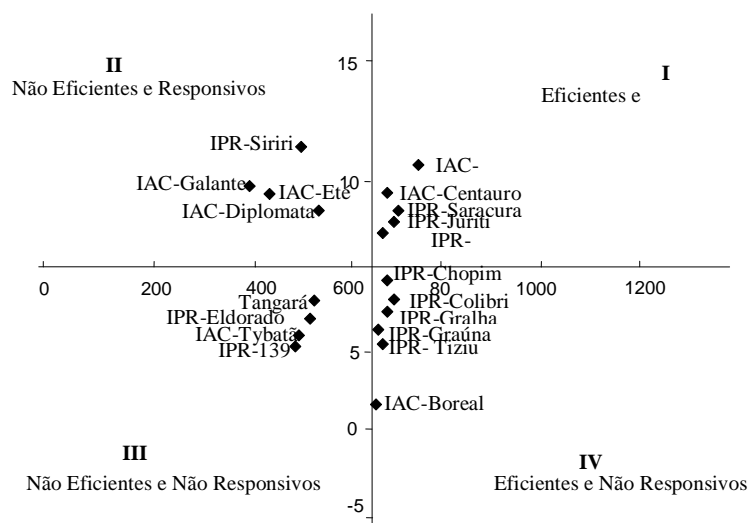
Foi utilizada uma representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas (x), encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas (y), a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante é representado os cultivares eficientes e responsivos (ER); no segundo, os não eficientes e responsivos (NER); no terceiro, os não eficientes e não responsivos (NENR) e no quarto, os eficientes e não responsivos (ENR).

Para a quantificação dos índices de clorofila existentes nas folhas, foi utilizado o método indireto. Assim, as leituras foram realizadas no florescimento pleno, sempre na primeira folha completamente expandida (do topo do dossel para a base). Foram realizadas três leituras por planta em cinco plantas por parcela, totalizando 15 leituras, com clorofilômetro marca ClorofiLOG® modelo CFL 1030, o qual fornece medições dos índices das clorofilas *a*, *b* e total (*a+b*), expressas em unidades chamadas Índice de Clorofila Falker (ICF), resultados em unidades adimensionais (FALKER, 2008). Os dados de produtividade de grãos foram feitos através da massa de grãos da área útil em quilogramas, com correção para 13% de umidade transformando os dados para kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados de produtividade de grãos e clorofila foram submetidos à análise individual e conjunta de variância, com aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada sob condições de homogeneidade das variâncias residuais. Para as comparações entre as médias dos genótipos, foi utilizado o teste de Scott-Knott e entre as médias de ambientes o teste Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se para tais análises o programa estatístico SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980) identificou-se como eficientes ao uso de fósforo os cultivares IAC-Una, IPR-Saracura, IPR-Juriti, IAC-Centauro, IPR-Corujinha, IPR-Colibri, IPR-Gralha, IPR-Chopim, IPR-Tiziu, IPR-Graúna e IAC-Boreal, pois apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos em ambiente de estresse de P e, portanto, estão representados no primeiro e quarto quadrantes da Figura 1. Segundo Graham (1984) a eficiência pode ser definida com a produção relativa de um genótipo em solo deficiente em comparação com a produção no nível ótimo de nutriente. Fageria (1998) verificou eficiência de fósforo em cultivares de feijão em solos do cerrado, apesar dos genótipos apresentarem comportamento diferenciando quanto à eficiência. Resultados semelhantes foram obtidos por Yan et al. (1995) que identificaram diferença entre genótipos de feijão na absorção e utilização de P. Em diversos trabalhos com culturas anuais foi verificado a existência de variabilidade genética quanto a eficiência de fósforo (FIDELIS et al., 2009; FIDELIS et al., 2010; ROTILI et al., 2010).



