



Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará

Rates of phosphorus fertilizers in the culture of cowpea in the northeastern on State of Pará

Pablo Wenderson Ribeiro Coutinho¹, Deymeson Mateus Soares da Silva¹, Eduardo César Medeiros Saldanha^{*2}, Ricardo Shigueru Okumura², Mário Lopes da Silva Júnior³

Resumo - O feijão-caupi é uma leguminosa cultivada predominantemente por pequenos produtores, representa uma das mais importantes fontes de renda e ocupação de mão de obra no meio rural do Nordeste Paraense. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a produtividade do feijão-caupi em resposta a doses de fósforo em Latossolo Amarelo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos pelas seguintes doses: 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados no sulco de semeadura, por meio da fonte superfosfato triplo (46% P₂O₅). As variáveis avaliadas foram altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e a produtividade de grãos. A adubação fosfatada teve influência positiva em todas as variáveis avaliadas, sendo que para a produtividade de grãos observou-se que quando aplicaram doses elevadas de P₂O₅, maiores foram os resultados. Enquanto a altura de planta, número de folhas, número de grãos por vagem e massa de mil grãos de feijão-caupi, verificou que maiores doses de P₂O₅ proporcionaram menor desempenho das plantas. As doses de máxima eficiência econômica foram de 156,67 à 222,22 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as variáveis altura de planta, número de folhas, número de grãos por vagens e massa de mil grãos. Doses superiores a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ devem ser previstas em estudo de curva de resposta de feijão-caupi ao fósforo para as condições edafoclimáticas da região de Capitão Poço.

Palavras-chave - *Vigna unguiculata*. Manejo da adubação fosfatada. Componentes da produção.

Abstract - The cowpea plant is a legume managed predominantly by small farmers. It is one of the most important sources of money and occupation of the family in rural areas of the Northeast of the State of Pará. The aim of this study was to evaluate the growth and yield of cowpea plant in response to rates of phosphorus fertilizers in Yellow Latosol. The experimental design was of randomized blocks, with five replications, in which the treatments consisted of the following rates: 0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ of P₂O₅, applied at sowing, using the source of triple superphosphate (46% P₂O₅). The variables evaluated were plant height, stem diameter, number of leaves, number of pods per plant, number of seeds per pod, thousand grain weight and grain yield. Phosphorus fertilization had a positive influence on all variables, as for grain yields, it was observed that when applied high rates of P₂O₅, the results were higher. As for the plant height, number of leaves, number of seeds per pod and thousand grain weight of cowpea plant, it was found that higher rates of P₂O₅ provided lower plant performance. The rates of maximum economic efficiency were of 156.67 to 222.22 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for the variables plant height, number of leaves, number of seeds per pod and thousand grain weights. The rates above 300 kg ha⁻¹ of P₂O₅ must be provided in a study of response curve of cowpea plant to phosphorus to soil and climatic conditions of the region of Capitão Poço.

Key words - *Vigna unguiculata*. Management of phosphorus. Yield components.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 04/04/2013 e aprovado em 10/02/2014

¹Discente de graduação do curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, Capitão Poço (PA), pablowenderson@hotmail.com, deymesonmateus@yahoo.com.br

²Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, Rodovia PA 124, Km 0, Vila Nova, Capitão Poço (PA), eduardo.saldanha@ufra.edu.br, ricardo.okumura@ufra.edu.br

³Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Belém, mario.silva@ufra.edu.br

Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é nativo da África e bastante cultivado nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e americano (SILVA *et al.*, 2008), caracterizado por ser uma leguminosa de alto conteúdo proteico, nas quais suas sementes são fontes de aminoácidos, tiamina e niacina, além de fibras dietéticas, por isso é uma boa opção para a melhoria da qualidade de vida, especialmente da população carente no meio rural e urbano (FONSECA *et al.*, 2010).

Estima-se que 70% do feijão produzido no território brasileiro sejam do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e 30% do feijão-caupi. Contudo, esses dados não descrevem a realidade dos Estados das regiões Nordeste e Norte, cuja produção é quase que exclusiva de feijão-caupi. No Estado do Pará, devido às condições edafoclimáticas, a produção de feijão-caupi alcança 85% do total de feijões produzidos, e em outros Estados, como Amazonas, Amapá e Roraima, atinge praticamente 100% da área cultivada com feijão (FILGUEIRAS *et al.*, 2009).

