

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO E
PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO CULTIVAR PÉROLA**

LIANA RODRIGUES TAVARES COSTA PETRILLI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
Janeiro – 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO E
PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO CULTIVAR PÉROLA**

LIANA RODRIGUES TAVARES COSTA PETRILLI

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
Janeiro – 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P495d Petrilli, Liana Rodrigues Tavares Costa, 1979-
Doses e modos de aplicação de fósforo na nutrição e
produção do feijoeiro cultivar Pérola/ Liana Rodrigues
Tavares Costa Petrilli. - Botucatu, [s.n.], 2007.
ix, 58 f. : il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Fósforo. 2. Feijão - Adubação. 3. Solos - Teor de fósforo. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO E
PRODUÇÃO DO FEJÓEIRO CULTIVAR PÉROLA.**

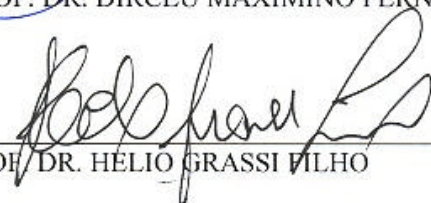
ALUNA: LIANA RODRIGUES TAVARES COSTA PETRILLI

ORIENTADORA: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROFA. DRA. ROSEMARY MARQUES DE A. BERTANI

Data da Realização: 18 de agosto de 2006.

DEDICO

Aos meus pais

João Wilson Rodrigues da Costa
Iú Rodrigues Tavares Costa

Ao meu marido

José Eduardo Petrilli Mendes

A minha irmã

Lara Rodrigues Tavares Costa

Por toda ajuda, compreensão, amor, companheirismo e carinho que recebi nessa etapa de
minha vida.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pelo incentivo, orientação, dedicação, ensinamentos, compreensão e amizade.
- Aos meus tios, que sempre torceram e acreditaram em mim.
- Aos meus amigos presentes, em especial, Angela, Fábio e Thaís, que me ajudaram nessa etapa tão difícil, com muito carinho, amor e amizade e também aos meus amigos distantes que torceram por mim.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida durante o decorrer do curso.
- Aos professores do Departamento de Recursos Naturais – Área Ciência dos Solos e do Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura, por permitirem o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.
- Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura, em especial, Lana, Valéria e Vera, pelo auxílio no desenvolvimento do projeto, carinho e amizade, e aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Área Ciência dos Solos, em especial, Silvia, Jair e Noel pela ajuda e carinho.
- À seção de Pós Graduação, Marilena, Marlene e Jaqueline, pela atenção e paciência.
- A todos os funcionários da biblioteca ‘Paulo de Carvalho Mattos’, em especial, Cida, Denise e Nilson pela ajuda e disposição.
- A todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 Aspectos gerais do feijoeiro.....	7
4.2 Fósforo no solo e na planta do feijoeiro.....	9
4.3 Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada.....	13
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
5.1 Localização do experimento e clima.....	16
5.2 Características do solo.....	16
5.3 Delineamento experimental.....	17
5.4 Características do cultivar.....	17
5.5 Instalação e condução do experimento.....	18
5.6 Parâmetros avaliados na cultura do feijão.....	19
5.6.1 Diagnose foliar.....	19
5.6.2 Acumulação de nutrientes nos grãos de feijão.....	20
5.6.3 Teor de proteína nos grãos.....	20
5.6.4 Componentes de produção.....	20
5.6.4.1 Número de vagens por planta.....	20
5.6.4.2 Número de grãos por planta.....	21
5.6.4.3 Número de grãos por vagem.....	21
5.6.4.4 Massa de 100 grãos.....	21
5.6.4.5 Massa dos grãos por planta.....	21
5.6.4.6 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras.....	21
5.7 Análise estatística.....	22

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6.1 Diagnose foliar.....	23
6.1.1 Nitrogênio, cálcio, enxofre, cobre, ferro e zinco.....	23
6.1.2 Potássio, magnésio e boro.....	24
6.1.3 Manganês.....	27
6.1.4 Fósforo.....	28
6.2 Acumulação de nutrientes nos grãos de feijão.....	30
6.2.1 Nitrogênio, magnésio, enxofre, boro, ferro e manganês.....	30
6.2.2 Fósforo, potássio e zinco.....	32
6.2.3 Cálcio e cobre.....	35
6.3 Teor de proteína nos grãos de feijão.....	36
6.4 Componentes de produção.....	37
6.4.1 Número de vagens por planta.....	37
6.4.2 Número de grãos por planta.....	39
6.4.3 Número de grãos por vagem.....	41
6.4.4 Massa de 100 grãos.....	42
6.4.5 Massa dos grãos por planta.....	44
6.5 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras.....	45
7 CONCLUSÕES.....	48
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Resultados da análise química do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, Botucatu/SP, 2004.....	17
2	Teores de N, Ca, S, Cu, Fe e Zn presentes nas folhas do feijoeiro, em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	24
3	Teores de N, Ca, S, Cu, Fe e Zn presentes nas folhas do feijoeiro, em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	24
4	Teores de K, Mg e B presentes nas folhas do feijoeiro, em função de doses de fósforo. Botucatu/SP, 2005.....	25
5	Acumulação de N, Mg, S, B, Fe e Mn nos grãos de feijão, em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	31
6	Acumulação de Ca e Cu nos grãos de feijão, em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	35
7	Acumulação de Ca e Cu nos grãos de feijão, em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	36
8	Teores de proteína no grão de feijão, em função de doses e modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	37
9	Números de grãos por vagem, em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Teores de K presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	25
2	Teores de Mg presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	26
3	Teores de B presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	27
4	Teores de Mn presentes nas folhas do feijoeiro em função das doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	27
5	Teores de Mn presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	28
6	Teores de P presentes nas folhas do feijoeiro em função das doses e dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	29
7	Teores de P presentes nas folhas do feijoeiro em função das doses e dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	30
8	Acumulação de N, Mg, S, B, Fe e Mn nos grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	32
9	Acumulação de P, K e Zn nos grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	33
10	A acumulação de P, K e Zn nos grãos de feijão em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	35
11	Número de vagens por planta em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	38
12	Número de vagens por planta em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	39
13	Número de grãos por planta em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	40
14	Número de grãos por planta em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	40

15	Número de grãos por vagem em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	42
16	Massa de 100 grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	43
17	Massa de 100 grãos de feijão em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	43
18	Massa dos grãos de feijão por planta em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	44
19	Massa dos grãos de feijão por planta em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.....	45
20	Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 13, 12, 11, 10 e fundo em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.....	46
21	Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 13, 12, 11, 10 e fundo em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005...	47

1 RESUMO

A baixa disponibilidade e mobilidade do fósforo em solos tropicais é um fator limitante à nutrição e produção do feijoeiro. O trabalho teve como objetivo avaliar os teores de nutrientes nas folhas, a acumulação de nutrientes e o teor de proteína nos grãos, os componentes de produção e a classificação dos grãos por peneiras do feijoeiro Cultivar Pérola sob efeito de diferentes doses e modos de aplicação do fósforo no solo. O experimento foi conduzido em um túnel plástico do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, FCA/UNESP, Botucatu/SP, utilizando-se vasos com capacidade de 40 litros de solo. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro, textura média. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, constituindo-se de um fatorial 4 x 5, sendo quatro doses (50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³ de P) e cinco modos de aplicação desse fósforo (incorporado (I) aos solos contidos nos vasos, em combinação com aplicações localizadas em sulcos (S) distanciados de 5 cm ao lado e 5 cm abaixo das sementes, segundo os seguintes modos de aplicações (L): L₁ - 100% (I); L₂ - 75% (I) e 25% (S); L₃ - 50% (I) e 50% (S); L₄ - 25% (I) e 75% (S); L₅ - 100% (S)). A fonte de fósforo utilizada foi o superfostado simples. Os teores de P presentes nas folhas do feijoeiro diferiram significativamente em função da interação de doses e modos de aplicação de fósforo no solo. Os maiores teores de P foram obtidos quando 100% da maior dose de fósforo utilizada (400 mg dm⁻³) foi aplicada no sulco. Os modos de aplicação do P no solo modificaram significativamente os teores de K, Mg, B e Mn nas folhas do feijoeiro. O aumento da dose de

P promoveu incremento no teor de Mn. A acumulação de P e K nos grãos de feijão aumentou com o aumento da dose de P aplicada no solo. A acumulação de Zn alcançou seu ponto máximo na dose de 350 mg de P dm⁻³. A menor acumulação destes três nutrientes ocorreu quando 100% da dose de fósforo utilizada foi incorporada ao solo. O aumento da dose de P aplicada no solo aumentou significativamente a acumulação de N, Mg, S, B, Fe e Mn nos grãos. O teor de proteína não foi alterado significativamente com as doses e os modos de aplicação do P. O número de vagens por planta, o número de grãos por planta, a massa de 100 grãos e a massa dos grãos por planta aumentaram significativamente com o aumento da dose de P aplicada no solo. O tamanho e a uniformidade dos grãos aumentaram com a dose de P, tendo mais de 87% dos grãos ficado retidos na peneira 13.

Palavras chaves: *Phaseolus vulgaris* L.; adubação fosfatada; acúmulo de nutrientes.

RATES AND WAYS OF PHOSPHORUS APPLICATION ON “PEROLA” COMMON BEAN PRODUCTION AND NUTRITION. Botucatu, 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LIANA RODRIGUES TAVARES COSTA PETRILLI

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2 SUMMARY

Low phosphorus availability and mobility in tropical soils is a major factor that limits common bean nutrition and production. The work had as objective to evaluate the nutrients tenors in the leaves, the accumulation of nutrients and the protein tenor in the grains, the production components and the grains classification through the “PÉROLA” Grow common bean meshes under effect of different doses and ways of the phosphorus application into the soil. The experiment was carried out in a greenhouse of Natural Resources Department/Soil Sciences, FCA/UNESP, Botucatu/SP, using 40 Liters pots. The soil was classified as a Dark-Red Latossol (Haplustox), medium texture. The experimental design was the completely randomized blocks with four replications, constituting a 4x5 factorial, being four rates (50, 100, 200 and 400 mg of P dm^{-3} of soil) and five ways for P application (incorporated (I) into the soil in the pots, in combination with applications localized in furrows (S) separated 5 cm to the side and 5 cm below of the seeds, following the application ways (L): L1 – 100% (I); L2 – 75%(I) and 25%(S); L3 – 50%(S); L4 – 25%(S); L5 – 100%(S)). Phosphorus source was the simple superphosphate. The tenors of present P in the leaves of the bean plant differed significantly in function of the interaction of doses and manners of match application in the soil. The highest tenor obtained when 100% of P highest rate (400 mg dm^{-3}) was applied in furrow. The manners of application of P in the soil modified the tenors of K, Mg, B and Mn significantly in the leaves of the bean plant. P rate increase promoted increment in Mn tenor. The accumulation of P and K in the grains increased significantly with the

increase of P rate applied into the soil. Zn reached its highest level in the rate of 350 mg of P dm^{-3} . The smallest accumulation of these three nutrients happened when 100% of the rate match used was incorporate to the soil. P rate increase increased significantly N, Mg, S, B, Fe and Mn accumulation in the grains. Protein tenor was not significantly altered with the P rates and ways for its application. Number of green beans per plant, number of grains per plant, 100 grains weight per plant, increased significantly with the P rate applied into the soil. Grain size and uniformity increased with P rate, and more than 87% of the grains were retained on sieve of mesh 13.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; manuring phosphate; accumulation of nutrients

3 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em quase todo o território brasileiro, em diferentes épocas e sistemas de cultivo, sendo considerado um dos mais importantes constituintes da dieta alimentar da população. É possuidor de aminoácidos, carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e, principalmente, rico em proteína.

Além de seu caráter social, o feijão é um produto de alto significado econômico, plantado em 4,2 milhões de hectares, com uma produção anual em torno de 3,2 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2005).

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, sensível aos fatores climáticos e muito suscetível às pragas e doenças. Produtividades baixas são observadas, principalmente nas épocas tradicionais de cultivo, em consequência da tecnologia utilizada, das variações climáticas e do esgotamento progressivo da fertilidade do solo. No entanto, produtividades elevadas têm sido alcançadas com a adoção de tecnologias como as cultivares melhoradas, o preparo adequado do solo, a adubação equilibrada, as técnicas avançadas de irrigação e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas (ZUCARELI, 2005).

A produção de feijão no Brasil tem sido insuficiente para abastecer o mercado interno (YOKOYAMA; STONE, 2000), já que o consumo (17 kg/hab/ano) é maior do que a produção, o que leva à necessidade de importar o produto para atender a demanda de consumo anual (AGRIANUAL, 2005).

Grande parte dos solos agricultáveis do Brasil apresenta elevada acidez, elevados teores de alumínio e manganês trocáveis, baixa saturação por bases e baixos teores de fósforo. A baixa disponibilidade de fósforo, predominante na maioria dos solos, faz com que se analisem mais atentamente as condições adequadas do meio para sua absorção e os diversos mecanismos reguladores do suprimento desse nutriente nos vegetais (RUIZ, 1986).

Em relação à adubação, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade do feijoeiro em solos brasileiros, sendo freqüente a resposta da cultura à aplicação desse nutriente no solo. O fósforo é essencial para a cultura do feijão. É requerido nos vários processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, porém, sua influência no feijoeiro está diretamente ligada ao aumento da produção de matéria seca da parte aérea, ao aumento do número de vagens e da massa de grãos, que são os principais determinantes do aumento da produtividade (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2004), sendo, portanto, freqüente o aumento na produção do feijoeiro com a aplicação desse nutriente no solo.

Segundo Fageria, Barbosa Filho e Stone (2004), a maior parte do P acumulado na planta é translocado para os grãos, existindo uma correlação significativa e positiva entre o acúmulo de P nos grãos e a produtividade do feijoeiro, assim, existindo possibilidade de aumento da produtividade da cultura com o aumento da taxa de absorção de P.