**Figura 1** - Eficiência no uso e resposta a aplicação de fósforo em genótipos de feijão comum, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980)

Quanto à resposta a aplicação de P, constatou-se que os cultivares IAC-Una, IPR-Saracura, IPR-Juriti, IAC-Centauro, IPR-Corujinha, IAC-Diplomata, IPR-Siriri, IAC-Carioca Eté e IAC-Galante foram classificados como responsivos, estando representados no primeiro e segundo quadrantes da Figura 1. Desta forma, os cultivares que apresentam alto índice de resposta, torna-se interessantes, pois, respondem ao incremento do fósforo quando se promove a melhoria do ambiente. Estes cultivares apresentaram valor de índice de resposta variando entre 12,30 a 8,17 (Tabela 1). O cultivar IPR-Siriri foi o que obteve maior índice de resposta (12,30), ou seja, obteve acréscimo de 12,30 quilogramas de grãos para cada quilograma de P aplicado. Enquanto que, nesse grupo o cultivar IPR-Saracura foi aquele que apresentou menor resposta (8,17) correspondendo assim, a 8,17 quilogramas de grãos para cada quilograma de P aplicado. Estes resultados corroboram com os obtidos por alguns autores, que estudando a cultura do feijoeiro verificaram respostas positivas a aplicação de P (FAGERIA, 1998; ZUCARELI et al., 2011).

Os cultivares IAC-Una, IPR-Saracura, IPR-Juriti, IAC-Centauro e IPR-Corujinha foram considerados

eficientes quanto à absorção e responsivos a aplicação de P. Com base nessas informações, recomenda-se o cultivo desses materiais nas propriedades agrícolas que utilizam desde baixo até alto nível tecnológico, demonstrando uma possível adaptação, pois além de produzir em ambientes com estresse mineral, também respondem ao incremento da adubação com fósforo (primeiro quadrante da Figura 1). Estes resultados corroboram com os obtidos por Fageria (1998) e Lana et al. (2006) que também identificaram cultivares de feijão comum eficientes e responsivos à aplicação de fósforo.

Os genótipos IAC-Diplomata, IPR-Siriri, IAC-Carioca Eté e IAC-Galante foram classificados como não eficientes e responsivos, pois produziram abaixo da média dos genótipos sob ambiente de baixo nível de fósforo, entretanto, tiveram valores de índice de resposta acima da média geral (segundo quadrante da figura 1). Os cultivares que foram classificados nesse grupo são indicados para agricultores que utilizam alto nível tecnológico, pois a melhoria do ambiente promove acréscimo na produção. Fageria (1998) também encontrou cultivares de feijão não eficientes e responsivos a adubação fosfatada.

**Tabela 1** - Médias de eficiência, índice de resposta e diferença de produtividade de grãos de dezenove genótipos de feijão comum, cultivados em alto e baixo nível de fósforo. Gurupi-Tocantins, 2010

Genótipos	Eficiência <hr/> Kg ha <sup>-1</sup>	Índice de Resposta (ap)	Diferença de produtividade de grãos <hr/> Kg ha <sup>-1</sup>
IAC- Centauro	663	8,18	818,01
IAC- Diplomata	586	9,18	918,17
IAC- Galante	416	9,71	971,12
IAC- Boreal	626	2,81	281,44
IAC- Carioca Eté	456	9,44	943,71
IAC- Una	714	11,47	1146,88
IAC-Carioca Tybatã	519	5,84	583,69
IPR- Saracura	688	8,17	817,26
IPR- Juriti	687	8,99	899,08
IPR- Colibri	789	7,14	713,72
IPR- Eldorado	528	5,96	596,17
IPR- Siriri	569	12,30	1230,24
Tangará	574	5,76	575,60
IPR- 139	499	7,09	708,91
IPR- Gralha	681	6,12	611,54
IPR- Tiziu	650	6,34	633,90
IPR- Graúna	633	6,54	652,81
IPR- Chopim	663	7,69	768,92
IPR- Corujinha	666	8,89	888,77
Média	611	7,77	

Os cultivares Tangará, IPR-Eldorado, IAC-Carioca Tybatã e IPR-139 compuseram o grupo não eficiente e não responsivo, pois, produziram abaixo da média do ambiente de baixo nível de fósforo (611 kg ha<sup>-1</sup>) e também apresentaram índices de resposta inferiores a média dos cultivares (7,77) podendo ser visualizada no terceiro quadrante (Figura 1). Cultivares classificadas como não eficientes e não responsivos não são recomendadas para serem semeadas em propriedades agrícolas, nem mesmo para aquelas que utilizam baixo nível tecnológico. Fageria (1998) também encontrou outros cultivares de feijão não eficientes e não responsivos ao elemento fósforo.