O Estado do Pará contribui com uma produção de 5.824 toneladas (IBGE, 2012), na qual a cultura encontra-se em franca expansão, em 124 municípios do Estado, com a maior área plantada concentrando-se nos 16 municípios que integram a Microrregião Bragantina e que formam o chamado “polo do feijão-caupi”, com produtividade média de 1000 kg ha⁻¹ de grãos (EMATER PARÁ, 2005). Embora possua uma produtividade maior que a média nacional de 369 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO *et al.*, 2011), há grande potencial de crescimento, uma vez que o manejo do solo é inadequado e a adubação normalmente é realizada sem uso de resultados das análises do solo, fato que se comprova em seu cultivo no município de Capitão Poço, na qual predomina a agricultura de subsistência.

As classes dos Latossolos e Argissolos ocupam mais de 70% da superfície da região amazônica, e são na sua maioria ácidos e com baixa disponibilidade de fósforo, que constitui fator limitante à produção vegetal, em contrapartida apresentam condições de resistência do solo à penetração, densidade do solo, umidade do solo e grau de floculação da argila favoráveis para o cultivo de leguminosas (UCHÔA *et al.*, 2009). Esses mesmos autores salientaram que a prática da calagem, que contribui para a fertilidade dos solos e na maior disponibilidade de fósforo, é pouco utilizada pelos produtores de feijão-caupi da região amazônica.

Para obter alta produtividade de grãos é necessária a utilização da adubação fosfatada, o que tem ocasionado à intensificação de definir doses mais adequadas para as culturas, que possibilitem maiores retornos econômicos (FAGERIA, 1990). Conhecer o efeito da adubação fosfatada no solo auxilia no manejo deste nutriente (SILVA

et al., 2003). Dessa forma, existe poucas informações sobre adubação fosfatada para a cultura do feijão-caupi (FONSECA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011), o que indica a necessidade da realização de estudos para subsidiar a recomendação das doses de fósforo para a cultura no estado do Pará. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento e a produtividade do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em resposta a doses de fósforo, no município de Capitão Poço, Nordeste do Pará.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus de Capitão Poço (01°44'04"S, 47°03'28"O, e altitude de 96 m), na região Nordeste do Estado do Pará, no período de agosto a dezembro de 2011. O clima enquadra-se nos tipos climáticos Ami, da classificação de Köppen, caracterizado como chuvoso ou sem inverno estacional, apresentando, contudo, pequena estação seca, de agosto a dezembro (PACHECO; BASTOS, 2002). A temperatura média anual situa-se em torno de 26,2°C e a umidade relativa próximo de 83%.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo álico (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características químicas e físicas na camada de 0 à 0,20 m (EMBRAPA, 1997): pH (H₂O) = 5,1; MO = 18 g kg⁻¹; P (Mehlich 1) = 1,3 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 1,1 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,3 cmol_c dm⁻³; K = 21 mg dm⁻³; H + Al = 3,2 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,3 cmol_c dm⁻³; CTC = 4,61 cmol_c dm⁻³; V = 30,6%; m = 25,8%; areia = 733 g kg⁻¹; argila = 177 g kg⁻¹ e silte = 89 g kg⁻¹, caracterizado como textura franco-arenosa.

Com base nas análises químicas foi realizada a correção do solo com o objetivo de elevar a saturação por bases à 70% (CRAVO *et al.*, 2007). O preparo do solo foi realizado com uma gradagem niveladora, e a aplicação de calcário dolomítico (CaO: 28%, MgO: 20% e PRNT: 100%) feita a lanço em área total, 60 dias antes da implantação do experimento, utilizando a dose de 1,5 t ha⁻¹.

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a BR-14 MULATO, por ser a cultivar mais semeada pelos agricultores da região, possui como característica crescimento indeterminado, porte enramador, além de ser considerada resistente ao vírus do mosaico severo do feijão-caupi (EMBRAPA, 2001).