A correção da deficiência de fósforo exige a aplicação de grandes quantidades de fosfato devido à alta capacidade de adsorção do nutriente dos solos ácidos das regiões tropicais e subtropicais. Em razão dessa baixa mobilidade do fósforo no solo, o estudo do efeito de sua localização, em relação ao sistema radicular sobre o comportamento da planta tem grande significado prático, principalmente em solos com deficiência extrema de fósforo (NOVAIS; NEVES; BARROS, 1991).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores de nutrientes nas folhas, a acumulação de nutrientes e teor de proteína nos grãos, os componentes de produção e a classificação dos grãos, por peneiras, do feijoeiro Cultivar Pérola sob efeito de diferentes doses e modos de aplicação do fósforo no solo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos gerais do feijoeiro

O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão do mundo, seguido por Índia, China, México, Estados Unidos e Uganda (ZUPPI et al. 2005), considerando somente o gênero *Phaseolus*. No Brasil, o cultivo do feijoeiro está difundido em praticamente todo o território nacional, porém, grande parte da produção está concentrada em apenas alguns estados, Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Ceará, Pernambuco e Pará. O feijoeiro pode ser cultivado nos mais variados tipos de solo, clima e, principalmente, sistemas de produção, tais como cultivo solteiro, consorciado ou ainda intercalado com uma ou mais espécies (VIEIRA; BOREM; RAMALHO, 1999).

Geralmente, essa leguminosa é cultivada nas pequenas propriedades rurais, como cultivo de subsistência. Nesse contexto, uma parcela significativa da produção brasileira de feijão é oriunda dessas propriedades, em módulos de área que vão de 1 a 50 ha (MOREIRA; STONE; BIAVA, 2003). Desta forma, mesmo sendo grande a área de cultivo no Brasil, a produção não consegue satisfazer a demanda interna. Isso se deve à baixa produtividade dos cultivos destas regiões, que oscilam entre 500 e 700 kg ha⁻¹, e que, por sua vez, está associada à falta de assistência técnica, de crédito e de mercado estável, ao baixo nível tecnológico, à ocorrência de problemas fitossanitários e ao baixo uso de insumos (MORALES-GARZON, 2000).

Nas regiões produtoras de feijão, o plantio pode ser feito em três épocas. A primeira, conhecida como “safra das águas”, acontece de agosto a dezembro e concentra-se na Região Sul; a segunda safra, ou “safra da seca”, abrange todo o país e ocorre de janeiro a abril; a terceira safra, ou “safra de inverno”, concentra-se mais no Centro-Oeste e acontece de maio a agosto, dependendo do estado. Assim, durante todo o ano, sempre haverá produção de feijão em alguma região do Brasil (MOREIRA; STONE; BIAVA, 2003).

No Estado de São Paulo costuma-se semear a cultura nas três épocas. Na primeira delas, ou época das “águas”, as produtividades médias têm sido de 1557,7 kg ha⁻¹ numa área total de 76.26 ha em 2004, com cultivos predominando nas regiões de Sorocaba, Campinas e Ribeirão Preto; o cultivo da “seca”, ou segunda época, tem apresentado produtividades médias em torno de 1.360,8 kg ha⁻¹, em uma área de 54.784,6 ha; já para o cultivo de “inverno” com irrigação, as produtividades médias obtidas estão em torno de 2.054,3 kg ha⁻¹, numa área de 31.637,4 há; e nas áreas sem irrigação, com produtividades médias em torno de 1.083,2 kg ha⁻¹ numa área de 37.543,9 ha, com predomínio de cultivo nas regiões de São José do Rio Preto, Barretos, Araçatuba e Presidente Prudente (IEA, 2006).

Segundo AGRIANUAL (2004), o consumo de feijão no país tende a aumentar, porque, além de ter consumo cativo entre a população de baixa renda, também a classe média, empobrecida por causa da crise, começa a organizar o orçamento familiar, reduzindo o consumo de supérfluos e aumentando o consumo de produtos essenciais, como o feijão. Outros fatores que contribuem para o aumento do consumo de feijão neste e nos próximos anos são os seguintes: ênfase na reeducação alimentar; maior conscientização sobre a necessidade da ingestão de proteínas e vegetais; e expansão dos setores de alimentação.

A oferta do feijão é extremamente sujeita as variações determinadas principalmente pelas condições climáticas, que influenciam diretamente na produtividade e conseqüentemente, no preço (RAMOS JUNIOR, 2006).

Os grãos de feijão representam uma importante fonte de proteína na dieta da população dos países em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais. A proteína do feijão é rica em lisina (aminoácido essencial para os humanos), porém pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, também essenciais ao homem (YOKOYAMA; STONE, 2000). Os mesmos autores afirmam ainda que os cereais, por sua vez, são pobres em

lisina, mas, ricos em aminoácidos sulfurados, o que torna a tradicional dieta brasileira, arroz com feijão, complementar em termos de aminoácidos essenciais. O feijão possui alto conteúdo de carboidratos e vitaminas do complexo B. A composição centesimal do feijão varia de acordo com o local de plantio, fatores ambientais e com a cultivar. Em média, o conteúdo de proteínas encontra-se entre 22 e 26%, carboidratos entre 62% e 67%, cinzas entre 3,8% e 4,5%, lipídeos entre 1,0% e 2,0%, e fibras brutas entre 3,8% e 5,7% (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O feijão possui um alto nível de variabilidade para cor, tamanho e forma da semente. O Brasil é dividido por regiões que possuem preferências diferentes quanto ao tipo de grão, cor e tamanho. O tipo de feijão mais consumido pelas pessoas no país é o de sementes pequenas. Como exemplos, temos o feijão preto, que é mais consumido no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo. O feijão do tipo carioca é aceito em praticamente todo o país (VIEIRA; BOREM; RAMALHO, 1999).

4.2 Fósforo no solo e na planta do feijoeiro

O P no solo pode ser dividido em quatro categorias: P na forma iônica e em compostos na solução do solo; P adsorvido na superfície dos constituintes minerais do solo; minerais cristalinos e amorfos de P e fósforo componente da matéria orgânica. O mecanismo de difusão é o principal responsável pelo contato entre o fosfato e as raízes no solo e depende de fatores como a concentração do nutriente na solução, poder tampão do solo e o coeficiente de difusão do elemento no solo (BARBER, 1984).

O baixo teor de fósforo disponível no solo é a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola, nos trópicos (SANCHEZ; SALINAS, 1981). O fósforo é o nutriente que mais influencia na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros (ARF, 1994). Mas, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas, grande parte do P adicionado no solo torna-se não disponível, reduzindo a eficiência da adubação fosfatada (HOLFORD, 1997).

Os solos tropicais são caracterizados pelo elevado grau de intemperização e pelos baixos teores de fósforo na forma disponível às plantas. Localizados preferencialmente nos horizontes superficiais, normalmente decrescem conforme se aumenta a profundidade do solo (BONSER; LYNCH; SIEGLINDE, 1996). Nessas condições, o fósforo pode ser fixado em formas não disponíveis às plantas, principalmente com óxidos de ferro e alumínio (NIELSEN et al., 1999).

No feijão, plantas cultivadas em solo com altos teores de fósforo produziram sementes mais pesadas e com maior vigor em relação às das plantas mal nutridas com esse nutriente (VIEIRA, 1986).

Segundo Malavolta (1994), o fósforo é um importante componente estrutural, tendo como função o armazenamento e transferência de energia. O P é um nutriente essencial para o crescimento e para a produção das plantas, cujas funções não podem ser executadas por qualquer outro nutriente. Sem um nível adequado de P no solo, a planta não pode alcançar seu potencial máximo de produtividade. As funções importantes deste nutriente na planta são: o aumento do número de vagens, o aumento da massa dos grãos, a ajuda no processo de maturação dos grãos, o maior incremento do sistema radicular e a melhora da qualidade dos grãos (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2004).

Plantas de feijoeiros deficientes em fósforo perdem o vigor, chegam à maturidade lentamente e podem produzir grãos pequenos. As plantas se tornam raquíticas, com porte pequeno e apresentam redução do número e do tamanho dos ramos, com a formação de poucas folhas. Há redução do número de vagens, diminuindo a produção (OLIVEIRA; ARAUJO; DUTRA, 1996).

As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo do feijoeiro podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estágios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

O P é o elemento exigido em quantidade cerca de 10 vezes menor que a do N, por exemplo, mas é essencial para a formação da semente e do fruto (ZUCARELI, 2005). Nas sementes é encontrado em grande quantidade, tendo influência também na

formação e no desenvolvimento dos primórdios vegetativos e no crescimento de raízes (GRANT et al, 2001).

A deficiência de P pode restringir a absorção, assimilação e translocação de N nas plantas, sendo que a deficiência generalizada de P nas regiões produtoras de feijão talvez seja o fator nutricional mais limitante à fixação de N em cultivos menos tecnificados (ARAÚJO; TEIXEIRA; LIMA, 2002).

O P tem um efeito benéfico na fixação simbiótica de N₂, atuando diretamente sobre a iniciação, crescimento e funcionamento dos nódulos (ISRAEL, 1987 apud ZUCARELI, 2005) aumentando sua atividade. Assim, o fósforo estimula, indiretamente, o teor de N na planta melhorando o conteúdo de proteínas das sementes (ZUCARELI, 2005).

O feijoeiro comum, segundo Fan et al. (2003), em condições de deficiência de fósforo, apresenta redução no crescimento secundário e atraso no desenvolvimento radicular. Segundo estes autores, o atraso no desenvolvimento, em resposta à limitação na disponibilidade de fósforo consiste em uma estratégia adaptativa que visa, mediante o crescimento primário, à concentração de recursos na exploração do solo.

O baixo suprimento de P diminui a área foliar, em consequência principalmente, da redução no número de folhas e, secundariamente, da limitação à expansão da folha (RODRIGUEZ; KELTJENS; GOUDRIAAN, 1998). A baixa disponibilidade de P em feijoeiro afetou o crescimento pela diminuição do aparecimento de folhas e pela partição da biomassa entre órgãos fotossintéticos e respiratórios, mais do que por efeitos na fotossíntese (LYNCH; LAUCHLI; EPSTEIN, 1991).

Geralmente, o estresse de P diminui mais o número total de sementes produzidas que o tamanho da semente (ZUCARELI, 2005). Com menor número de sementes formadas, a planta aumenta o suprimento de nutriente por semente (GRANT et al., 2001), melhorando, assim, a qualidade das sementes.

O feijoeiro é considerado de baixa eficiência na absorção de P, em virtude da baixa razão raiz/parte aérea e do baixo influxo, associados a um menor requerimento de P para produção de biomassa (FOHSE; CLAASSEN; JUNGK, 1988).

A eficiência de recuperação do P pela planta do feijoeiro é menor do que 10%, dependendo da dose aplicada. Em compensação, a eficiência de uso do P (produção

de grãos por unidade de P acumulado na planta) é muito maior do que a de N e a de K. A maior parte (>80%) do P acumulado na planta é translocado para os grãos. Existe uma correlação significativa e positiva entre a acumulação de P nos grãos e a produtividade do feijoeiro. Assim, existe possibilidade de aumentar a produtividade da cultura com o aumento de taxa de absorção de P (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2004).

A época de maior velocidade de absorção de fósforo vai desde aproximadamente 30 dias até os 55 dias da emergência, ou seja, desde o estágio fisiológico anterior ao aparecimento dos botões florais até o final do florescimento, quando já existem algumas vagens formadas. Embora a demanda seja alta durante todo este período, ela acentua-se no final do florescimento e no início de formação das vagens, época em que o feijoeiro absorve de 0,20 a 0,30 kg P/ha.dia (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

Segundo Zucareli (2005), apesar da importância do suprimento de P nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é necessário que seu fornecimento continue também nas fases posteriores. A absorção máxima de P ocorre durante a pré-floração, e seu acúmulo nos grãos ocorre principalmente devido à redistribuição do P contido nas folhas e caules: à medida que a planta se desenvolve o P é removido das folhas e dos caules e direcionado para os grãos. Assim, é preciso garantir o suprimento contínuo de P até a fase de maturação, a fim de que não haja redução na produção dos grãos.

O teor e a acumulação de P nos grãos de feijão estão correlacionados significativamente com a produção de grãos; porém, somente a acumulação de P na parte aérea estava significativamente associada com a produção de grãos. Isto significa que, com a adoção de práticas apropriadas de manejo de P no solo e com o uso de genótipos eficientes, é possível aumentar o teor e a acumulação de P nos grãos e, conseqüentemente, a produtividade do feijoeiro (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2004).

Tendo como base estudos mais recentes, Amaral et al. (1980) determinaram os potenciais de extração de nitrogênio, fósforo e potássio em cultivares de feijão. Verificaram que, dependendo do potencial de produção do cultivar, a quantidade de nutrientes extraída e/ou exportada pode variar, embora não haja necessariamente uma correlação entre esses fatores, visto que, poderão existir diferenças na eficiência de utilização de nutrientes.

O teor de P nas folhas do feijoeiro decresce depois do início da formação das vagens, sendo o índice de colheita superior ao dos demais macronutrientes, indicando uma elevada translocação de P para as sementes (HAAG et al., 1967).

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados nas plantas, principalmente na parte colhida, é importante para se avaliar a remoção dos nutrientes da área de cultivo. Assim sendo, tornou-se um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação (RAMOS JUNIOR, 2006). A absorção de nutrientes é diferente no que diz respeito a fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se no florescimento, na formação e no crescimento dos frutos ou do órgão que será colhido (FAGERIA, 1997).

