

ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA O FEIJOEIRO EM SOLO DE VÁRZEA

Nand Kumar Fageria¹ e Alberto Baêta dos Santos²

RESUMO

O fósforo é um dos nutrientes limitantes na produção de feijão, em solos de várzea do Brasil. Foi conduzido um experimento de campo, em 1995 e 1996, para calibrar a análise de solo de várzea (Inceptissolo) em relação ao fósforo, na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). No primeiro ano, as doses de fósforo corresponderam a 0, 200, 400, 600, 800 e 1000kg.ha⁻¹ de P₂O₅, aplicadas a lanço; no segundo ano, cada tratamento de fósforo recebeu, em subparcelas, 0, 50, 100 e 150kg.ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados no sulco. A interpretação dos teores de P no solo extraído pelo extrator Mehlich 1 e as recomendações de adubação de P para a cultura do feijoeiro, baseiaram-se na produção relativa de grãos. O teor muito baixo de P correspondeu a até 5,3mg P.kg⁻¹, o baixo variou de 5,3 a 7,1mg P.kg⁻¹, o médio variou de 7,1 a 9,0mg P.kg⁻¹ e o teor alto de P maior que 9mg P.kg⁻¹ de solo. As quantidades de fósforo necessárias para atender a esses níveis, foram 350, 560, 760 e > 760kg de P₂O₅.ha⁻¹, aplicadas a lanço. As quantidades de fósforo no sulco de semeadura necessárias para manter a produção máxima, foram de 150kg de P₂O₅.ha⁻¹, para teor muito baixo de P, 100kg de P₂O₅.ha⁻¹, para teor baixo e médio de P, e 50kg.ha⁻¹, para teor alto de P no solo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, produção de grãos, teor de P no solo, acumulação de nutrientes

PHOSPHORUS FERTILIZATION FOR BEAN CROP IN LOWLAND SOIL

ABSTRACT

Phosphorus deficiency is one of the most important yield-limiting factors in bean production in lowland soils of Brazil. A field experiment was conducted for two consecutive years to calibrate a lowland soil analysis (Inceptisol) regarding to phosphorus in the bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. In the first year, the broadcast P rates were 0, 200, 400, 600, 800 and 1000kg P₂O₅.ha⁻¹. In the second year, each broadcast P rate received band application of 0, 50, 100 and 150kg P₂O₅.ha⁻¹. Interpretation of P levels for Mehlich-1 extracted soil and the P fertilization recommendations for the bean crop were based on relative grain yield. Very low soil tests ranged from 0 to 5.3mg P.kg⁻¹, low from 5.3 to 7.1mg P.kg⁻¹, medium from 7.1 to 9mg P.kg⁻¹, and high exceeded 9mg P.kg⁻¹ soil. The amounts of broadcasted P needed to build up soil P concentrations at very low, low, medium, and high soil categories were 350, 560, 760 and more than 760kg P₂O₅.ha⁻¹, respectively. The amounts of banded fertilizer P required to obtain maximum yield were 150kg P₂O₅.ha⁻¹ for the very low soil P level, 100kg P₂O₅.ha⁻¹ for the low and medium soil P levels and 50kg P₂O₅.ha⁻¹ for the high soil P level.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, grain yield, soil P concentration, nutrient accumulation

INTRODUÇÃO

O fósforo é o nutriente mais deficiente na maioria dos solos brasileiros, tanto nos de cerrado como nas várzeas, onde sua

aplicação como fertilizante é fator indispensável para a obtenção de produções compensadoras de feijão (Fageria et al., 1996). Para se obter produtividade ótima das culturas anuais, são necessários dados de calibração de nutrientes pouco

¹ Pesquisador, Ph.D., Embrapa Arroz e Feijão, CP 179, 74001-970 Goiânia, GO, fone: (062)833-2178, fax: 833-2100. E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br.