A semeadura foi realizada manualmente com espaçamento de 0,5 m entre linha e 0,4 m entre plantas (Densidade populacional de 50.000 plantas ha⁻¹). Aos 10

dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova. Durante o período experimental a irrigação foi realizada via aspersor, em que se irrigava pela manhã e no final da tarde, dessa forma, padronizando a quantidade de água disponibilizada para a cultura, enquanto o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual, quando necessário.

A adubação de sementeira foi realizada no sulco com a aplicação das doses de P_2O_5 por meio da fonte superfosfato triplo (P_2O_5 : 46%) de acordo com as doses dos tratamentos e de 30 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio (K_2O : 60%) (CRAVO *et al.*, 2007). Após 20 dias da sementeira, aplicou-se 20 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio (N: 21% e S: 23%) e 30 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) em cobertura, conjuntamente, foi realizada a 1ª aplicação de adubos foliares, enquanto a 2ª aplicação foi realizada no período de pleno florescimento do feijão-caupi, com o intuito de fornecer os micronutrientes B, Zn, Cu e Mn (SILVA *et al.*, 2010), nas seguintes concentrações: B (6 g l^{-1}), Zn (20 g L^{-1}), Cu (4 g L^{-1}) e Mn (6 g L^{-1}).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos pelas seguintes doses: 0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1} de P_2O_5 , aplicados no sulco de sementeira, por meio da fonte superfosfato triplo (46% P_2O_5). As parcelas apresentavam dimensões de $2,4 \times 4,0 \text{ m}$, com quatro linhas de sementeira, nas quais as duas linhas de feijão-caupi da extremidade e $1,0 \text{ m}$ inicial de cada parcela foram consideradas bordaduras, dessa forma, a área útil da parcela apresentavam $7,2 \text{ m}^2$, totalizando dezesseis plantas por parcela.

As variáveis avaliadas foram: altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas (BASTOS *et al.*, 2012), realizadas no estágio fenológico V_8 (MOURA *et al.*, 2012), enquanto as avaliações do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e a produtividade de grãos (SMIDERLE; SCHWENGBER, 2008; ALVES *et al.*, 2009; ARRUDA *et al.*, 2009; BRASIL, 2009) procedeu-se no período de maturação fisiológica da cultura, estágio fenológico R_5 (MOURA *et al.*, 2012).

Os dados experimentais foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância por meio dos testes de Lilliefors (SPRENT; SMEETON, 2007) e de Cochran (COCHRAN; COX, 1957) ($p \leq 0,05$), por meio do software estatístico SAS (SAS, 2008). Em seguida, procedeu à análise de variância e de regressão polinomial (BANZATTO; KRONKA, 2006) ($p \leq 0,05$), mediante a utilização do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Efetuaram-se, ainda, análises de correlação linear do coeficiente de Pearson entre as

características agrônômicas, visando determinar o grau de associação entre elas (FERREIRA, 2009) ($p \leq 0,05$), pelo teste t de Student (GOSSET, 1908), utilizando o software estatístico Genes (CRUZ, 2001).

Resultados e discussão

A adubação fosfatada influenciou significativamente a altura da planta (AP), número de grãos por vagens (NGV), produtividade de grãos (PROD), diâmetro de caule (DC) e número de folha (NF). O número de vagem por planta (NVP) e massa de mil grãos (MMG), não foram significativos pelo teste F (Tabela 1). Contudo, procedeu-se a análise de regressão, independentemente de ter sido significativa ou não (PERECIN; CARGNELUTTI FILHO, 2008).

A altura máxima de plantas de $26,86 \text{ cm}$ foi obtida com a dose de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 1a). Como era esperado o menor valor foi observado na dose de 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 , evidenciando que a ausência de fósforo é um fator limitante ao crescimento do feijão-caupi. A análise da altura é importante na avaliação da qualidade de plantas, uma vez que fornece um bom indicador de evolução da cultura (SOUTO *et al.*, 2009).

Por meio das informações apresentadas na Figura 1a, verifica-se que a máxima eficiência técnica de $26,86 \text{ cm}$ foi alcançada na dose de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 , ou seja, doses superiores de P_2O_5 acarretaram em menor altura de plantas, demonstrando o efeito negativo da disponibilidade em excesso do P à cultura do feijão-caupi.