4.3 Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada

Conforme ROSTON (1990), nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio são os elementos mais necessários para garantia da produção do feijoeiro. Destes, o fósforo, embora seja exigido em quantidades relativamente pequenas pelo feijão, é o nutriente que tem apresentado as maiores e mais freqüentes respostas quando aplicado à cultura (ROSOLEM, 1987), em virtude das características da grande maioria dos solos brasileiros. A máxima resposta ao fósforo tem sido observada em presença de calcário, adubação nitrogenada, de boas condições hídricas e fitossanidade da cultura. Assim, utilizando essa associação, aumenta-se o crescimento radicular, a concentração de P e o coeficiente de difusão do nutriente no solo, o que explica a razão da máxima resposta ao P nestas condições (ROSOLEM, 1996).

Carvalho et al. (1995), conduzindo um trabalho na casa de vegetação, envolvendo aplicação de doses crescentes de P a quatro solos do Cerrados com o objetivo de avaliar resposta do feijoeiro ao fósforo nos diferentes solos, encontraram efeito significativo na produtividade e nos componentes de produção.

Fageria (1989), conduzindo experimento em casa de vegetação, observou que a produtividade do feijoeiro é aumentada com a adubação fosfatada, no entanto, a magnitude de resposta variou entre cultivares. A máxima produtividade foi obtida com aplicação de 125 e 150 mg kg⁻¹ de P, dependendo da cultivar avaliada.

Fageria e Santos (1998), procurando calibrar a análise de solo de várzea em relação ao fósforo, na produção do feijoeiro, em um experimento de campo, encontraram resposta quadrática em função das doses de P aplicadas a lanço, sendo a produção máxima de grãos estimada em 1.094 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Em experimento avaliado no campo, Silveira e Moreira (1990) constataram aumentos no rendimento de sementes com a aplicação de doses crescentes de fósforo, com respostas variáveis de acordo com a lâmina de água aplicada. Entretanto, melhores resultados foram obtidos na dose de 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Em culturas irrigadas, obtém-se maior produtividade com a mesma dose de P, pois o adubo aplicado, assim como o P do solo, é melhor aproveitado pela planta. Entretanto, em razão da maior produtividade que se obtém nessa condição, a dose econômica de P é maior que aquelas da cultura de sequeiro (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

Vidal e Junqueira Neto (1982) obtiveram aumento na produtividade de grãos, no número de vagens por parcela e na massa de 100 sementes, em dois cultivares de feijão, Carioca e Jalo, em função da adubação fosfatada.

Além do efeito na produção, a disponibilidade de nutrientes no solo em que a planta é cultivada pode alterar a composição química da semente (SILVA; VAHL, 2002). Teores crescentes de fósforo no solo aumentaram a quantidade de P, Mg e Zn e diminuíram a porcentagem de N nas sementes, não tendo os teores de K e Ca sido afetados pela aplicação de fósforo (VIEIRA, 1986).

Silva e Vahl (2002) não encontraram diferença significativa nos teores de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn das sementes pela adubação fosfatada, no entanto, o teor de P nas sementes aumentou linearmente com a adubação fosfatada. Fageria (1998) obteve aumento significativo no teor de P na parte aérea do feijoeiro, com o aumento dos níveis de P no solo.

Segundo Zucareli (2005), o aumento de P na planta do feijoeiro está aumentando o número de vagens e a massa de sementes, que são os principais determinantes no aumento da produtividade. Entre os componentes de produção, o número de vagens por unidade de área contribui mais no aumento da produtividade do feijão do que quaisquer outros parâmetros (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2003).

Silveira e Moreira (1990), avaliando doses de fósforo utilizadas no feijão obtiveram respostas na produção de grãos de até 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 , quando não houve limitação de água ao crescimento da planta.

Parra e Miranda (1980) relataram respostas significativas e quadráticas do feijoeiro à aplicação de adubação fosfatada no Estado do Paraná. A produção máxima foi obtida com a aplicação de 125 kg ha^{-1} de P_2O_5 em solo com teor inicial de P na faixa de 2 a 5 mg kg^{-1} de solo. Afirmam os autores que a cultura do feijoeiro tem sua maior produção numa faixa compreendida entre 90 a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . A partir desta dose, o incremento conseguido na produção de grãos é marginal.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do experimento e clima

O experimento foi conduzido em túnel plástico do Departamento de Recursos Naturais – Área Ciência do Solo, Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu (SP), localizada a 22°51' latitude S e 48°26' longitude W, com altitude de 786m, temperatura média anual de 20,5°C e umidade relativa do ar de 71% (MARTINS, 2003).

5.2 Características do solo

O solo utilizado foi de baixa fertilidade natural, classificado como Latossolo Vermelho Escuro, textura média (CARVALHO; ESPINDOLA; PACOLA, 1983), proveniente da Unidade denominada Patrulha, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu (SP). Após coleta, amostras simples do solo foram misturadas, obtendo-se apenas uma amostra composta, a qual foi encaminhada ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo, Campus de Botucatu (SP) e, submetida à análise química, de acordo com metodologia de Raij et al. (2001). As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo utilizado no experimento antes da aplicação dos tratamentos, Botucatu/SP, 2004.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						
4,1	19	2	15	64	0,3	1	0	1	66

V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
%	mg dm ⁻³					
2	17	0,26	1,0	59	0,3	0,1

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo - Departamento de Recursos Naturais – Área Ciência do Solo – FCA /UNESP - Botucatu (SP).

5.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, constituindo-se de um fatorial 4 x 5, sendo quatro doses (50, 100, 200 e 400 mg de P dm⁻³) e cinco modos de aplicação do fertilizante fosfatado (incorporado (I) aos solos contidos nos vasos, em combinação com aplicações localizadas em sulcos (S) distanciados de 5 cm ao lado e 5 cm abaixo das sementes, segundo os seguintes modos de aplicações (L): L₁ - 100% (I); L₂ - 75% (I) e 25% (S); L₃ - 50% (I) e 50% (S); L₄ - 25% (I) e 75% (S); L₅ - 100% (S)). Foram utilizados como parcela experimental, vasos de cimento-amianto retangulares com capacidade para 40 litros de solo, totalizando 80 vasos. O adubo fosfatado utilizado foi o superfosfato simples, com 16-18% de P₂O₅, solúvel em água (RAIJ et al, 1997).

5.4 Características do cultivar

O cultivar utilizado no experimento foi o “Pérola”, originado no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – EMBRAPA, proveniente de seleção no cultivar Aporé. Apresenta como características o ciclo médio de 90 a 100 dias, floração média com 46

dias, cor do grão creme com rajas marrom-claras, altura das plantas entre 60 e 80 cm, hábito de crescimento indeterminado (entre tipo II e III), porte semi-ereto, cor da flor branca e peso de 100 sementes em torno de 27 gramas. Apresenta resistência ao Mosaico-Comum, suscetibilidade ao Mosaico Dourado e Antracnose, suscetibilidade moderada à Bacteriose, Mancha-Angular, Ferrugem e Fusarium (PREZZOTTO, 2004/2005).

5.5 Instalação e condução do experimento

O solo colocado nos vasos foi corrigido com calcário dolomítico (P.R.N.T. 90%), homogeneizado, umedecido e tampado com plástico, três meses antes da semeadura, visando atingir uma saturação de bases de 70%, ideal para a cultura do feijoeiro (AMBROSANO et al., 1997).

Antes da semeadura, seguindo os tratamentos pré-estabelecidos, o adubo fosfatado foi incorporado no solo de determinados vasos. Nesses tratamentos todo o solo contido no vaso era retirado e colocado sobre um plástico, o adubo fosfatado era incorporado em todo o solo e recolocado no vaso. A adubação fosfatada, em sulco, em determinados vasos foi feita após a semeadura. O fósforo foi colocado no sulco com auxílio de duas chapas de aço de 46 cm de comprimento e 7 cm de profundidade, aplicando-se o adubo 5 cm ao lado e 5 cm abaixo das sementes. A aplicação do fósforo foi feita manualmente.

As sementes, um pouco antes de serem semeadas, foram tratadas com (Thiram) 200 g l^{-1} (20%), fungicida sistêmico e de contato procurando aumentar a porcentagem de germinação, a velocidade de emergência e a maior sanidade das plântulas.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 14 de março de 2005. Foram semeadas 10 sementes de feijão alinhadas e centralizadas em cada vaso, com uma profundidade de 2 cm. No 4º dia após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste, deixando-se 6 plantas por vaso.

O experimento recebeu uma adubação complementar homogênea de nitrogênio, potássio e micronutrientes. A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura e parcelada três vezes, totalizando 150 mg dm^{-3} de nitrogênio. A primeira e a última aplicação ocorreram no 10º e 30º dia, respectivamente, após a emergência, utilizando-se uréia como

fonte de N. A segunda aplicação foi no 21º dia após a emergência, utilizando-se o sulfato de amônio como fonte N. O cloreto de potássio foi usado como fonte de potássio e parcelado em duas vezes. Sua primeira aplicação foi de 70 mg dm^{-3} de K no 10º dia após a emergência, junto com o nitrogênio. O restante, 70 mg dm^{-3} de K, foi aplicado no 25º dia após a emergência. Os micronutrientes utilizados, como o cobre ($1,5 \text{ mg dm}^{-3}$), o zinco ($5,0 \text{ mg dm}^{-3}$) e o boro ($1,0 \text{ mg dm}^{-3}$), foram aplicados no solo, juntos, em solução e sem parcelamento, no 14º dia após a emergência. As fontes utilizadas foram: o sulfato de cobre, o sulfato de zinco e o ácido bórico, respectivamente.

A irrigação foi feita manualmente para que o solo atingisse sua capacidade de retenção de água, atendendo às necessidades do sistema solo-planta, previamente determinada.

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, retirando-se as plantas indesejáveis logo após a sua emergência. O controle de pragas foi feito pelo monitoramento da cultura e, quando necessário, utilizou-se pulverizador costal para as aplicações de produtos recomendados para a cultura. Durante o ciclo da cultura não houve problemas com doenças.

A emergência da maioria das plântulas ocorreu no 4º dia após a semeadura (DAS), e o florescimento, ao 44º dia após a emergência (DAE). A cultura apresentou ciclo de 89 dias após a germinação.

5.6 Parâmetros avaliados na cultura do feijão

5.6.1 Diagnose foliar

Por ocasião do florescimento pleno, determinado pelo tempo, em dias, compreendido entre a emergência de plântulas e a presença de pelo menos uma flor aberta em 50% das plantas, foram coletadas amostras de folhas do feijoeiro de cada vaso, sendo posteriormente levadas à estufa, com circulação de ar forçada até peso constante. Em seguida foram moídas e analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento

de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

5.6.2 Acumulação de nutrientes nos grãos de feijão

Amostras dos grãos de cada parcela foram coletadas e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, moídas e posteriormente analisadas, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/SP, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Após a determinação dos teores, foi calculada, por meio da massa dos grãos de uma planta, a acumulação dos nutrientes nos grãos.

5.6.3 Teor de proteína nos grãos

Após a determinação do teor de nitrogênio dos grãos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), descritos anteriormente, foi determinado, mediante a multiplicação do valor de nitrogênio pelo índice 6,25 (AOAC, 1990), o teor de proteína.

5.6.4. Componentes de produção

5.6.4.1 Número de vagens por planta

No final do ciclo foi efetuado o arranquio das plantas de cada vaso e suas vagens foram contadas e colocadas em sacos de papel. O número de vagens por planta foi determinado pela relação entre o número total de vagens e o número de plantas coletadas de cada vaso.

5.6.4.2 Número de grãos por planta

O número de grãos por planta foi obtido pela relação entre o número total de grãos e o número total de plantas existentes em cada vaso.

5.6.4.3 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem foi obtido pela relação entre o número total de grãos e o número total de vagens de cada vaso.

5.6.4.4 Massa de 100 grãos

O número e a massa dos grãos coletados de cada vaso foram determinados previamente, corrigindo a massa para 13% de umidade. Após esse passo, foi multiplicada a massa dos grãos de cada parcela por 100 e dividido pelo número de grãos de cada parcela.

5.6.4.5 Massa dos grãos por planta

A massa dos grãos por planta foi determinada pela relação entre a massa total dos grãos e o número de plantas presentes em cada vaso.

5.6.4.6 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras

Os grãos colhidos foram separados e classificados com auxílio do jogo de peneiras manual, com crivos oblongos (13, 12, 11, 10, fundo), sendo que, o fundo foi o local que todos os grãos que passaram pela peneira 10 ficaram retidos. Os grãos foram agitados sobre o jogo de peneiras e o percentual de grãos, para cada peneira, foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total das sementes de cada repetição (Brasil, 1992).

5.7. Análise estatística

Os dados obtidos de todos os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância. Os efeitos das doses de P foram analisados pela regressão a 5% de probabilidade e modos de aplicação, mediante comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5%, sendo que, médias seguidas de mesma letra, não diferiram entre si.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Diagnose foliar

6.1.1 Nitrogênio, cálcio, enxofre, cobre, ferro e zinco

Segundo Kikuti et al. (2005) a diagnose foliar, baseada nos teores de macro e micronutrientes dos tecidos vegetais, é eficiente, pois correlaciona-se com os níveis críticos previamente estabelecidos para a cultura. Valores inferiores aos da faixa crítica são indicativos de carência nutricional e da necessidade de correção, enquanto valores superiores o são para toxicidade.

Nas folhas, os teores médios de N, Ca, S, Cu, Fe e Zn não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade para as doses (Tabela 2), para os diferentes modos de aplicação do fósforo no solo (Tabela 3) e para a interação. Os teores de N, Ca e Cu encontrados nas folhas do feijoeiro, nos diferentes tratamentos (Tabela 2), estão dentro da faixa adequada, de 30 a 50 g kg⁻¹, 10 a 25 g kg⁻¹ e 4 a 20 mg kg⁻¹, respectivamente (RAIJ et al., 1997) e de 15,4 a 51 g kg⁻¹, 10 a 57 g kg⁻¹ e 5 a 19 mg kg⁻¹, respectivamente (OLIVEIRA; THUNG, 1988).