² Pesquisador, Dr., Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: baeta@cnpaf.embrapa.br

móveis no solo, como P, em relação à produtividade. Com base em dados de calibração de análise do solo, é possível fazer-se recomendações de adubação fosfatada em nível adequado (Raij, 1991). São poucos os resultados de pesquisa com a cultura do feijoeiro em relação à fertilidade fosfatada em solo de várzea, em condições de campo. Fageria et al. (1996) e Fageria & Baligar (1996) avaliaram a resposta do feijoeiro à aplicação de N, P e K, em solo de várzea, e concluíram que o nutriente limitante é o fósforo, seguido de N e K. Os estudos sobre a calibração de análise de solo de várzea, em relação ao fósforo, são limitados; portanto, os objetivos deste experimento foram: classificar os níveis de fósforo no solo de várzea, fazer recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro e determinar a acumulação de nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) da Embrapa, Fazenda Palmital, em Goianira, GO, num inceptissolo, durante o inverno de 1995 e 1996. As análises química e granulométrica de amostras do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20cm, no início do estudo, estão apresentadas na Tabela 1. Essas análises foram realizadas de acordo com Embrapa (1997). O experimento foi conduzido com a cultura de arroz irrigado, na época "das águas", e do feijoeiro, no período de entressafra, em sucessão com irrigação suplementar. No cultivo de arroz, os tratamentos consistiram de seis doses de fertilizante fosfatado: 0, 200, 400, 600, 800 e 1000kg.ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados a lanço, na forma de superfosfato triplo e no cultivo de arroz e de feijão, cada parcela foi dividida em quatro subparcelas, as quais receberam as adubações fosfatadas de 0, 50, 100 e 150kg.ha⁻¹ de P₂O₅ aplicadas no sulco de semeadura. No primeiro cultivo, usou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas de 4 x 10m; no segundo, foi usado o mesmo delineamento, no esquema de parcelas subdivididas. Os resultados da cultura do arroz irrigado plantado em sucessão ao feijoeiro, já foram publicados (Fageria et al., 1997). A adubação básica do feijoeiro foi de 30kg.ha⁻¹ de N e 60kg.ha⁻¹ de K₂O por ocasião da semeadura, utilizando-se sulfato de amônio e cloreto de potássio. Também foram aplicados 30kg.ha⁻¹ de N em cobertura, uma semana antes da floração. A cultivar usada foi a Aporé, no

Tabela 1. Propriedades químicas e granulométricas da área experimental antes da aplicação dos tratamentos

Propriedades	Valor
pH em H ₂ O	5,1
Mo (g.kg ⁻¹)	37
P (mg.kg ⁻¹)	9
K (mg.kg ⁻¹)	154
Ca (cmol _c .kg ⁻¹)	2,3
Mg (cmol _c .kg ⁻¹)	2,4
Al (cmol _c .kg ⁻¹)	1,1
Cu (mg.kg ⁻¹)	8,2
Zn (mg.kg ⁻¹)	3,5
Fe (mg.kg ⁻¹)	792
Mn (mg.kg ⁻¹)	86
Argila (g.kg ⁻¹)	385
Silte (g.kg ⁻¹)	179
Areia (g.kg ⁻¹)	436

espaçamento de 0,40m entre linhas e 18 sementes por metro. No primeiro ano de cultivo foram feitas amostragens de plantas em cada subparcela, para se determinar a produção de matéria seca e a acumulação de nutrientes durante o ciclo do feijoeiro. Para se determinar os teores de nutrientes na planta, o material foi seco em estufa a 70°C, moído e, a seguir, digerido com mistura de ácidos nítrico e perclórico 2:1; o N foi determinado pelo método de Kjeldahl, o P colorimetricamente e os demais nutrientes por absorção atômica, pelo método descrito por Moraes & Rabelo (1986). Após a colheita do primeiro ano, foram feitas amostragens do solo em cada parcela de 0 a 20cm de profundidade, para se determinar o teor de P em cada uma das doses de fósforo aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta da produção de grãos foi quadrática em função das doses de P aplicadas a lanço, sendo a produção máxima de grãos estimada em 1.094kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1).