O modelo polinomial que melhor se ajustou ao comportamento da variável diâmetro de caule, em função de doses de P, foi o linear (Figura 1b). Assim, cada kg de P_2O_5 disponibilizado no sulco de sementeira promoveu incremento no diâmetro de caule de $0,00095 \text{ cm}$ na cultura do feijão-caupi. Oliveira *et al.* (2011) também constataram efeito do P no diâmetro do caule, indicando relação do P com o aumento da resistência da planta ao acamamento..

O número de folhas apresentou resposta quadrática à aplicação de P_2O_5 , com dose de máxima eficiência técnica de $222,22 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , obtendo $24,71$ folhas (Figura 1c). Assim, a maior disponibilidade de P favoreceu o crescimento da planta, por promover maior emissão e crescimento de folhas e maior área foliar da cultura, conseqüentemente, maior captação da radiação solar e incremento na produção de fotoassimilados (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011).

De acordo com Fernandez e Ascenio (1994) e García-Sánchez *et al.* (1996) a deficiência de fósforo é relatada como limitante na produção de matéria seca das

Tabela 1 - Resumo da análise de variância, coeficiente de variação experimental e média geral envolvendo quatro doses de fósforo para altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD)

F.V.	GL	Quadrados médios						
		AP	DC	NF	NVP	NGV	MMG	PROD
Dose	3	33,72*	0,064*	129*	16,54 ^{n.s.}	2.457,24*	0,0066 ^{n.s.}	300.125*
Linear	1	51,65*	0,182*	270*	46,06*	4.284,40*	0,0042 ^{n.s.}	825.429*
Quadrática	1	48,09*	0,012 ^{n.s.}	113*	3,52 ^{n.s.}	3.081,64*	0,0112*	46.238 ^{n.s.}
Desvio	1	1,42 ^{n.s.}	0,0004 ^{n.s.}	6 ^{n.s.}	0,05 ^{n.s.}	5,70 ^{n.s.}	0,0045 ^{n.s.}	28.708 ^{n.s.}
Bloco	4	17,41 ^{n.s.}	0,011 ^{n.s.}	43 ^{n.s.}	2,95 ^{n.s.}	998,41 ^{n.s.}	0,0084*	44.709 ^{n.s.}
Resíduo	12	6,55	0,003	15	5,99	420,21	0,0022	29.226
C.V. (%)		10,57	8,21	19,74	28,24	18,89	18,53	28,11
Média geral		24,21	0,664	19,55	8,67	108,54	0,2519	608,25

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{n.s.} não significativo.

leguminosas, uma vez que plantas sob deficiência deste nutriente promovem maior translocação de fotoassimilados para as raízes, o que reduz a relação matéria seca da parte aérea e da raiz (ALVES *et al.*, 1995). Além disso, plantas desenvolvidas com concentração deficiente de P apresentam menor teor de carboidratos solúveis totais e açúcares redutores na composição dos seus tecidos vegetais (PASTORINI *et al.*, 2000).

O número de vagens por planta foi linearmente influenciado pelas doses de P (Figura 2a), possivelmente, ocasionado pelo P estimular o desenvolvimento radicular, favorecendo a formação dos primórdios das partes reprodutivas (RAIJ, 1991), ou seja, formação de frutos, assim como proporcionar às plantas maior resistência às adversidades, conforme constatado na Figura 1, o que possibilita condições para o feijão-caupi produzir maior quantidade de sementes e de melhor qualidade (ZUCARELI *et al.*, 2011), uma vez que este nutriente é componente da fitina, principal forma de armazenamento de fósforo na semente (GRANT *et al.*, 2001). Pôrto *et al.* (2005) verificaram para feijão-vagem um número máximo de 26 vagens por planta, em função da dose de 165 kg ha⁻¹ de P₂O₅, valor de vagens superior ao obtido no presente estudo, o que reforça o potencial de incremento na produção de vagens por planta em função da elevação nas doses de P₂O₅.