Os teores de S e Zn avaliados estão menores, e os de Fe (Tabela 2), maiores do que os das faixas consideradas ideais, de 2,0 a 3,0 g kg⁻¹, 18 a 50 mg kg⁻¹ e 40 a 140 mg kg⁻¹, respectivamente (RAIJ et al., 1997), mas os teores de S encontram-se dentro da faixa adequada, de 0,7 a 2,3 g kg⁻¹ (OLIVEIRA; THUNG, 1988).

Tabela 2. Teores de N, Ca, S, Cu, Fe e Zn presentes nas folhas do feijoeiro em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Doses de P	N	Ca	S	Cu	Fe	Zn
mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
50	45,35	12,90	1,64	5,10	150,70	15,55
100	47,35	13,05	1,66	5,30	154,40	14,65
200	48,70	14,70	1,75	5,15	169,70	15,00
400	48,45	12,95	1,76	5,20	164,65	18,50
F	2,54 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,72 ^{ns}	2,25 ^{ns}
C.V.(%)	9,03	27,72	17,66	21,01	18,79	32,90

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para as doses.

Andrade et al. (2005) obtiveram teores de Fe em folhas + pecíolos do feijoeiro em função de doses de fósforo, em excesso, comparados com faixas consideradas adequadas por Raij et al. (1997). A absorção do Fe é influenciada por outros cátions como K, Ca e Mg (GRASSI FILHO, 2003).

Tabela 3. Teores de N, Ca, S, Cu, Fe e Zn presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Aplicação do P*	N	Ca	S	Cu	Fe	Zn
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
L1	49,81	14,81	1,74	5,31	170,63	15,06
L2	47,31	13,31	1,58	5,12	157,25	16,50
L3	45,94	13,25	1,77	5,19	159,31	16,31
L4	47,06	13,75	1,66	5,25	162,19	14,06
L5	47,19	11,88	1,76	5,06	149,94	17,69
F	1,77 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,14 ^{ns}
C.V.(%)	9,03	27,72	17,66	21,01	18,79	32,90

(*) L1 = 100% do P incorporado; L2 = 75% do P incorporado e 25% no sulco; L3 = 50% do P incorporado e 50 % no sulco; L4 = 25% do P incorporado e 75% no sulco; L5 = 100% do P no sulco.

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para as doses

6.1.2 Potássio, magnésio e boro

Os teores de K, Mg e B não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade para as diferentes doses de fósforo (Tabela 4) e para a interação, mas, apresentaram diferença significativa para os modos de aplicação do fósforo no solo.

Tabela 4. Teores de K, Mg e de B presentes nas folhas do feijoeiro em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Doses de P	K	Mg	B
mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
50	27,70	3,72	138,45
100	27,05	3,66	142,65
200	28,05	4,06	158,40
400	27,40	3,94	135,30
F	0,56 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,10 ^{ns}
C.V.(%)	9,03	27,72	17,66

ns = não significativo a 5% de probabilidade para as doses

Os modos de aplicação do fósforo L1 e L2 apresentaram maiores teores de K nas folhas do feijoeiro em relação ao L5 (Figura 1), sugerindo que a incorporação de 100% ou 75% do fósforo seria a melhor forma de se obter maior teor de K nas folhas quando comparado com a aplicação de 100% do fósforo no sulco. No entanto, todas as formas de aplicação do fósforo proporcionaram teores adequados de K nas folhas do feijoeiro, de 14,0 a 31,0 g kg⁻¹ (OLIVEIRA; THUNG, 1988). Quando os teores obtidos são comparados com os teores considerados adequados, de 20 a 24 g kg⁻¹ por Raij et al. (1997), estão acima. Kikuti et al. (2005) também encontraram aumento no teor de K nas folhas do feijoeiro em função de doses de N e de P₂O₅ aplicadas no solo.

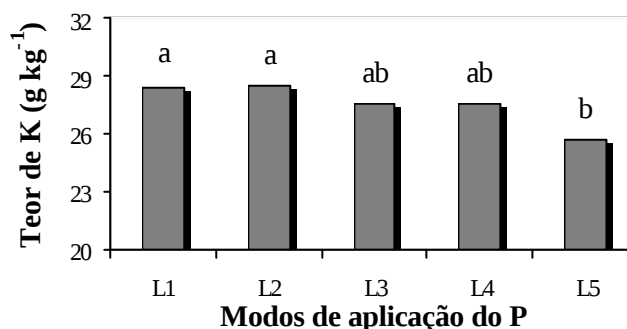


Figura 1. Teores de K presentes nas folhas do feijoeiro, em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Os teores de Mg obtidos nas folhas estão dentro da faixa considerada ideal, de 2,5 a 5,0 (RAIJ et al., 1997). Kikuti et al. (2005) observaram deficiência no teor de

Mg nas folhas com pecíolos do feijoeiro, em função das doses de N e de P_2O_5 , quando comparada com a faixa adequada, considerada por RAIJ et al. (1997).

Observa-se que houve influência significativa dos modos de aplicação do fósforo no solo sobre o teor de Mg na folha (Figura 2). Quando 100% do fósforo aplicado foi incorporado ao solo, o teor de Mg encontrado nas folhas apresentou-se maior em relação à aplicação do fósforo 100% no sulco, não tendo sido encontrada diferença significativa para as demais formas de aplicação do fósforo.

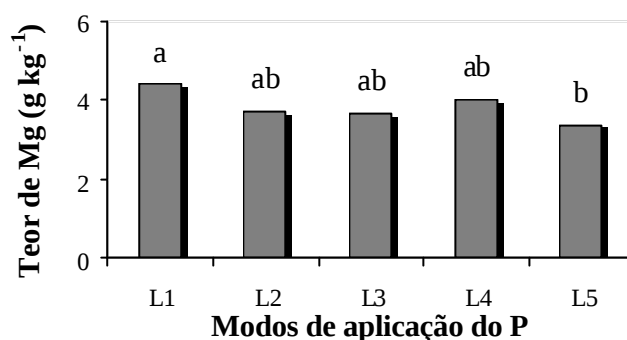


Figura 2. Teores de Mg presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Nas folhas do feijoeiro foram encontrados teores de B muito maiores do que o ideal, de 15 a 26 (RAIJ et al., 1997) e de 10 a 39 mg kg⁻¹ (OLIVEIRA; THUNG, 1988). Não foi observado, visualmente, sintomas de toxidez e/ou perdas na produção. Segundo Andrade et al. (2005), as doses de P_2O_5 aplicadas no solo do feijoeiro afetaram positivamente o teor de B nas folhas + pecíolos, o que pode ser atribuído, segundo os autores, ao aumento do crescimento da planta e, conseqüentemente, da transpiração, o que possibilita absorção maior de B. Os teores de B encontrados nas folhas do feijoeiro nos modos de aplicação L1 e L4 apresentaram maiores em relação aos teores encontrados no modo L5 (Figura 3).

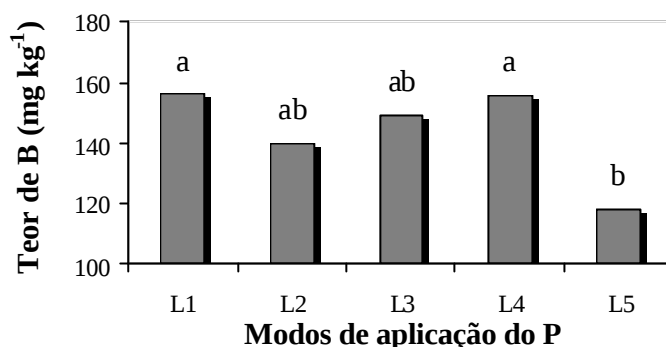


Figura 3. Teores de B presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.1.3 Manganês

Os teores de Mn nas folhas apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade, em função das doses e dos modos de aplicação de fósforo no solo, mas, não apresentaram diferença significativa para a interação. Os valores médios dos teores de Mn apresentados estão, em alguns tratamentos, um pouco acima da faixa ideal, de 15 a 100 mg kg⁻¹ (RAIJ et al., 1997), mas adequados, com exceção para a dose de 50 mg dm⁻³, à faixa de 80 a 386 mg kg⁻¹ (OLIVEIRA; THUNG, 1988). Houve um aumento linear no teor de Mn na folha de feijoeiro com o aumento das doses de P aplicadas no solo, mas, como não se obteve o máximo teor com a maior dose de P aplicada (Figura 4), não se pode determinar a melhor dose.

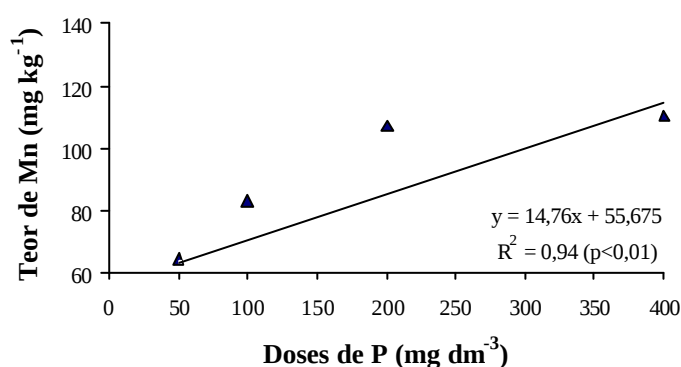


Figura 4. Teores de Mn presentes nas folhas do feijoeiro em função das doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Observa-se que os modos de aplicação do P no solo modificaram significativamente os teores de Mn das folhas do feijoeiro. Os menores teores de Mn foram obtidos nos tratamentos que receberam 100 % do fósforo no sulco (Figura 5), ficando abaixo da faixa considerada adequada por Oliveira e Thung (1988).

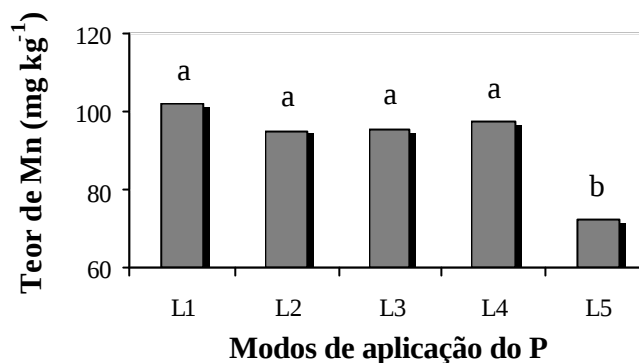


Figura 5. Teores de Mn presentes nas folhas do feijoeiro em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.1.4 Fósforo

As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo se aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, diferentemente dos demais nutrientes, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

Os teores de P presentes nas folhas do feijoeiro diferiram significativamente em função da interação de doses e modos de aplicação de fósforo no solo. Os valores médios dos teores de P encontrados nas folhas estão adequados à faixa, de 1,3 a 8,1 g kg⁻¹ (OLIVEIRA; THUNG, 1988).

Com exceção a figura (a), o acúmulo de P nas folhas foi maior com o aumento das doses de P aplicadas no solo (Figura 6). Os maiores teores de P foram obtidos quando 100% da maior dose de fósforo utilizada (400 mg dm⁻³) foi aplicada no sulco (Figura 6 (e)). Mas não foi obtido o teor máximo de P com a maior dose de P aplicada, necessitando-se talvez de doses maiores. Segundo Miranda et al. (2002), os teores de P nas folhas do feijoeiro

aumentaram com as doses de adubação fosfatada e, mesmo no nível mais baixo de P (250 kg ha^{-1}), estavam acima do nível crítico de $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ (RAIJ, 1991). Hiroce, Gallo e Mascarenhas (1970) concluíram que a fertilização fosfatada aumentou os teores de fósforo nos folíolos e aumentou a produtividade de grãos.

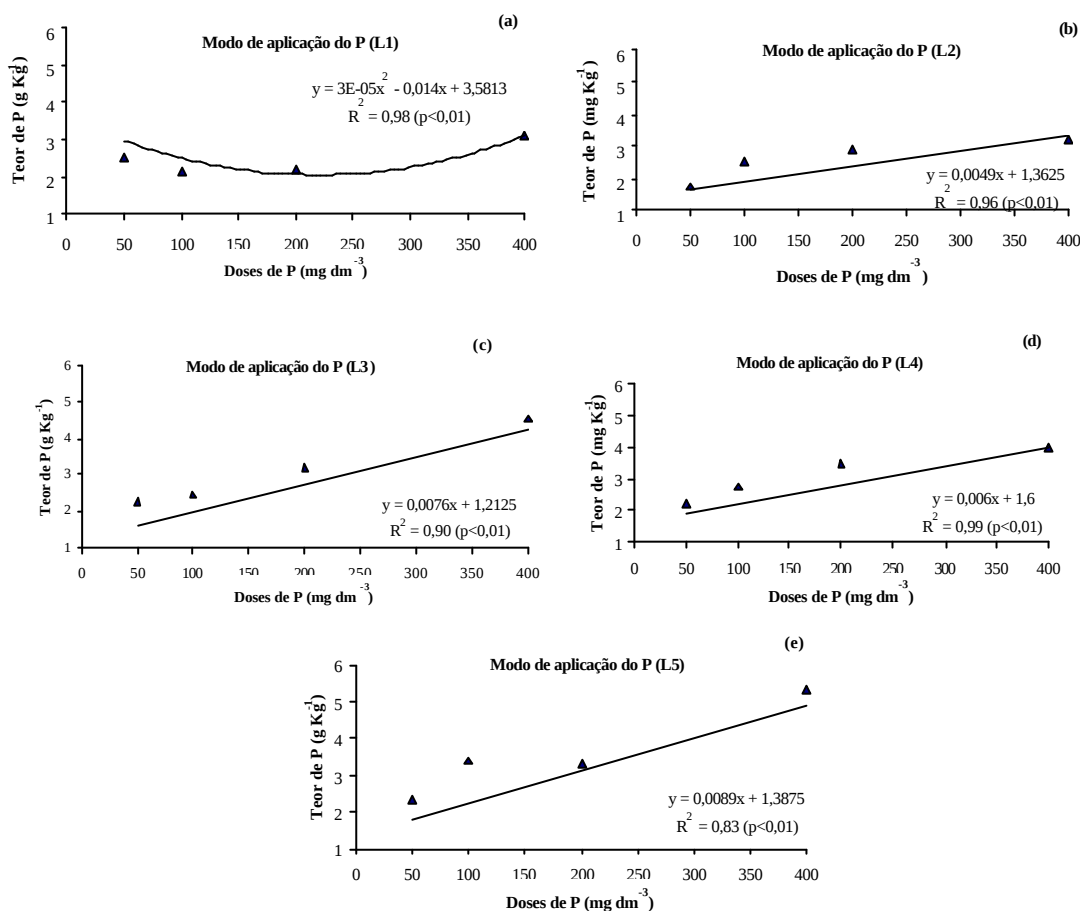


Figura 6. Teores de P presentes nas folhas do feijoeiro em função das doses e dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Não foi encontrada diferença significativa nos modos de aplicação do fósforo no solo quando a menor dose foi aplicada (Figura 7 (a)). O modo de aplicação L5 foi significativamente maior quando comparado com o modo de aplicação L1 e L3 na dose de 100 mg dm^{-3} de fósforo (Figura 7 (b)). Na dose de 200 mg dm^{-3} de fósforo, os valores de fósforo encontrados nas folhas foram maiores nos modos de aplicação L3, L4 e L5 em relação ao modo L1 (Figura 7 (c)). O maior teor de P nas folhas foi encontrado quando 100% da maior

dose de P (400 mg dm^{-3}) foi aplicada no sulco, quando comparado com os teores encontrados nos modos de aplicação L1, L2 e L4 (Figura 7 (d)).