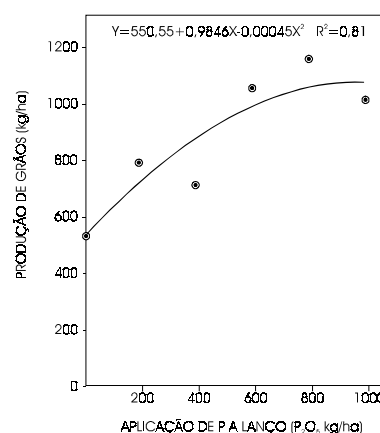


Figura 1. Resposta de feijoeiro à aplicação de fósforo a lanço, em solo de várzea

A produção máxima de matéria seca da parte aérea foi obtida com a aplicação de 800kg P₂O₅.ha⁻¹ a lanço (Figura 2). Depois deste nível, houve diminuição na produção; com 800 kg P₂O₅.ha⁻¹ produziram-se 2.736kg.ha⁻¹ de matéria seca, ao passo que a testemunha produziu somente 59kg.ha⁻¹.

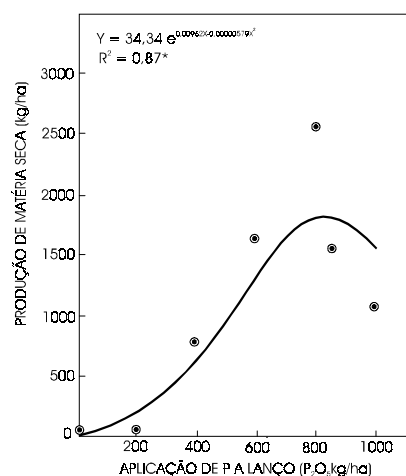


Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea de feijoeiro em relação à aplicação de fósforo, em solo de várzea

Também foi determinada a acumulação da matéria seca, durante o ciclo da cultura, em dose de 800kg P₂O₅.ha⁻¹, cujos resultados são apresentados na Figura 3. Houve aumento na produção da matéria seca, com o avançar da idade, até 90 dias

e depois diminuiu; esta diminuição na matéria seca, depois de 90 dias de idade, está relacionada com a queda de folhas e, também, com a translocação de produtos fotossintéticos para os grãos. A curva da produção total de matéria seca da parte aérea (palha e grãos) foi representada por uma sigmóide (Figura 4). Na época de colheita, tratamento com $800\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$ produziu 1.145kg de grãos e 2.636kg de matéria seca, com um índice de colheita de 0,30, valor este considerado muito baixo. De acordo com Snyder & Carlson (1984) o índice de colheita (produção de grãos/produção total de matéria seca) do feijoeiro varia de 0,39 a 0,58, dependendo da cultivar plantada, o que significa que a cultivar Aporé, plantada no ensaio, possui baixa eficiência de produção de grãos, em solo de várzea.

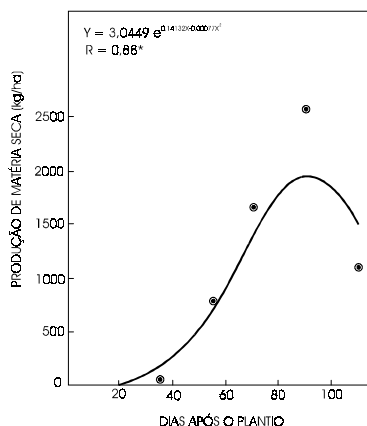


Figura 3. Produção de matéria seca de feijoeiro em relação à idade da planta, sob $80\text{kg} \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$