A influência do P na cultura do feijoeiro reside no aumento da produção de matéria seca da parte aérea e aumento do número de vagens e massa de grãos, principais determinantes da produtividade (FAGERIA *et al.*, 2003). Contudo, dentre os componentes da produção, o número de vagens por unidade de área é o que mais contribui para o aumento da produtividade do feijão.

A aplicação de P₂O₅ teve efeito significativo na produção de grãos por vagem, contudo até a dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 2b). Por meio da derivação do modelo obteve-se que a máxima eficiência técnica para a variável número de sementes por vagem (12,87 grãos por vagem) foi resultante da aplicação de 200,00 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Segundo Oliveira *et al.* (1996), plantas de feijoeiro deficientes em P reduzem o seu vigor, o número de vagem e produção de grãos, o que acarreta em menor produtividade de grãos.

O aumento observado na produtividade de sementes por vagens de feijão-caupi, pode estar associado, a outros componentes de produção, como número de grãos por vagem ou número de vagens por planta, que aumentaram o número de sementes produzidas sem alterar significativamente a massa das mesmas. Vieira (1986) observou que plantas cultivadas em solo com altos teores de fósforo produziram sementes com maior massa e vigor em relação às das plantas mal nutridas com este nutriente.

Para a massa de mil grãos observou efeito quadrático para as doses de P₂O₅, com a máxima eficiência técnica de 0,274 kg obtida na dose de 156,67 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 2c), próximo do valor de 0,290 kg por mil grãos de feijão-caupi relatado por Ramos Júnior *et al.* (2005).

Para produtividade de grãos verificou-se resposta linear às doses de fósforo (Figura 3), semelhante ao modelo estatístico obtido para o número de vagens por planta (Figura 2b). Assim, a aplicação de fósforo no sulco teve efeito positivo na produtividade de grãos, variando de 303,52 kg ha⁻¹ (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅) a de 912,52 kg ha⁻¹ foi obtida com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, indicando ganho de produtividade de 201%. O incremento

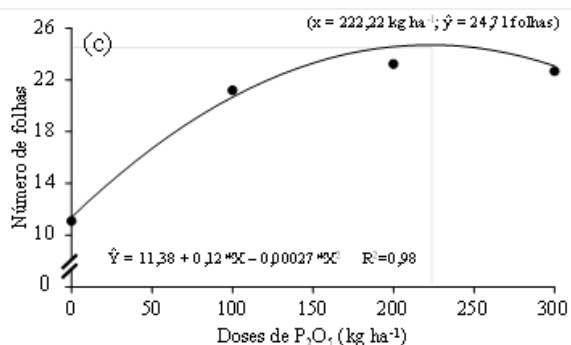
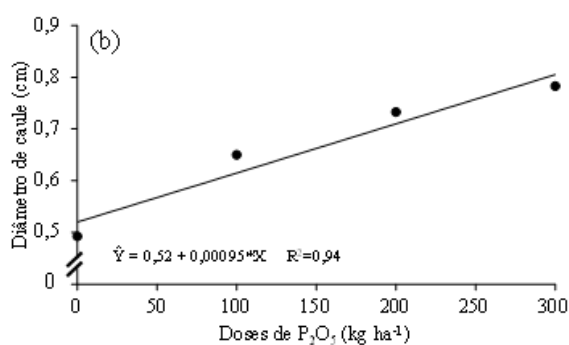
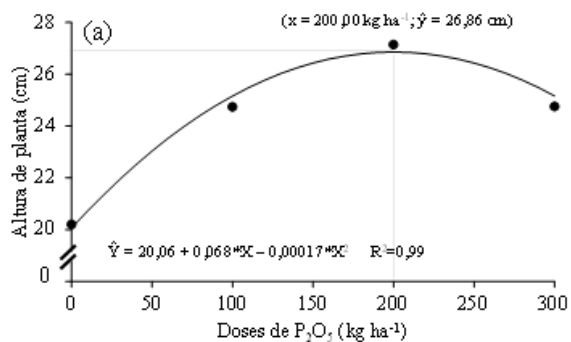


Figura 1 - Altura da planta (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) da planta do feijão-caupi em função de doses de fósforo em Latossolo Amarelo, no município de Capitão Poço - PA.

na produtividade é alcançado somente com suprimento de fósforo em quantidades compatíveis com a demanda da cultura (RESENDE *et al.*, 2006). Neste sentido, aplicações de doses maiores de fósforo são requeridas para que ocorra máxima expressão da produtividade de grãos para as condições desse estudo.