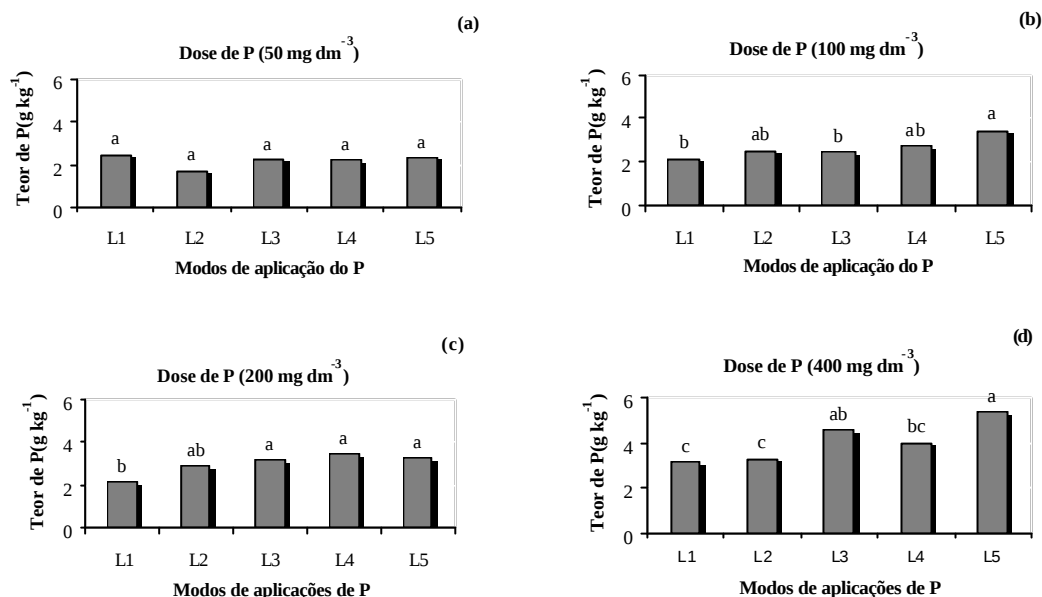


Figura 7. Teores de P presentes nas folhas do feijoeiro em função das doses e dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.2 Acumulação de nutrientes nos grãos de feijão

6.2.1 Nitrogênio, magnésio, enxofre, boro, ferro e manganês

A acumulação de N, Mg e S (g) e de B, Fe e Mn (mg) nos grãos de feijão apresentou diferença significativa em função das diferentes doses de P aplicadas no solo. Mas, não apresentaram diferença nos diferentes modos de aplicação do fósforo no solo (Tabela 5) e na interação. A acumulação desses nutrientes nos grãos de feijão apresentou aumento linear, em função das doses de fósforo aplicadas no solo. Contudo, em virtude de não se ter obtido a máxima acumulação de todos os nutrientes mencionados com a maior dose de fósforo aplicada, não se pode determinar o ponto máximo e o mínimo e, assim, estimar o grau de limitação do P no solo (Figura 8).

Considerando os valores da máxima acumulação obtida no Cultivar Pérola, para produzir uma tonelada de grãos, seria necessária uma acumulação de 36 kg de N, 3 kg de Mg, 1 kg de S, 20g de B, 14 g de Mn e 70 g de Fe. Segundo Fageria, Barbosa Filho e

Stone (2004), para produzir essa mesma tonelada de grãos de feijão, foi necessária a acumulação de 36,5 kg de N, 3,9 kg de Mg, 20,7 g de Mn e 333,1 g de Fe. Oliveira e Thung (1988) relatam que seria necessária, em média, para produzir uma tonelada de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), uma acumulação de 35,48 kg de N, 2,63 kg de Mg e 5,45 kg de S. Já Fageria e Santos (1998) descrevem que, para produzir uma tonelada de grãos, os feijoeiros precisam extrair 23 kg de N, 3 kg de Mg, 16 g de B, 121g de Mn e 220 g de Fe.

Mediante comparação de resultados de análises realizadas em tecido de plantas desenvolvidas em casa de vegetação e em campo, Oliveira e Thung (1988) relatam que os tecidos de plantas desenvolvidas em casa de vegetação apresentam maiores quantidades absorvidas de nutrientes que os tecidos de plantas desenvolvidas no campo. Isto se deve ao fato de as plantas de casa de vegetação crescerem sem concorrência. Por outro lado, as quantidades exportadas em cultura de campo podem ser um pouco mais altas, quando incluída no cálculo a quantidade absorvida pelas vagens.

Tabela 5. Acumulação de N, Mg, S, B, Fe e Mn nos grãos de feijão em função dos modos de aplicação de fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Aplicação do P*	N	Mg	S	B	Fe	Mn
	g planta ⁻¹			mg planta ⁻¹		
L1	0,51	0,03	0,02	0,29	0,98	0,19
L2	0,57	0,04	0,02	0,34	1,10	0,22
L3	0,59	0,04	0,02	0,34	1,18	0,24
L4	0,62	0,04	0,02	0,34	1,19	0,22
L5	0,59	0,04	0,02	0,33	1,20	0,22
F	2,00 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,99 ^{ns}
C.V.(%)	19,84	20,13	28,92	20,77	26,83	23,19

(*) L1 = 100% do P incorporado; L2 = 75% do P incorporado e 25% no sulco; L3 = 50% do P incorporado e 50 % no sulco; L4 = 25% do P incorporado e 75% no sulco; L5 = 100% do P no sulco.

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para as doses.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é absorvido e exportado da área em maiores quantidades; além disso, é o elemento que, juntamente com o fósforo, tem apresentado as maiores respostas em produção (ARF, 1994). O magnésio é um elemento que normalmente tem recebido pouca atenção nos programas de adubação; entretanto, a produção poderá ser prejudicada nos casos onde ocorrem deficiências dos nutrientes (MALAVOLTA, 1981). O enxofre é um nutriente absorvido em quantidades moderadas pela cultura do feijoeiro; entretanto, é constituinte de grande número de compostos das plantas (ARF, 1994).

Embora, na maioria dos trabalhos realizados, não tenha sido encontrado efeito significativo na produtividade da cultura, alguns micronutrientes são essenciais no processo de fixação simbiótica do nitrogênio; entre estes: o ferro, o molibdênio e o cobalto (ARF, 1994).

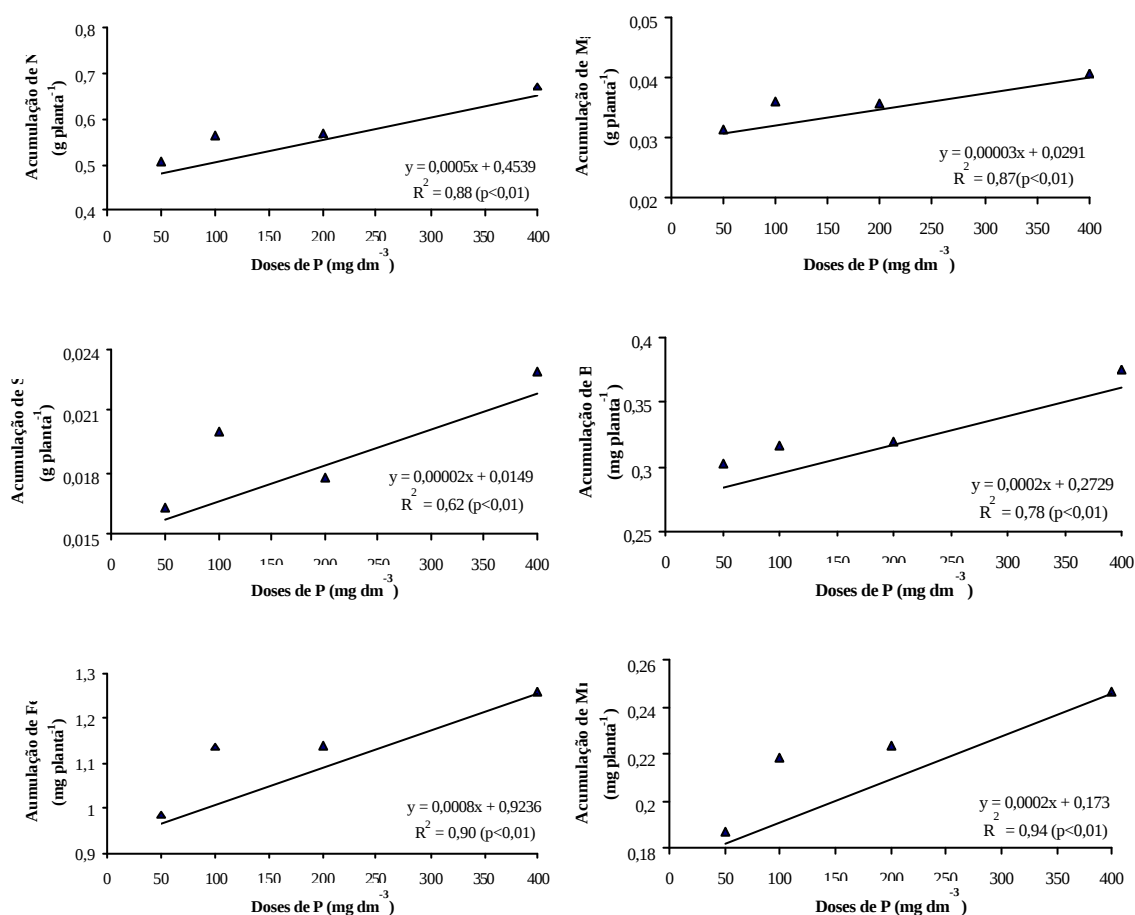


Figura 8. Acumulação de N, Mg, S, B, Fe e Mn nos grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.2.2 Fósforo, potássio e zinco

A acumulação dos macronutrientes P e K e do micronutriente Zn presentes nos grãos de feijão apresentou diferença significativa em função das diferentes doses (Figura 9) e dos diferentes modos de aplicação do fósforo no solo (Figura 10). Mas não apresentou diferença na interação.

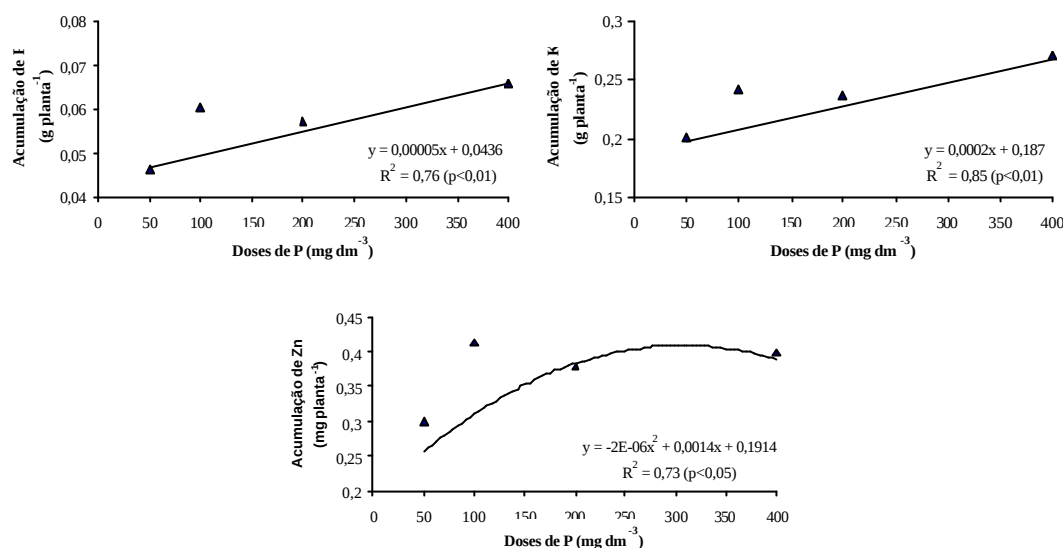


Figura 9. Acumulação de P, K e Zn nos grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

A acumulação de P e K nos grãos de feijão aumentou com o aumento da dose de P aplicada no solo, mostrando um aumento linear (Figura 9). Contudo, não foi possível determinar a maior acumulação com a maior dose aplicada nos dois casos. No que se refere ao P, é ele o nutriente que mais influi na produtividade do feijoeiro; entretanto, é um dos nutrientes menos exportados da área de cultivo (ARF, 1994). Segundo Fageria, Barbosa Filho e Stone (2004), a eficiência de recuperação do P é muito baixa ($< 10\%$), em razão de uma alta capacidade de fixação de P nos solos. Mas a eficiência no uso do P é muito maior do que a dos outros nutrientes.