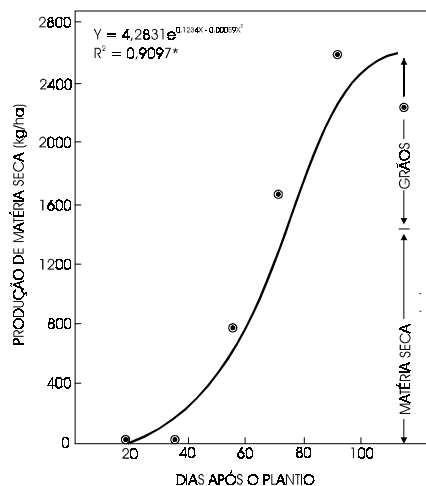


Figura 4. Relação entre produção de matéria seca e grãos, em função da idade da planta sob $800\text{kg} \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$

Os resultados de acumulação de nutrientes durante o ciclo da cultura são apresentados na Figura 5. A acumulação de N ocorreu na forma quadrática e a máxima acumulação de $58 \text{kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$, ocorreu 96 dias após o plantio. O acúmulo de fósforo aumentou linearmente com a idade da planta e a máxima acumulação de $10,6\text{kg} \cdot \text{P} \cdot \text{ha}^{-1}$ ocorreu na época de colheita, com 110 dias de idade. A acumulação de K foi máxima aos 93 dias após o plantio, com $69\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ acumulados. Depois de 93 dias de idade houve decréscimo na acumulação de K. Esta diminuição pode estar relacionada com a mineralização e queda de folhas, significando que uma grande quantidade de K é acumulada nas folhas, ao contrário de N e P.

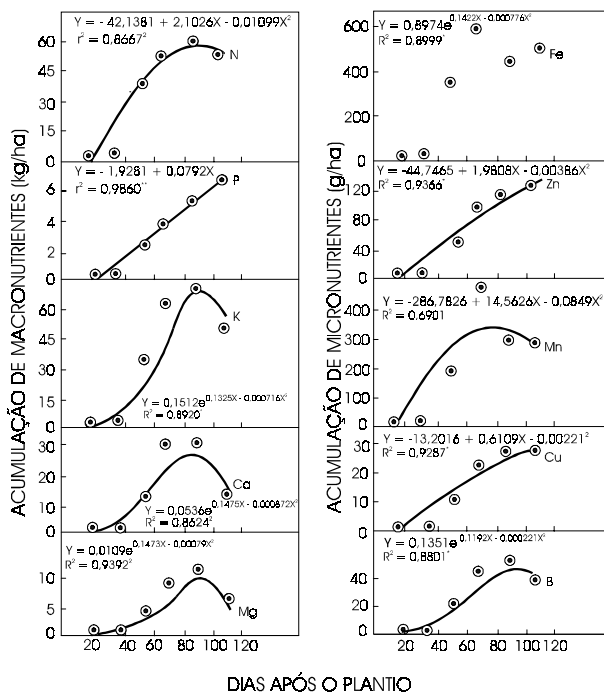


Figura 5. Acumulação de nutrientes pela cultura do feijoeiro, em função da idade da planta a $800\text{kg} \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$

Ca e Mg também seguiram o mesmo padrão de acumulação do K. A quantidade máxima ($27\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de Ca foi acumulada aos 86 dias após o plantio, enquanto a quantidade máxima de Mg ($10\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) foi aos 93 dias após o plantio. Entre os micronutrientes, a acumulação de Fe com a quantidade máxima de $606\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ocorreu 92 dias após o plantio e, posteriormente, houve decréscimo. Esta diminuição pode estar relacionada com a queda de folhas e com a semelhança dos demais nutrientes. A acumulação máxima de zinco de $120\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ocorreu na época da colheita (110 dias após o plantio). Em relação ao Mn, a máxima acumulação de $338\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ocorreu 86 dias após o plantio. A máxima acumulação de Cu ($25\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$) verificou-se na época da colheita. Em relação ao B, a máxima acumulação ocorreu 98 dias após o plantio e a quantidade máxima acumulada foi de $47\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Para produzir uma tonelada de grãos, os feijoeiros necessitam extrair 23kg de N, $3,5\text{kg}$ de P, 22kg de K, 6kg de Ca, 3kg de Mg, 52g de Zn, 11g de Cu, 121g de Mn, 220g de Fe e 16g de B. A acumulação de nutrientes na cultura do feijoeiro seguiu a seguinte ordem: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg}$, entre os macronutrientes, e $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$, entre os micronutrientes. Fageria & Baligar (1996) também relatam a mesma ordem de acumulação de nutrientes na cultura do feijoeiro, em solo de várzea.