No quarto quadrante da Figura 1 encontram-se os cultivares eficientes e não responsivos IPR-Colibri, IPR-Gralha IPR-Chopim, IPR-Tiziu, IPR-Graúna e IAC-Boreal das quais produziram acima da média no ambiente com baixa dose de P e abaixo da média geral do índice de resposta (7,77). Evidenciando assim, que não responderam satisfatoriamente ao incremento do nutriente, e, com isso, os cultivares desse grupo são indicados apenas para o cultivo em propriedades que adotam baixo nível tecnológico, principalmente para agricultores familiares que normalmente possuem recursos financeiros reduzidos. Fageria (1998) estudando genótipos de feijão comum identificou Aporé, Goytacazes, Carioca-MG, Carioca

IAC, Serrano, Roxo 9 e Safira como eficientes e não responsivos.

Considerando a carência de informações a respeito da absorção e utilização do fósforo em feijão comum, cultivadas em terras altas no Estado do Tocantins, e principalmente, a expressividade do público beneficiado por estudos como este, nota-se a importância da utilização desta metodologia específica para estresse mineral, pois de uma maneira simples possibilita a identificação de genótipos eficientes quanto ao uso e resposta ao fósforo. Através desses resultados, pode-se identificar os melhores cultivares para a região de acordo com o nível tecnológico empregado pelos agricultores, permitindo assim, obtenção de maiores produtividades e menores custos de produção.

Na Tabela 2, encontram-se as médias de índices de clorofila *a* nos ambientes de alto e baixo nível de fósforo. Observa-se que não houve significância na interação genótipos versus ambientes, ou seja, a dose de fósforo não influenciou de forma diferenciada os genótipos avaliados. O cultivar IPR-Eldorado obteve maior índice de clorofila *a* com 37,09 apesar de, não diferir dos cultivares que apresentaram índice superior a 35,80. Enquanto que, o cultivar IAC-Carioca Eté foi aquele que obteve o menor índice de clorofila *a*. Comparando os ambientes, nota-se que o estresse mineral resultou em maiores índices de

clorofila *a*. Martins e Pitelli (2000) também constataram decréscimo dos índices de clorofila com aplicação de fósforo. Vale e Prado (2009) observaram que a dose a 50 mg dm<sup>-3</sup> de P foi suficiente para proporcionar alta concentração de N, visto que, o aumento dessa dose

promoveu decréscimo de nitrogênio. Souza et al. (2011) verificaram que a concentração de clorofila aumentou com as doses de P, sendo que à elevação de N no tecido foliar foi proporcionada pela adubação fosfatada, favorecendo a síntese de clorofila.

**Tabela 2** - Médias de índices Falker de Clorofila *a* e Clorofila *b* no período do florescimento de dezenove genótipos de feijão comum, cultivados em alto e baixo nível de fósforo. Gurupi-Tocantins, 2010