A absorção do potássio cresce à medida que aumenta a quantidade de potássio disponível no solo (OLIVEIRA; ARAUJO; DUTRA, 1996). Segundo alguns autores, o K embora seja absorvido pela cultura do feijoeiro em grande quantidade, pouco tem influído na produtividade, chegando, até, em alguns casos, a diminuí-la (ARF, 1994). Entretanto, plantas deficientes em potássio perdem vigor e tem maturação lenta, proporcionando menor produção de grãos (OLIVEIRA; ARAUJO; DUTRA, 1996).

Observou-se aumento na acumulação de Zn nos grãos de feijão com o aumento das doses de P aplicadas no solo (Figura 9), tendo sido atingido seu ponto máximo na dose de 350 mg dm^{-3} , havendo redução no acúmulo quando aplicaram quantidades superiores.

Plantas deficientes em zinco podem ocorrer em áreas ricas em matéria orgânica que receberam altas doses de fósforo (OLIVEIRA; ARAUJO; DUTRA, 1996). Segundo Grassi Filho (2003), o fósforo insolubiliza o Zn, formando um composto insolúvel na superfície externa da raiz (fosfato de zinco) ou fica depositado na parede do xilema, diminuindo seu transporte para a parte aérea.

Para produzir uma tonelada de grãos do Cultivar Pérola seria necessária acumulação de 4 kg de P, 15 kg de K e 23 g de Zn. Já, alguns autores afirmam que seria necessária a acumulação de 4,2 kg de P, 27,2 kg de K e 48 g de Zn (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE 2004); de 4,07 kg de P e de 15,34 kg de K (OLIVEIRA; THUNG, 1988); e 3,5 kg de P, 22kg de K e 52 g de Zn (FAGERIA; SANTOS, 1998).

A acumulação de P, K (g) e Zn (mg) nos grãos de feijão, em função dos modos de aplicação do fósforo, aumentou com o aumento da dose de P aplicada no sulco e, nos três casos, a menor acumulação de nutrientes nos grãos de feijão ocorreu quando 100% da dose de fósforo utilizada foi incorporada ao solo (Figura 10). Esse resultado foi obtido, provavelmente, em consequência do comportamento do nutriente no solo e das características do sistema radicular do feijoeiro, pequeno e pouco profundo. O principal mecanismo responsável pelo contato entre o fosfato e as raízes no solo é a difusão, na qual a absorção do nutriente cria uma depleção em volta da raiz, e os íons se difundem por gradiente de potencial químico até a superfície radicular (BARBER, 1984). Como a difusão de P no solo é mais limitante que a velocidade de absorção radicular, a eficiência de sua absorção está associada a maior produção de área radicular, e não a maiores volumes de influxo de P (ARAÚJO, 2000). Assim, segundo Araújo, Teixeira e Almeida (1996), a absorção de P em solos de baixa fertilidade está associada ao crescimento radicular e à eficiência de absorção. Observa-se, na Figura 10, que a aplicação do fósforo no sulco de semeadura, o mais próximo do sistema radicular, favoreceu o acúmulo de P nos grãos do feijoeiro, corroborando Rosolem (1996).

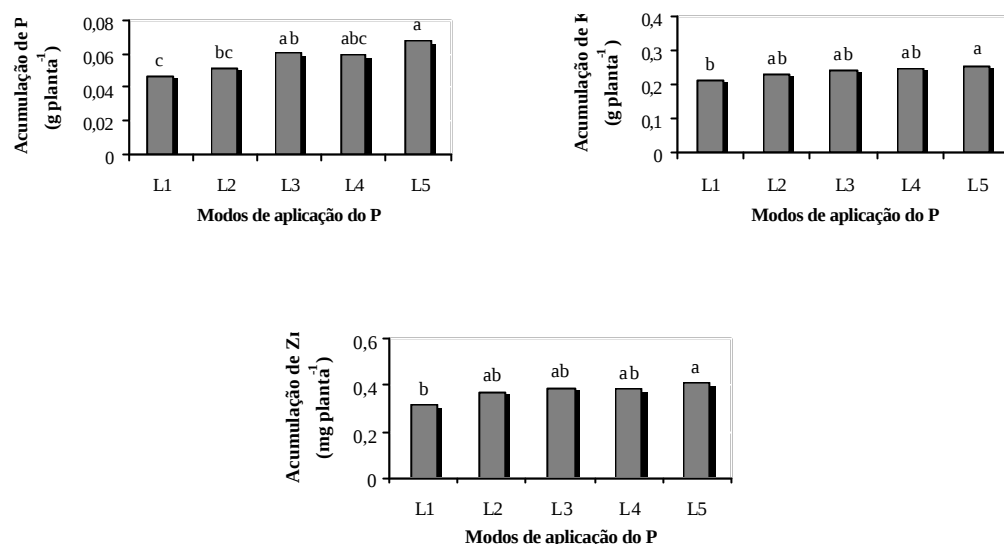


Figura 10. Acumulação de P, K e Zn nos grãos de feijão em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.2.3 Cálcio e cobre

A acumulação de Ca e Cu nos grãos de feijão, não apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade em função das diferentes doses (Tabela 6), dos diferentes modos de aplicação do fósforo no solo (Tabela 7) e da interação.

Tabela 6. Acumulação de Ca e Cu nos grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Doses de P	Ca	Cu
mg dm ⁻³	g planta ⁻¹	mg planta ⁻¹
50	0,02	0,07
100	0,02	0,07
200	0,03	0,06
400	0,03	0,08
F	1,35 ^{ns}	1,55 ^{ns}
C.V.(%)	49,16	28,51

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para as doses.

Segundo Fageria, Barbosa Filho e Stone (2004), a acumulação de um nutriente é utilizada como parâmetro de extração daquele nutriente no solo, indicando a redução da fertilidade do solo. Além disso, a acumulação de um determinado nutriente

também serve como indicador da quantidade absorvida durante os estádios de crescimento da cultura. Quando se considera apenas a semente, os nutrientes mais exigidos são o nitrogênio e o fósforo, seguidos pelo enxofre, potássio, magnésio e cálcio (ARF, 1994).

Para produzir uma tonelada de grãos do Cultivar Pérola seria necessária acumulação de 2 kg de Ca e 4 g de Cu. Alguns autores afirmam que seria necessária acumulação de 7,9 kg de Ca e 11,4 g de Cu (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2004); de 3,14 kg de Ca (OLIVEIRA; THUNG, 1988); e 6 kg de Ca e 11 g de Cu (FAGERIA; SANTOS, 1998).

Tabela 7. Acumulação de Ca e Cu nos grãos de feijão em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Modos de aplicação do P*	Ca	Cu
	g planta ⁻¹	mg planta ⁻¹
L1	0,02	0,07
L2	0,03	0,07
L3	0,02	0,07
L4	0,02	0,07
L5	0,02	0,07
F	1,07 ^{ns}	0,20 ^{ns}
C.V.(%)	49,16	28,51

(*) L1 = 100% do P incorporado; L2 = 75% do P incorporado e 25% no sulco; L3 = 50% do P incorporado e 50 % no sulco; L4 = 25% do P incorporado e 75% no sulco; L5 = 100% do P no sulco.

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para os diferentes modos de aplicação do P.

6.3 Teor de proteína nos grãos de feijão

O teor de proteína do grão de feijão não apresentou diferença significativa diante das diferentes doses, dos diferentes modos de aplicação do fósforo no solo e da interação (Tabela 8). Contudo, mesmo não havendo diferença significativa, o maior teor de proteína foi encontrado nos tratamentos que receberam a menor dose de P no solo. Zucareli (2005) também não encontrou diferença significativa no teor de proteína do feijão Carioca precoce em função de diferentes doses de fósforo aplicadas no solo, mas os maiores valores foram verificados na ausência e na menor dose de adubação fosfatada (23,43 % e 23,07 % de proteína em função de 0 e 30 kg de P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente). As porcentagens obtidas por Zucareli (2005) estão próximas das porcentagens do presente experimento; e acima dos 19,7% obtidos por Ramos Júnior (2002), no mesmo cultivar.

Moraes e Angelucci (1971, apud ARF, 1994), utilizando 12 cultivares de feijão, encontraram uma variação de 21,5 a 28,3% no teor de proteína, enquanto Sgarbieri (1987), utilizando 150 cultivares de feijão, verificou que o teor de proteína bruta variou de 19,0 a 34,0 %, tendo apresentado como média 25%.

Tabela 8. Teores de proteína no grão de feijão em função de doses e modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

Doses de P	Proteína	Aplicação do P*	Proteína
mg dm ⁻³	%		%
50	23,6	L1	23,4
100	23,0	L2	23,3
200	23,1	L3	22,8
400	23,5	L4	24,1
		L5	22,8
F	0,41 ^{ns}	F	1,06 ^{ns}
CV(%)	8,80	CV(%)	8,80

(*) L1 = 100% do P incorporado; L2 = 75% do P incorporado e 25% no sulco; L3 = 50% do P incorporado e 50 % no sulco; L4 = 25% do P incorporado e 75% no sulco; L5 = 100% do P no sulco.

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para as doses e os modos de aplicação do P.

6.4 Componentes de produção

6.4.1 Número de vagens por planta

O número de vagens por planta aumentou significativamente em função do aumento das doses e dos diferentes modos de aplicação do fósforo no solo, mas não obteve diferença significativa com a interação. O número de vagens por planta cresceu com o aumento da dose de fósforo aplicada (Figura 11) e o maior número de vagens por planta obtidas foi de 12,8 na maior dose aplicada (400 mg dm⁻³). O número de vagens por planta não variou muito em relação aos resultados encontrados por Zagonel (1997), que, estudando o cultivar IAC Carioca, no cultivo das “águas”, no campo, obteve um número médio de 12,3 vagens por planta em função de diferentes profundidades de aplicação de NPK, na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Zucareli (2005), estudando o cultivar Carioca Precoces, no cultivo das “águas”, em função de doses de P₂O₅ aplicadas no solo, encontrou 13,2 vagens por planta na maior dose de aplicação do fósforo (150 kg ha⁻¹) e um número significativamente menor para o tratamento que não recebeu P no solo. Fageria,

Barbosa Filho e Stone (2003) afirmam que o P participa de vários processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas, influenciando o número de vagens por planta. Efeito favorável da adubação fosfatada sobre o número de vagens por planta do feijoeiro também foi verificado por Zucareli et al. (2003).

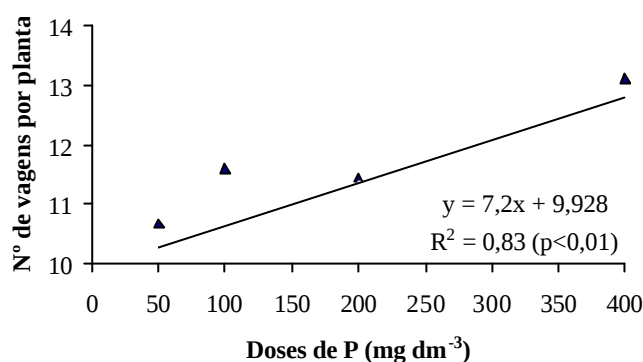


Figura 11. Número de vagens por planta em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Para Ramalho, Santos e Zimmermann (1993) o componente com maior participação na produtividade de sementes do feijoeiro e com maior potencial no processo seletivo é o número de vagens por planta. Entre os componentes de produção, o número de vagens por unidade de área contribui mais para o aumento da produtividade do feijão do que quaisquer outros parâmetros (FAGERIA; BARBOSA FILHO; STONE, 2003).

Os modos de aplicação do fósforo L3, L4 e L5 (Figura 12) promoveram quase similarmente os maiores números de vagens por planta quando comparado com o L1. Sendo assim, os maiores números de vagens por planta foram encontrados quando 50% ou mais de 50% da dose de fósforo utilizada foi aplicada no sulco. Com o objetivo de verificar o efeito de doses e da localização do fertilizante fosfatado sobre o estado nutricional e a produção de bulbos de alho vernalizado, Büll et al. (2004) constataram que a localização do fertilizante fosfatado influenciou a produção de bulbos das plantas de alho. Dessa forma, as maiores produções de bulbos foram obtidas nos tratamentos que receberam 50% da dose do fertilizante fosfatado no sulco de plantio e 50% incorporado ao solo, assim como nos tratamentos que receberam 75% da dose no sulco e 25% da dose de fósforo incorporada ao solo; as produções desses tratamentos foram superiores àquela obtida com a aplicação total no

sulco de plantio. Esse resultado se deve, provavelmente, ao sistema radicular do alho (fasciculado), que, ao contrário do sistema radicular do feijoeiro, possui uma eficiência maior de absorção do nutriente.

Stone e Silveira (2005) obtiveram dados relativos à produtividade do Cultivar Pérola e seus componentes ao longo de cinco anos, em um experimento sobre preparo do solo e rotação de culturas, tendo o número máximo de vagens obtidas por planta de 21, quando a população de plantas foi menor que 240.000 plantas ha⁻¹. Ressalta-se, neste caso, a importância de se considerar o número de plantas por metro quadrado na comparação dos componentes da produção, pois, à medida que se diminui o número de plantas, os demais componentes tendem a aumentar, principalmente o número de vagens por planta (ZAGONEL, 1997).