Vale salientar que a resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, do nível de disponibilidade de P existente no solo (MIRANDA *et al.*, 2002). No presente estudo o teor de fósforo no solo encontrava-se com $1,3\ mg\ dm^{-3}$, teor considerado muito baixo (FAGERIA;

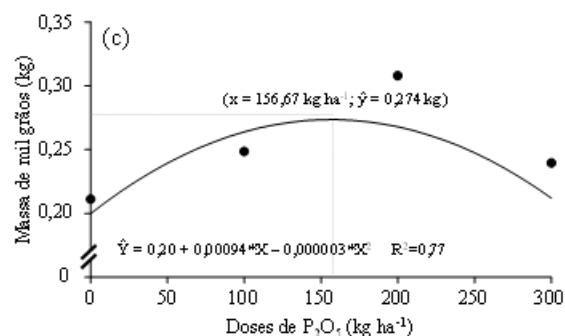
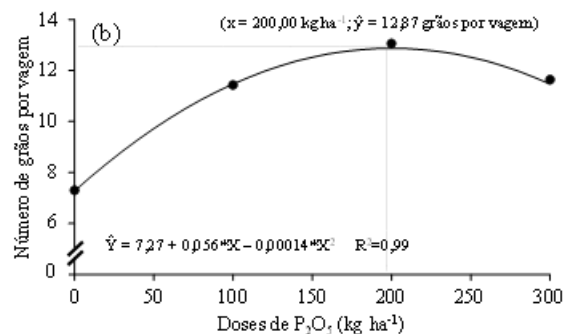
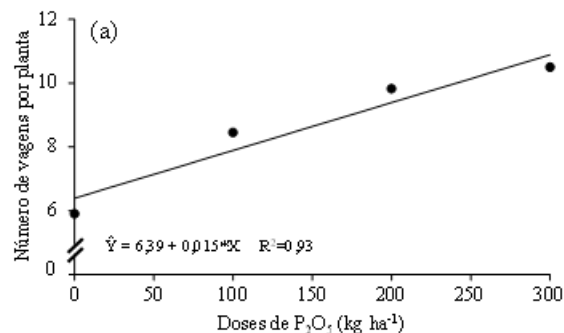


Figura 2 - Número de vagens (a), número de grãos por vagens (b) e massa de mil grãos por planta (c) de feijão-caupi submetido a diferentes doses de fósforo em Latossolo Amarelo, no município de Capitão Poço PA.

SANTOS, 1998), o que justifica a resposta linear crescente das variáveis número de vagens por planta (Figura 2a) e produtividade de grãos (Figura 3) em função de doses crescentes de P_2O_5 aplicados no sulco de semeadura no município de Capitão Poço - PA.

O feijoeiro apresenta como característica baixa exigência em P, contudo tem apresentado maior e frequente resposta quando cultivado em solo com boa disponibilidade do nutriente (ROSOLEM, 1987). Para feijão-vagem, Oliveira *et al.* (2005), empregando $252\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , alcançaram produtividades de grãos de 3.013

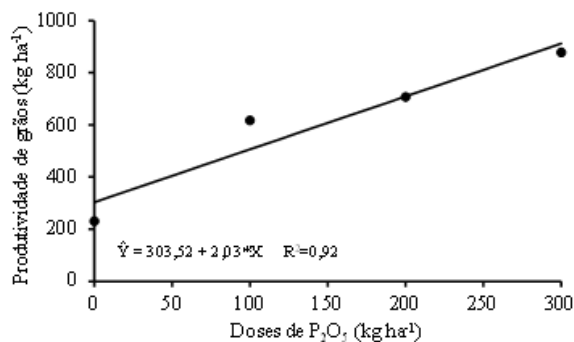


Figura 3 – Produtividade de grãos de feijão-caupi submetido a diferentes doses de fósforo em Latossolo Amarelo, no município de Capitão Poço – PA.

kg ha⁻¹ e Pôrto *et al.* (2005) obtiveram 1.754 kg ha⁻¹ de grãos na dose residual de 165 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto Silva *et al.* (2010) verificaram que a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaram a produtividade de 1.177 kg ha⁻¹ de grãos de feijão-caupi. Estes resultados reforçam a importância da adubação fosfatada sobre a produtividade de grãos na cultura do feijão-caupi.