Genótipo	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>		
	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média
IAC- Centauro	32,18	34,48	33,33 c	11,04	12,48	11,76 b
IAC- Diplomata	35,20	34,90	35,05 b	13,29	12,86	13,07 b
IAC- Galante	33,35	36,24	35,80 a	13,67	13,90	13,79 a
IAC- Boreal	35,69	35,20	35,44 b	14,44	12,97	13,70 a
IAC- Carioca Eté	30,41	33,20	31,80 d	9,96	11,45	10,70 b
IAC- Una	34,42	34,19	34,31 c	12,02	13,00	12,51 b
IAC-Carioca Tybatã	34,27	34,63	34,45 c	12,65	13,07	12,86 b
IPR- Saracura	34,84	37,23	36,04 a	13,25	15,33	14,29 a
IPR- Juriti	35,08	35,05	35,06 b	12,89	12,28	12,59 b
IPR- Colibri	34,65	35,51	35,08 b	13,29	13,52	13,41 a
IPR- Eldorado	37,74	36,44	37,09 a	15,53	15,03	15,28 a
IPR- Siriri	34,18	35,80	34,99 b	12,63	13,02	12,82 b
Tangará	35,21	36,81	36,01 a	13,55	15,16	14,36 a
IPR- 139	36,03	36,94	36,49 a	14,14	14,80	14,47 a
IPR- Gralha	35,00	34,51	34,76 b	16,66	12,13	12,39 b
IPR- Tiziu	33,57	34,72	34,15 c	12,03	12,41	12,22 b
IPR- Graúna	35,46	34,59	35,03 b	14,02	12,92	13,47 a
IPR- Chopim	35,49	34,89	35,19 b	13,70	13,56	13,63 a
IPR- Corujinha	36,07	35,54	35,80 a	15,18	12,86	14,02 a
Média	34,78 B	35,31 A		13,15 A	13,30 A	
CV(%)	4,13			10,92		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao índice de clorofila *b*, verifica-se que a dose de fósforo também não influenciou de forma distinta os cultivares estudados (Tabela 2). O cultivar IPR-Eldorado teve o maior valor do índice de clorofila *b* (15,28) apesar de não ter diferido dos cultivares com valores acima de 13,41. O cultivar IAC-Carioca Eté foi aquele que obteve o menor índice de clorofila *b*, porém sem diferir do que apresentaram médias abaixo de 13,79. Não houve diferença significativa entre os ambientes para esta característica. O índice de clorofila *b*, de forma similar ao índice de clorofila *a*, apresentou para a maioria dos genótipos maiores valores no ambiente de estresse de fósforo.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados do índice de Clorofila Total. Desta forma, semelhante ao que aconteceu com o índice de Clorofila *a* e *b*, constatou-se a não significância entre os fatores ambientes e genótipos. O

cultivar IPR-Eldorado obteve superioridade estatística com a média do índice de clorofila total de 52,38, não diferindo dos cultivares que tiveram índices acima de 48,13. Enquanto que, o cultivar IAC-Carioca Eté foi aquele que apresentou menor índice de Clorofila Total. Comparando os ambientes, nota-se que não houve diferença significativa. Pode-se observar ainda que para todos os cultivares o índice de clorofila *a* foi maior em relação à clorofila *b*, tal observação ocorre devido a uma maior proporção do fotossistema I que é mais rico em clorofila *a*, esse fator está diretamente relacionado com a capacidade das plantas em maximizar a captura de luz em condições normais de luminosidade (CRITCHLEY, 1999). Neste sentido, Souza et al. (2011) relataram maior proporção relativa de clorofila *b* em ambientes sombreados, que pode estar associada à sua degradação mais lenta em relação à clorofila *a*.

**Tabela 3** - Médias de índices Falker de Clorofila Total e produtividade de grãos (PG) de dezenove genótipos de feijão comum, cultivados em baixo e alto nível de fósforo. Gurupi-Tocantins, 2010

Genótipos	Clorofila Total			PG (kg ha <sup>-1</sup> )		
	Alto P	Baixo P	Média	Alto P	Baixo P	Média
IAC- Centauro	43,22	46,97	45,20 c	1.481 bA	663 aB	1.072
IAC- Diplomata	48,49	47,77	48,13 a	1.504 bA	586 aB	1.045
IAC- Galante	49,03	50,15	49,59 a	1.388 bA	416 aB	902
IAC- Boreal	50,13	48,17	49,15 a	907 cA	626 aA	767
IAC- Carioca Eté	40,38	44,65	42,51 c	1.400 bA	456 aB	928
IAC- Una	46,45	47,20	46,82 b	1.861 aA	714 aB	1.287
IAC- Carioca Tybatã	46,92	47,71	47,32 b	1.103 cA	519 aB	811
IPR- Saracura	48,10	52,57	50,33 a	1.505 bA	688 aB	1.096
IPR- Juriti	47,98	47,33	47,66 b	1.586 bA	687 aB	1.136
IPR- Colibri	47,95	49,03	48,49 a	1.503 bA	789 aB	1.146
IPR- Eldorado	53,27	51,48	52,38 a	1.124 cA	528 aB	826
IPR- Siriri	46,82	48,82	47,82 b	1.799 aA	569 aB	1.184
Tangará	48,77	51,97	50,37 a	1.149 cA	574 aB	862
IPR- 139	50,18	51,74	50,96 a	1.208 cA	499 aB	854
IPR- Gralha	47,66	46,65	47,15 b	1.293 cA	681 aB	987
IPR- Tiziu	45,61	47,14	46,37 b	1.284 cA	650 aB	967
IPR- Graúna	49,48	47,52	48,50 a	1.286 cA	633 aB	960
IPR- Chopim	49,20	48,45	48,83 a	1.432 bA	663 aB	1.048
IPR- Corujinha	51,26	48,41	48,83 a	1.554 bA	666 aB	1.110
Média	48,62 A	47,94 A		1.388	611	
CV(%)		5,66		22,91		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados dos índices de clorofila não foram conclusivos no que diz respeito à relação do índice com a eficiência e resposta na utilização de P, como pode ser observado com os cultivares IPR-Eldorado, IPR-139 e Tangará que obtiveram os melhores índices de clorofila *a*, *b* e *total*, sendo iguais estatisticamente, porém, foram classificados como não eficientes e não responsivos. Verifica-se ainda que o cultivar IAC-Siriri obteve o maior índice de resposta (12,3) tendo o maior aumento de produtividade com incremento de fósforo (1.230 kg ha<sup>-1</sup>), apesar de não ter os maiores índices de clorofila *a*, *b* e *total*.