Ramos Júnior (2002), verificando o comportamento de cultivares de feijão do grupo comercial carioca, cultivados na época das “águas” no município de São Manuel (SP), visando selecionar aqueles com melhor potencial produtivo, obteve um número médio de 14 vagens por planta no cultivar Pérola.

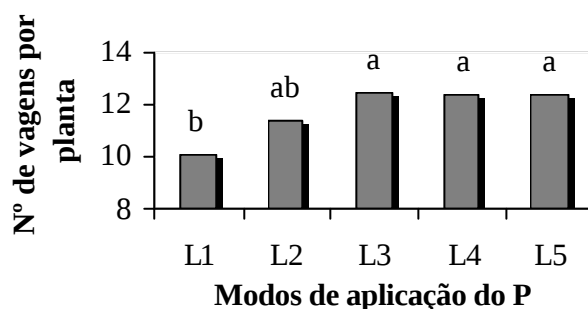


Figura 12. Número de vagens por planta em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.4.2 Número de grãos por planta

As diferentes doses de fósforo aplicadas nos vasos aumentaram significativamente o número de grãos produzidos por cada planta (Figura 13). O aumento no

número de grãos foi linear com o aumento da dose aplicada, obtendo-se o maior número de grãos por planta (52,0) na maior dose de P utilizada (400 mg dm⁻³).

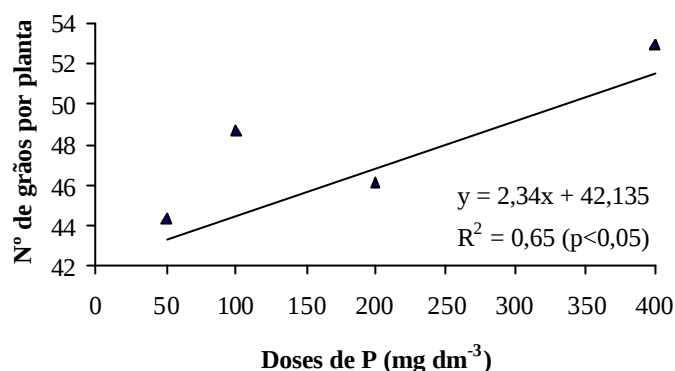


Figura 13. Número de grãos por planta em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Ramos Júnior (2002) verificando o comportamento de cultivares de feijão do grupo comercial Carioca, no campo, visando selecionar aqueles com melhor potencial produtivo, obteve um número médio de 77,3 grãos por planta no cultivar Pérola. Segundo Stone e Silveira (2005), o número máximo de 62,2 grãos por planta de feijoeiro, cultivar Pérola, é obtido quando o número de plantas é constante abaixo da população de 225.000 plantas ha⁻¹.

Não houve diferença significativa a 5% de probabilidade no número de grãos por planta em função dos diferentes modos de aplicação do fósforo (Figura 14) e da interação.

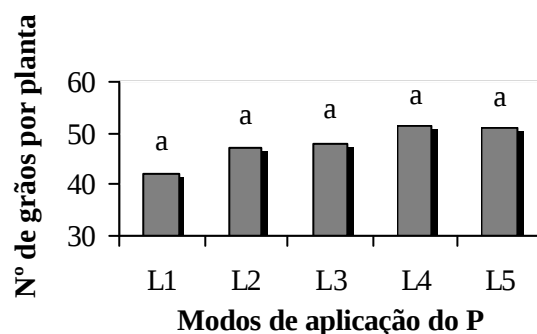


Figura 14. Número de grãos por planta em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.4.3 Número de grãos por vagem

As diferentes doses (Tabela 9), os diferentes modos de aplicação do fósforo (figura 15) e a interação não influenciaram significativamente, a 5% de probabilidade, o número de grãos obtidos por vagem. O trabalho apresentado por Zucarelli (2005) mostra efeito significativo no número de sementes por vagem, do cultivar Carioca Precoce, cultivado no período das “águas”, em função de doses de P aplicadas no solo.

Tabela 9. Números de grãos por vagem em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Doses de P	Nº de grãos vagem ⁻¹
mg dm ⁻³	
50	4,15
100	4,22
200	4,06
400	4,07
F	0,50 ^{ns}
CV(%)	11,88

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade para doses de P.

Zagonel (1997) estudando o cultivar IAC Carioca no cultivo das “águas”, no campo, obteve um número médio de 5,14 grãos por vagem em função de diferentes profundidades de aplicação do adubo. Já, no período das “secas”, o número foi de 4,80. Isto mostra que o número médio de grãos por vagem encontrados por Zagonel (1997) não variou muito em relação ao encontrado no presente experimento. Ramos Júnior (2002) obteve 5,5 grãos por vagem no cultivar Pérola, quando verificou o comportamento de cultivares de feijão do grupo comercial Carioca.

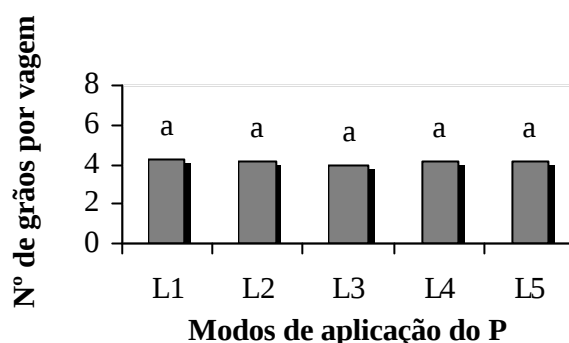


Figura 15. Número de grãos por vagem em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.4.4 Massa de 100 grãos

A massa de 100 grãos apresentou diferença significativa em função das doses de fósforo (Figura 16), mas não apresentou diferença em função dos modos de aplicação do fósforo (Figura 17) e da interação. Houve um aumento linear na massa de 100 grãos com o aumento da dose de fósforo aplicada no solo. Neste caso, a maior dose (400 mg dm^{-3}) foi a que aumentou mais a massa dos grãos (35,3 g). Porém, como não foi obtida a máxima produtividade com a maior dose de P aplicada, não se pode determinar o intervalo entre a produção máxima e mínima. Mesmo na menor dose e em todos os modos de aplicação do fósforo, a massa de 100 grãos foi adequada para o cultivar Pérola do presente experimento. Zucareli (2005) não obteve diferença significativa no peso de 100 sementes, do cultivar Carioca Precoce, em função de doses de P aplicadas no solo, encontrando uma massa de 23,72 g na maior dose de P aplicada.

Vidal e Junqueira Neto (1982) obtiveram aumento na massa de 100 sementes, em dois cultivares de feijão, em função da adubação fosfatada. Ramos Júnior (2002) obteve 28,5 g na massa de 100 grãos do cultivar Pérola.

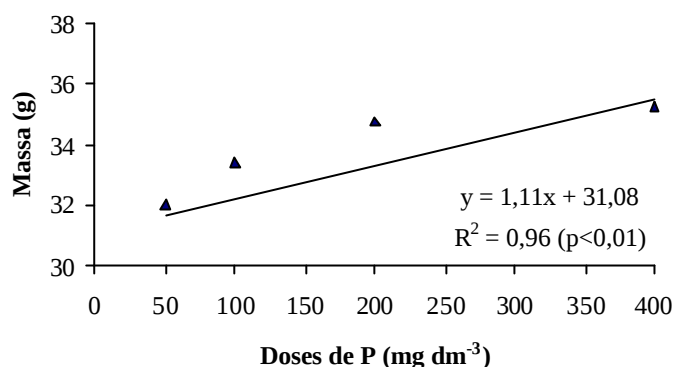


Figura 16. Massa de 100 grãos de feijão em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

A massa de 100 grãos considerada adequada é de 26g (PREZZOTTO, 2004/2005). Segundo Costa e Vieira (2000), com base em informações obtidas junto aos comerciantes e produtores, o tamanho preferencial dos grãos deve ser maior ou igual ao do cultivar Cariquinha, para os grãos do tipo Carioca, com a massa de 100 grãos, de no mínimo, 24g.

Zagonel (1997) estudando o cultivar IAC Carioca no cultivo das “águas”, no campo, obteve, em média, uma massa de 100 grãos de 19,7 g em função de diferentes profundidades de aplicação do adubo e, no cultivo das “secas”, uma massa de 20,5 g.

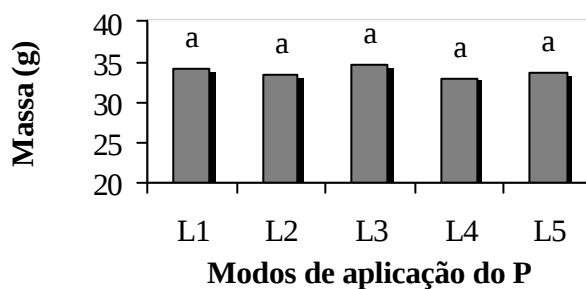


Figura 17. Massa de 100 grãos de feijão em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.4.5 Massa dos grãos por planta

A produção de feijoeiro resulta da combinação de vários componentes, como a quantidade de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa dos grãos. Obtém-se a produção máxima quando todos esses componentes alcançam o seu nível máximo (FAGERIA, 1989).

A massa dos grãos modificou significativamente em função das doses (Figura 18), mas, não modificou em função dos modos de aplicação do fósforo (Figura 19) e da interação. A massa dos grãos por planta aumentou linearmente com o aumento das doses de P aplicadas. Zucareli (2005) obteve um aumento linear na produtividade de sementes em função de doses de P aplicadas. Miranda et al. (2000) encontraram aumentos na produção de grãos até a maior dose avaliada e irrigação adequada.

Carvalho et al. (1995) desenvolvendo um experimento em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar resposta do feijoeiro a diferentes doses de fósforo em diferentes solos, aumentou significativamente a produção de grãos com o aumento da dose aplicada em todos os tipos de solo.

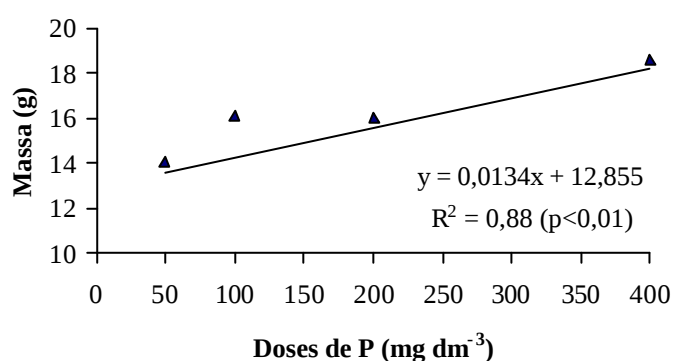


Figura 18. Massa dos grãos de feijão por planta em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

Verifica-se, entretanto, que, mesmo na menor dose e em todos os modos de aplicação do fósforo (Figura 19), o cultivar apresentou alto potencial de rendimento, com produtividade média de 16g de grãos por planta. O máximo rendimento possível com o P disponível no solo foi de aproximadamente 18,5 g por planta. Contudo, em virtude de não se

ter obtido a máxima produtividade com a maior dose de P aplicada (Figura 18), não se pode determinar o intervalo entre a produção máxima e mínima e assim estimar grau de limitação do P no solo.

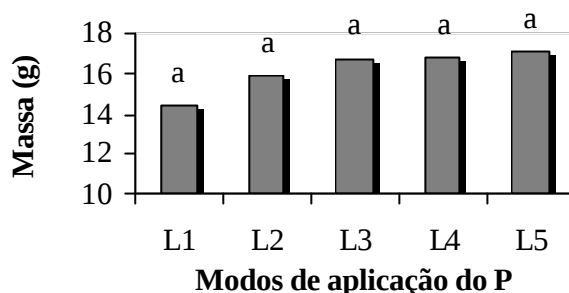


Figura 19. Massa dos grãos de feijão por planta em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

6.5 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras

Em condições de suprimento adequado de macro e micronutrientes, é possível obter sementes maiores, mais uniformes, mais densas, com menor incidência de danos de pragas e doenças, menor número de sementes chochas, com maior potencial de armazenamento, dentro dos limites da variedade e das condições climáticas predominantes (SÁ, 1994).

As diferentes doses de P aplicadas nos tratamentos alteraram significativamente a porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 13 e 12 (Figura 20). Enquanto a porcentagem dos grãos na peneira 13 aumentou linearmente com o aumento da dose de P aplicada no solo, a porcentagem dos grãos na peneira 12 diminuiu, mostrando um aumento no tamanho dos grãos, com o aumento da dose. Não foi possível determinar a melhor dose, pois o aumento da porcentagem dos grãos na peneira 13 não atingiu o ponto máximo, necessitando de doses maiores para a definição da dose ideal.

A porcentagem dos grãos retidos nas peneiras 11, 10 e fundo não apresentou diferença significativa em função de doses de P aplicadas no solo (Figura 20). Nota-se que o somatório das porcentagens dos grãos retidos nessas peneiras menores não

alcançou 5%, resultando em grãos maiores e uniformes, 97% em peneiras 13 e 12, quando a maior dose de fósforo foi aplicada.

Os diferentes modos de aplicação de fósforo e a interação não influenciaram significativamente a porcentagem de grãos retidos nas peneiras 13, 12, 11, 10 e fundo (Figura 21). Nota-se que, na média de todos os modos de aplicação do fósforo, 87% dos grãos colhidos ficaram retidos na peneira 13, o que demonstra o potencial do cultivar e a adequação das doses aplicadas.