Os tratamentos com P geraram uma ampla faixa de P no solo ($3,7$ a $12\text{mg} \cdot \text{P} \cdot \text{kg}^{-1}$), determinado através do extrator Mehlich 1 após a colheita do feijão. O teor de P no solo seguiu a resposta quadrática em relação ao P aplicado no solo (Figura 6).

A relação entre o teor de P no solo e a produção relativa de grãos é apresentada na Figura 7, ressaltando-se que a relação foi quadrática com ponto máximo em $9,56\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de P no solo. Com base nesta relação, estabeleceram-se quatro classes de teor de P no solo, de acordo com Raij (1991): 70% da produção relativa, muito baixo; de 70 a 90% da produção relativa, baixo; 90 a 100% de produção relativa, médio e 100% da produção relativa, alto. A classificação do teor de P, sua interpretação e recomendações de adubação, são apresentadas na Tabela 2.

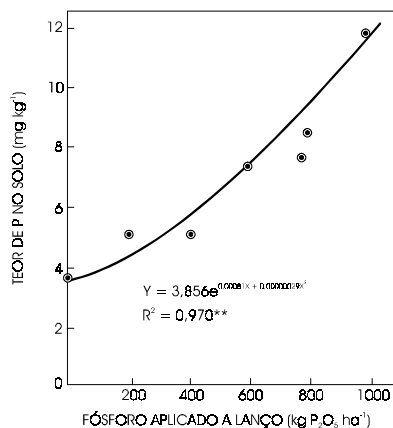


Figura 6. Relação entre P aplicado e teor de P no solo, extraído pelo extrator Mehlich-1

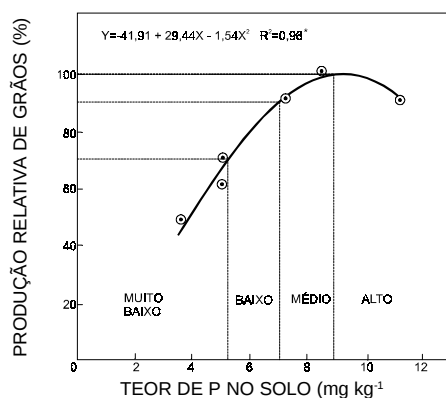


Figura 7. Relação entre teor de P no solo extraído pelo extrator Mehlich-1 e produção relativa de grãos

Tabela 2. Interpretação dos teores de fósforo extraído pelo extrator Mehlich-1 e recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro, em solo de várzea

Interpretação da análise do solo	Teor de P no solo (mg.kg ⁻¹)	Produção relativa (%)	Recomendação de adubação (kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	
			a lanço*	no sulco**
Muito baixo	0 - 5,3	0 - 70	350	150
Baixo	5,3 - 7,1	70 - 90	560	100
Médio	7,1 - 9,0	90 - 100	760	100
Alto	>9	100	>760	50

* Doses de P₂O₅ para atender ao teor de P no solo e não para a obtenção da produção máxima

**Doses de P₂O₅ necessárias para se obter a produção máxima sob determinado nível de P no solo, obtido pela aplicação a lanço de fósforo

Uma vez atingido o nível desejável de P no solo, com a aplicação a lanço, a segunda etapa é a adubação de manutenção para se conseguir as produtividades máximas. Foram calculados os níveis de P necessários para se obter a produção máxima, com base na curva de resposta (Figura 8). Os resultados são apresentados na Tabela 2.