Não houve uma relação direta dos valores de clorofilas no que diz respeito à produtividade de grãos, sendo que para a maioria dos genótipos os maiores índices de clorofila não resultaram, necessariamente, em melhores produtividades de grãos.

Quanto à produtividade de grãos, constatou-se que a interação influenciou de forma diferenciada nos cultivares estudados. Visto que, os genótipos no ambiente de alto nível de fósforo obtiveram produtividade variando entre 1.861 a 907 kg ha<sup>-1</sup>. Os cultivares IAC-Una e IPR-Siriri foram o que apresentaram superioridade estatística em relação aos demais com produtividade de grãos de 1.861 e 1.799 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O cultivar IAC-Boreal obteve a pior performance com produtividade de grãos de

907 kg ha<sup>-1</sup>, apesar que, não diferiu dos cultivares com valores abaixo de 1.293 kg ha<sup>-1</sup>. Conforme os dados da Conab (2011), a produtividade média nacional é de 945 kg ha<sup>-1</sup>, desta forma, dezoito cultivares superaram a média nacional no ambiente sem estresse de fósforo, o que demonstra o potencial produtivo da região para cultivo dessa cultura.

No ambiente com estresse de fósforo, os genótipos não apresentaram diferenças significativas quanto a produtividades de grãos que, variou entre 789,33 a 416,95 kg ha<sup>-1</sup> e, nenhum dos cultivares obteve produtividade acima da média nacional. Avaliando o desdobramento do ambiente dentro cultivar, evidencia-se que apenas o cultivar IAC-Boreal não respondeu significativamente ao incremento de P. Esta observação pode está diretamente ligada à característica genética do cultivar, demonstrando assim uma maior rusticidade.

De maneira geral, o acréscimo do nutriente promoveu resposta satisfatória na produtividade de grãos, que oscilaram de 232,91 a 44,92% para os cultivares analisados. Estudos realizados por alguns autores confirmam os resultados obtidos nessa pesquisa, com aumento gradativo da produção em virtude a dose de fósforo aplicada (ZUCARELI, 2005; PETRILLI, 2007).

## CONCLUSÕES

Existe variabilidade quanto à eficiência e reposta à aplicação de fósforo entre os cultivares.

Os genótipos IAC-Una, IPR-Saracura, IPR-Juriti, IAC-Centauro e IPR-Corujinha foram identificados como eficientes quanto à absorção de fósforo e responsivos a sua aplicação, sendo portanto, recomendados para cultivo em baixa, média e alta tecnologia.

Os genótipos Tangará, IPR-Eldorado, IAC-Carioca Tybatã e IPR-139 foram classificados como não eficientes e não responsivos, não sendo recomendados para cultivo.

Os maiores índices de clorofila *a*, *b* e *total* não resultaram em elevação na produtividade.

#### AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins – UFT e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

#### LITERATURA CITADA

BROOKS, A. Effects of phosphorus nutrition on ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase activation, photosynthetic quantum yield and amounts of some Calvin cycle metabolites in spinach leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v.13, p.221-237, 1986.

CRITCHLEY, C. **Concepts in photobiology: photosynthesis and photomorphogenesis**. New Delhi: Narosa publishing House, 1999. 587 p.

CLARK, R. B.; DUNCAN, R. R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.27, p.219-240, 1991.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2011) Feijão. Series históricas: área, produtividade e produção do boletim da Safra 2010/2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 21 de setembro de 2011.

COSTA, M. M.; MAURO, A. O; TREVISOLI-UNÊDA, S.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.

CURI, S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Necessidades hídricas da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na baixada cuiabana. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 59-65, 2001.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Brasília, EMBRAPA/DPI. 306p. 2006

FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de Fósforo pelos Genótipos de Feijão. **Revista Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p.128-131,1998.

FAGERIA, N. D.; KLUTHCOUSKI, J. Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 22p, 1980.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030). Porto Alegre, Falker Automação Agrícola. 2008.33p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; ERASMO, E. A. L. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de Cerrado. **Pes. Agropec. Tropical**, v.39, p.285-293, 2009.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; PELÚZIO, J. M.; GALVÃO, J. C. C. Classificação de populações de milho quanto à eficiência e reposta ao uso de fósforo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, p. 241-246, 2010

FREDEEN, A.L.; RAO, I.M.; TERRY, N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in Glycine max. **Plant Physiol.**, v. 89, p. 225- 230, 1989.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; BÔAS, R. L. V.; JUNIOR, J. B. L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 217-226, 2008.

GRAHAM, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: TINKER, P. B et al. Ed. **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1984, p.52-102.

LANA, R. M. Q.; JÚNIOR, L. A. Z.; CORREIA, N. M.; LANA, M. Q. Variabilidade entre genótipos de feijoeiro na eficiência no uso de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.778-784, 2006.

LI, R.; VOLENEC, J.J.; JOERN, B.C.; CUNNINGHAM, S.M. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil. **Crop Sci.**, v. 36, p. 617- 623, 1998.



- MARTINS, D. e PITELLI, R. A. Efeito da adubação fosfatada e da calagem nas relações de interferência entre plantas de soja e capim-marmelada. **Revista de Plantas Daninhas**, v.18, n.2, 2000.
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: MIYASAKAS, S.(Coord). Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão. Viçosa: UFV, 1972. p. 42- 209.
- MODA-CIRINO, V.; KRANZ, W. M.; LOLLATO, M. A.; OLIARI, L.; RIBEIRO, P.G.F. Escolha e zoneamento de cultivares. In: O feijão no Paraná. Londrina: IAPAR, n.63, 1989. p.43-51.
- PENG, S.; GARCIA, F.V.; LAZA, R.C.; CASSMAN, K.G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 02, p. 987-990, 1993.
- PETRILLI, L. R. T. C. **Doses e modos de aplicação de fósforo na nutrição e produção do feijoeiro cultivar pérola**. 2007. 69f. Dissertação (Mestrado em agronomia/agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SOUZA, G. S.; SILVA, J. S.; SANTOS, A. R.; GOMES, D. G.; OLIVEIRA, U. C. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em alfavaca cultivada sob malhas coloridas e adubação fosfatada. **Enciclopédia Bioesfera**, Goiânia, v.7, n.13, 2011.
- ROTILI, E. A.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M.; BARROS, H. B.; PINTO, L. C. Eficiência do uso e reposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de Terras Altas. *Bragantia*, Campinas, v. 69, p705-710, 2010.
- ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; JUNIOR, E. U. R.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, p.32-38, 2011.
- ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada, produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro CV. Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã**. 2005. 183f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- YAN, X; LYNACH, J. P; BEEBE, S. E. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in constrasting soil types. I. Vegetative response. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1086-1093, 1995.
- VALE, D. W. e PRADO, R. M. Adubação com NPK e o estado nutricional de Citrumelo por medida indireta de clorofila. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.2,p. 266-271, 2009.

Recebido em 02 02 2012

Aceito em 23 03 2012