Por meio das Figuras 2a e 3 verifica-se ajuste linear crescente para a produção de vagens por planta e produtividade em função da aplicação de doses crescentes

de P₂O₅, isto é, o aumento na produtividade do feijão-caupi foi proporcionado pelo aumento do número de vagens, maior enchimento de grãos e aumento no número de grãos, variáveis significativamente afetadas pelas doses de P. Fageria (1989) relatou que a combinação de alguns fatores é determinante para atingir a produção máxima, sendo eles, o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e a massa dos grãos.

Os coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis avaliadas possibilitaram verificar ampla magnitude nos valores de correlação, com valores indicativos variando de 0,57 à 0,93 nas variáveis avaliadas (Tabela 2).

A partir dos coeficientes de correlação, observou-se que as variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) apresentaram correlação positiva com a produtividade de grãos (PROD). No entanto, ressalta-se que entre as variáveis estudadas a massa de mil grãos não apresentou correlação com produtividade. Resultados semelhantes para falta de correlação entre MMG e produtividade foram descritos por MOTTA *et al.* (2000) para a cultura da soja. verificaram não apresentar correlação entre a massa de mil grãos com a produtividade de grãos.

Tabela 2 – Coeficientes de correlações de Pearson entre a altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) considerando quatro doses de fósforo

Variável	DC	NF	NVP	NGV	MMG	PROD
AP	0,81*	0,92*	0,31 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,57*
DC	-	0,93*	0,47 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,74*
NF	-	-	0,29 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,61*
NVP	-	-	-	0,69*	0,16 ^{ns}	0,65*
NGV	-	-	-	-	0,25 ^{ns}	0,57*
MMG	-	-	-	-	-	0,22 ^{ns}

*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t; ^{ns}: não significativo.

Conclusões

A adubação fosfatada teve influência positiva nas variáveis: altura de planta, diâmetro de caule, número de folhas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos de feijão-caupi para a região de Capitão Poço, Estado do Pará;

Para as variáveis de produtividade de grãos, diâmetro de caule e número de vagens por planta de feijão-caupi observaram um melhor ajuste da equação

linear, o que demonstra potencial de resposta pela cultura à adubação fosfatada superior ao limite pesquisado;

A altura de planta, número de folhas, número de grãos por vagens e massa de mil grãos apresentaram a máxima eficiência econômica nas doses de 156,67 à 222,22 kg ha⁻¹ de P₂O₅;

Doses superiores a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ devem ser previstas em estudo de curva de respostas de feijão-caupi ao fósforo para as condições edafoclimáticas da região de Capitão Poço.