O teor de P de 0 a 5,3mg.kg⁻¹ é classificado como muito baixo e, para atender este nível (5,3mg.kg⁻¹) é necessária a aplicação de 350kg P₂O₅.ha⁻¹ a lanço. Para se obter a produção máxima com este nível, é oportuno se aplicar 150kg P₂O₅.ha⁻¹ no sulco. Para o nível de P aumentar de 5,3 para 7,1, é preciso aplicar-se 560kg P₂O₅.ha⁻¹, considerando-se como baixo nível para se obter 70 a 90% de produção relativa. A produção máxima, após atender a este nível, pode ser obtida com a aplicação de 100kg P₂O₅.ha⁻¹ no sulco. Quando o nível de P é médio (7,1 a 9,0mg P.kg⁻¹), é de bom alvitre aplicar-se 760kg

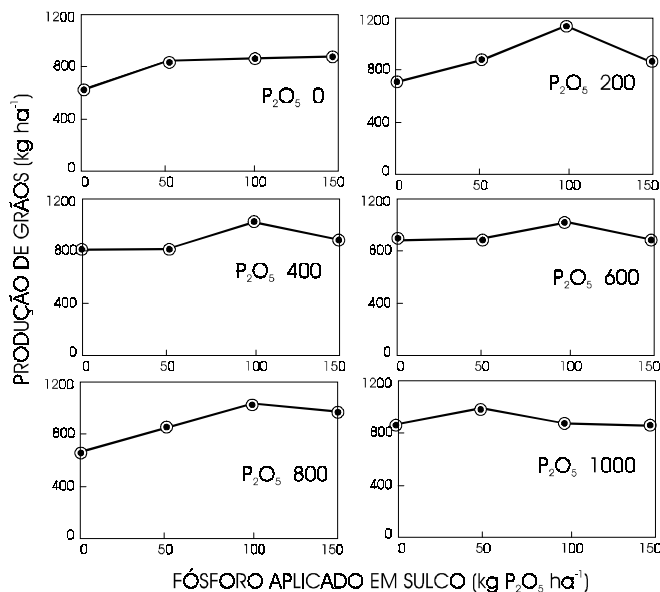


Figura 8. Relação entre fósforo aplicado em sulco, no segundo cultivo, e as várias doses de P aplicado a lanço, no primeiro cultivo, e produção de grãos de feijão em solo de várzea

P₂O₅.ha⁻¹. Após atender a esse nível, é necessário aplicar-se 100kg P₂O₅.ha⁻¹ para se obter a produção máxima de feijão. Quando o teor de P no solo atinge 9mg.kg⁻¹, é essencial aplicar-se 50kg P₂O₅.ha⁻¹ no sulco, para se obter a produção máxima. Portanto, em solo de várzea é indispensável teor de P igual ou maior que 9mg.kg⁻¹, para que seja obtida a produção máxima e, com este teor, é necessário, ainda aplicar-se 50kg P₂O₅.ha⁻¹ no sulco.

CONCLUSÕES

1. A calibração de análise de solo de várzea, quanto ao fósforo, permite fazer-se recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro.
2. Para se obter a produção máxima, o teor de P no solo de várzea estudado deve ficar em torno de 9 mg.kg⁻¹ de solo e necessita de uma adubação no sulco, em torno de 50kg P₂O₅.ha⁻¹.
3. A planta de feijão acumulou nutrientes na seguinte ordem: N> K> Ca> P> Mg> Fe> Mn> Zn> B>Cu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Response of lowland rice and common bean grown in relation to soil fertility levels on a varzea soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.45, n.8, p.13-20, 1996.
- FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de; DUTRA, L.G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 40p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 65).
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; BALIGAR, V.C. Phosphorus soil test calibration for lowland rice on an Inceptisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.5, p.737-742, 1997.
- MORAES, J.F.V.; RABELO, N.A. **Um método simples para a digestão de amostras de plantas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 12p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 12).
- RAIJ, B. **VAN Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- SNYDER, F.W.; CARLSON, G.E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. **Advances in Agronomy**, New York, v.37, p.47-72, 1984.