Literatura científica citada

- ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 3, n. 1, p. 15-30, 2009.
- ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F.; OLIVEIRA, A. F. G.; MOSQUIM, P. R. Açúcares solúveis em quatro híbridos de milho sob omissão e sob ressuprimento de fósforo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 7, n. 1, p. 97-105, 1995.
- ARRUDA, K. R.; SMIDERLE, O. J.; VILARINHO, A. A. Uniformidade de sementes de genótipos de feijão-caupi cultivados em dois ambientes no Estado de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 3, n. 2, p. 122-127, 2009.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.
- BASTOS, V. J.; MELO, D. A.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SILVA, P. M. C.; TEIXEIRA JÚNIOR, D. L. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 133-139, 2012.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. Produção e morfologia da leguminosa java submetida a adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p. 1-10, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. MAPA. DAS. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2st. New York: John Wiley & Sons, 1957. 611p.
- CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 262p.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO PARÁ – EMATER PARÁ. **Feijão-caupi**. Capanema: 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **BR-14 MULATO**: nova cultivar de feijão macassar para o Piauí. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FAGERIA, N. K. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. **Tropical Agriculture**, v. 66, n. 3, p. 249-255, 1989.
- FAGERIA, N. K. Calibração de análise de fósforo para arroz em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 579-586, 1990.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 124-127, 1998.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, n. 102, p. 1-9, 2003.
- FERNANDEZ, D. S.; ASCENIO, J. Acid phosphatase activity in bean and cowpea plants grown under phosphorus stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n. 2-3, p. 229-241, 1994.
- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2009. 664p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FILGUEIRAS, G. C.; SANTOS, M. A. S.; HOMMA, A. K. O.; REBELLO, F. K.; CRAVO, M. S. Aspectos socioeconômicos. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p. 23-58.
- FONSECA, M. R.; FERNANDES, A. R.; SILVA, G. R.; BRASIL, E. C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.
- GARCÍA-SÁNCHEZ, M. J.; FERNÁNDEZ, J. A.; NIELL, F. X. Photosynthetic response of P-deficient *Gracilaria tenuistipitata* under two phosphate treatments. **Physiology Plantarum**, v. 96, n. 4, p. 601-606, 1996.
- GOSSET, W.S. The probable error of a mean. **Biometrika**, v. 6, n. 1, p. 1-25, 1908.
- GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Sciences**, v. 81, n. 2, p. 211-224, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 setembro de 2012.
- MIRANDA, L. N.; AZEVEDO, J. A.; MIRANDA, J. C. C.; GOMES, A. C. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1621-1627, 2002.

- MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. C. L. Características agronômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.
- MOURA, J. Z.; PÁDUA, L. E. M.; MOURA, S. G.; TORRES, J. S.; SILVA, P. R. R. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 66-71, 2012.
- OLIVEIRA, A. P.; CARDOSO, M. O.; BARBOSA, L. J. N.; SILVA, J. E. L.; MORAIS, M. S. Resposta do feijão-vagem a P₂O₅ em solo arenoso com baixo teor de fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 128-132, 2005.
- OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.
- OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.
- PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. **Análise frequencial da chuva em Capitão Poço, Pa**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. (Documentos, 133).
- PASTORINI, L. H.; BACARIN, M. A.; LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 47, n. 270, p. 219-228, 2000.
- PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.
- PÔRTO, M. L.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, J. C.; BRUNO, G. B.; ALVES, E. U.; SANTOS, E. O. Rendimento do feijão-vagem em função do efeito residual do fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 344, 2005.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- RAMOS JÚNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 75-82, 2005.
- RESENDE, A. V.; NETO, A. E. F.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; LAGO, F. J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 458-466, 2006.
- ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1987. 93p.
- SAS. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Version 9.2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2008. 584p.
- SILVA, M. A.; NÓBREGA, J. C. A.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; MARQUES, J. J. G. S. M.; MOTTA, P. E. F. Frações de fósforo em Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1197-1207, 2003.
- SILVA, R. P.; SANTOS, C. E.; LIRA JÚNIOR, M. A.; STAMFORD, N. P. Efetividade de estirpes selecionadas para feijão caupi em solo da região semi-árida do sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 105-110, 2008.
- SILVA, A. J.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V.; OLIVEIRA, J. M. F.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 31-36, 2010.
- SMIDERLE, O. J.; SCHWENGBER, D. R. Rendimento e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de doses de nitrogênio. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 2, n. 1, p. 18-21, 2008.
- SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, F. T.; GOMES, M. M. S.; NASCIMENTO, J. P.; SOUTO, P. C. Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu *Cajanus cajan* (L) Millsp). **Revista Verde**, v. 4, n. 1, p. 135 – 140, 2009.
- SPRENT, P.; SMEETON, N. C. **Applied nonparametric statistical methods**. 4ª. Boca Raton: Chapman & Hall, 2007. 530p.
- UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; CRAVO, M. S.; SILVA, A. J.; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B.; FERREIRA, M. M. M. Fertilidade do solo. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p. 131-183.
- VIEIRA, R. F. Influência de teores de P no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v. 33, n. 186, p. 173-188, 1986.
- ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; RAMOS JUNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão carioca precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.