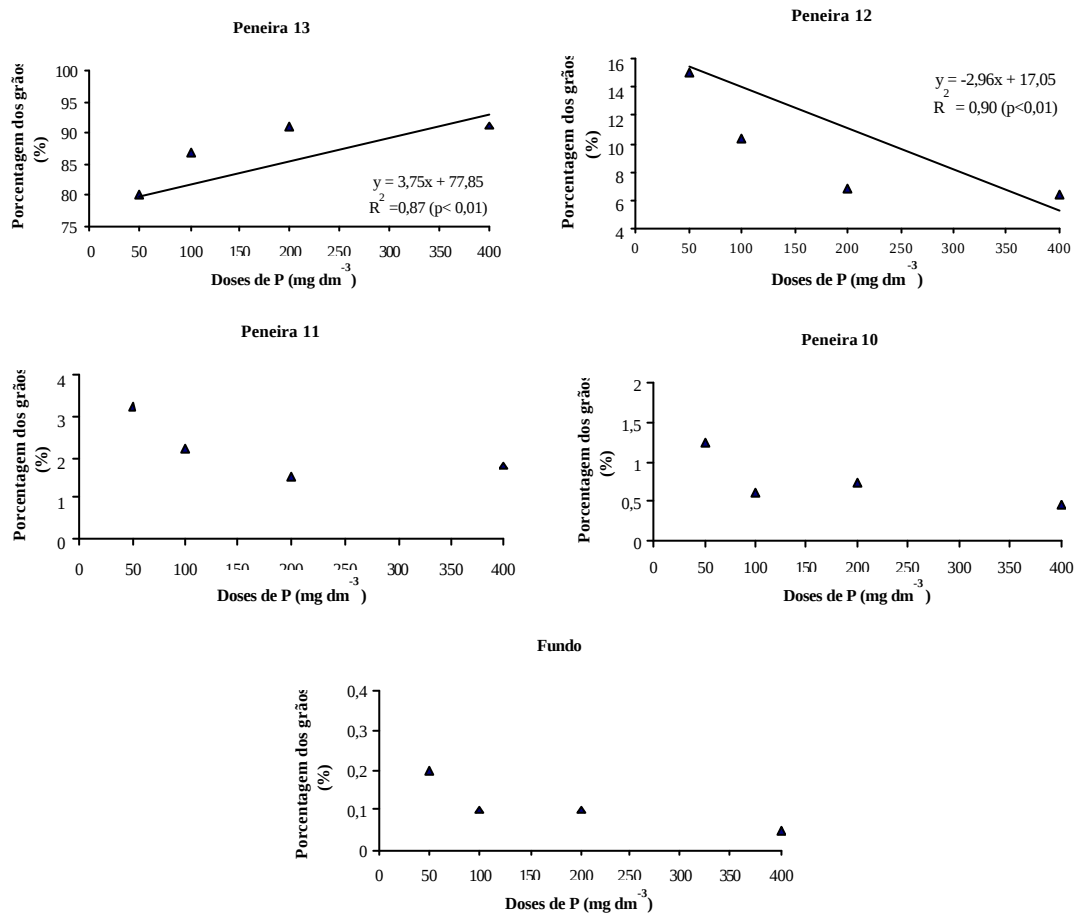


Figura 20. Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 13, 12, 11, 10 e fundo, em função de doses de fósforo aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2005.

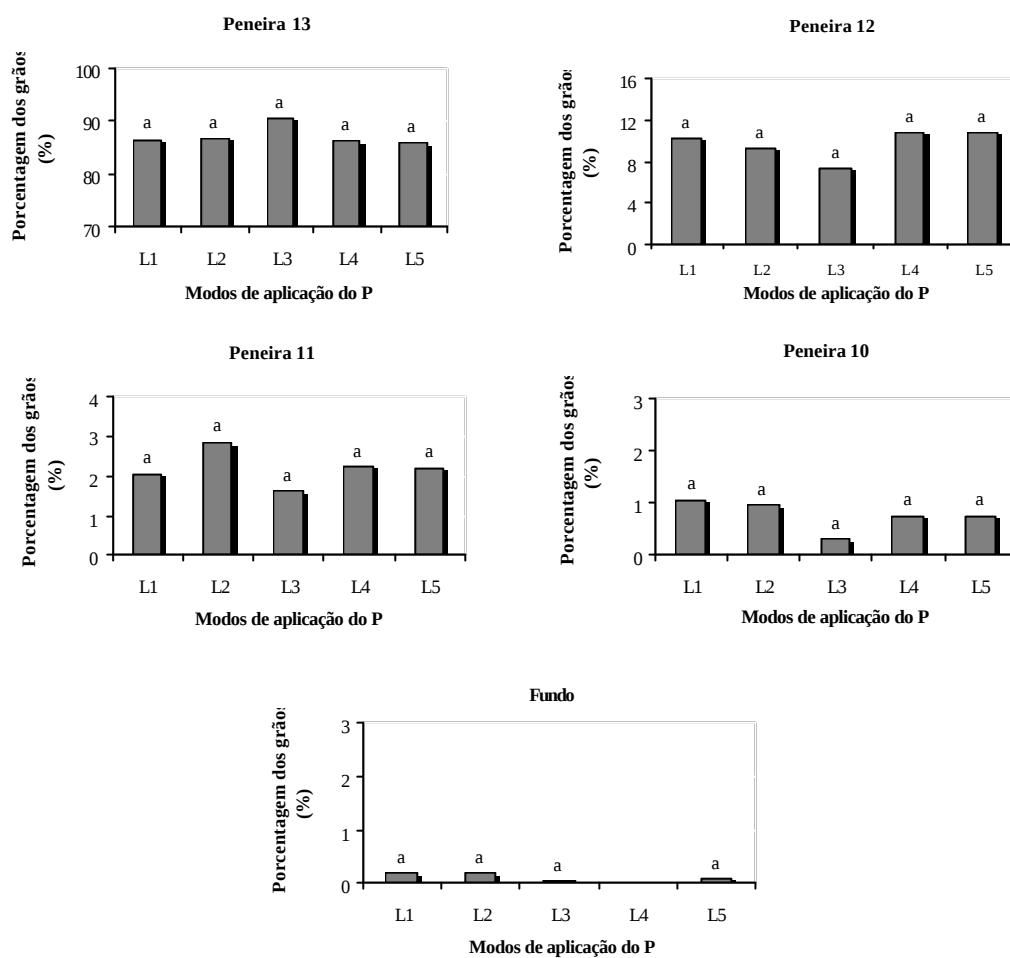


Figura 21. Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 13, 12, 11, 10 e fundo, em função dos modos de aplicação do fósforo no solo. Botucatu/SP, 2005.

7 CONCLUSÕES

Os teores de P nas folhas diferiram significativamente em função da interação de doses e modos de aplicação de fósforo no solo. Os maiores teores de P foram obtidos quando 100% da maior dose de fósforo utilizada (400 mg dm^{-3}) foi aplicada no sulco. Os modos de aplicação do P no solo modificaram significativamente os teores de K, Mg, B e Mn nas folhas do feijoeiro. O aumento da dose de P promoveu incremento no teor de Mn.

A acumulação de P e K nos grãos de feijão aumentou com o aumento da dose de P aplicada no solo. A acumulação de Zn alcançou seu ponto máximo na dose de $350 \text{ mg de P dm}^{-3}$. A menor acumulação dos três nutrientes ocorreu quando 100% da dose de P utilizada foi incorporada ao solo. O aumento da dose de P aplicada no solo aumentou significativamente a acumulação de N, Mg, S, B, Fe e Mn nos grãos.

O teor de proteína não foi alterado significativamente com as doses e os modos de aplicação do P.

O número de vagens por planta, o número de grãos por planta, a massa de 100 grãos e a massa dos grãos por planta aumentaram significativamente com o aumento da dose de P aplicada no solo.

O tamanho e a uniformidade dos grãos aumentaram com a dose de P, tendo mais de 87% dos grãos ficado retidos na peneira 13.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2004. 496p.

AGRIANUAL: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2005. 520p.

AMARAL, F. A. L.; REZENDE, H. E. C. de; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; MALAVOLTA, E. Exigências de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da ESA. “Luis de Queiroz”**, v.37, p. 223-39, 1980.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. **C. Boletim técnico do Instituto Agronômico: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997, 194-195.

ANDRADE, M. J. B. de; KIKUTI, H.; MORAIS, A. R. de; CARVALHO, J.G. de. Teores de Micronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 18 a 20 de outubro de 2005. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005. p. 1097-1101.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington: Association of official analytical chemists inc., 1990. 684p.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. Variações ontogenéticas no crescimento radicular e na absorção de fósforo em genótipos de feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996. Goiânia. **Resumos expandidos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1996. p.115-17.

ARAÚJO, A. P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 163-203.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; LIMA, E. R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.183-189, 2002.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E. de; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233-255.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Wiley-Interscience, 1984. 398p.

BONSER, A. M.; LYNCH, J. P.; SIEGLINDE, S. **Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris***. New Phytologist, v. 132, p. 281-288, 1996.

BRASIL. Ministério da agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, Serviço Nacional de Defesa Agropecuária/CLAV. 1992.365p.

BÜLL, L. T.; COSTA, M. C. G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BOAS, R. L. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Sci Agric**, Piracicaba (sept./Oct.), v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

CARVALHO, A. M.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p. 61-67, 1995.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R., PACOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”**. Botucatu, 1983. 95p. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

COSTA, J. G. C. da; VIEIRA, N. R. de A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 51-64.

FAGERIA, N. K. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. **Tropical Agriculture**, v.66, p.249-55, 1989.

FAGERIA, N. K. Common Bean and Cowpea. In: FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. L. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. p. 441-492.

FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.128-131, 1998.

FAGERIA, N. K; SANTOS, A. B. dos. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.124-127, 1998.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijão a adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: POTAFÒS, n.102, p.8-9, 2003.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2004. p. 435- 455.

FAN, M.; ZHU, J.; RICHARDS, C.; BROWN, K. M.; LYNCH, J. P. Physiological roles of aerenchyma in phosphorus-stressed roots. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 493-506, 2003.

FOHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal requirement and P uptake efficiency of different plant species. **Plant and Soil**, v. 110, p.101-109, 1988.

GRANT, C. A.; PLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, POTAFÒS, n.95, 2001. p.1-5.

GRASSI FILHO, H. **Nutrição mineral de plantas (apostila)**. Disciplina do curso de pós-graduação em Nutrição Mineral de Plantas. FCA/UNESP, Botucatu, 2003.p.157.

HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v.26, p.381-91, 1967.

HIROCE, R.; GALLO, J. R.; MASCARENHAS, H. A. A. Análise foliar em feijoeiro. II – Diagnose da adubação fosfatada. **Bragantia**, v.29 (nota nº 2), p.7-12, 1970.

HOLFORD, I. C. R. **Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants.**

Australian. Journal of Soil Research, v.35, p.227-39, 1997.

IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados IEA** Disponível em:

<<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em: 16 jan. 2006, 13:20:20.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M. J. B. de; CARVALHO, J. G. de; MORAES, A. R. de. Teores de Macronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 18 a 20 de outubro de 2005. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005. p. 1093-1096.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade Nutricional. In: ARAUJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.23-45.

LYNCH, J.; LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Science**, v. 31, p. 380-87, 1991.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e Aplicações. Piracicaba: Patafós, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos/função dos nutrientes na planta. In: SÁ, M. E. de; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 19-43.

MARTINS, D. **Classificação climática – Botucatu (SP)**. Botucatu: Departamento de Ciências Ambientais. Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 2003. Não paginado.

MIRANDA, L. N. de; AZEVEDO, J. A. de; MIRANDA, J. C. C. de; GOMES, A. C.

Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de irrigação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, 2000.

MIRANDA, L. N. de; AZEVEDO, J. A. de; MIRANDA, J. C. C. de; GOMES, A. C.

Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 37, n. 11, p.1621-1627, nov. 2002.

MORALES-GARZON, F. J. **Importância sócio-econômica del fríjol em la América Latina**.

Palmira: CIAT, 2000.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa**

responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 39-54.

NIELSEN, K. L.; MILLER, C. R.; BECK, D.; LYNCH, J. P. Fractal Geometry of root

system: Field observations of contrasting genotype of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different phosphorus regimes. **Plant and Soil**, v. 206, p.181-90, 1999.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In:

OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA; Secretaria de Administração Estratégica, 1991. p.189-253.

OLIVEIRA, I. P. de; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, I. P.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O.

Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós, 1996. p.169-221.

OLIVEIRA, I. P. de; THUNG, M. D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.;

ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**.

Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. 589p.

PARRA, M. S.; MIRANDA, G. M. Uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Uso de fertilizantes na agricultura**. Londrina, 1980. p.55-60. (Circular,16).

PREZZOTTO. **Cultivares de feijão 2004/05**. Xanxerê, [2005]. Não paginado.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química da fertilidade dos solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 1993. 271p.

RAMOS JÚNIOR, E. U. **Componentes do rendimento, qualidade de sementes e características tecnológicas em cultivares de feijoeiro**. 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

RAMOS JÚNIOR, E. U. **Extração de nutrientes e comportamento do cultivar de feijão carioca precoce em função de níveis de fósforo e épocas de semeadura**. 2006. 141p. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

RODRIGUEZ, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, v.200, p.227-40, 1998.

ROSOLEM, C.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: BULISANI, E. A. **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 89-161.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: **Seja o doutor do seu feijoeiro**. Arquivo do Agrônomo – Nº 7. Piracicaba: Potafós, 1994. 10 p.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, I. P.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.353-390.

ROSTON, A. J. **Feijão**. Campinas: CATI, 1990. 18p. (Boletim Técnico, 199).

RUIZ, H. A. **Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois latossolos**. 1986. 86f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/ Solos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.65-98.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisol and Ultisols in tropical America. **Adv. Agronomy**. v. 34, p. 279-406, 1981.

SGARBIERI, V. C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987, p. 257-326.

SILVA, R. J. S.; VAHL, L. C. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litólico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Agroc.**, v.8, n.2, p.129-132, 2002.

SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.63-67,1990.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Limites de competição dos componentes da produtividade da cultivar de feijoeiro Pérola. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 18 a 20 de outubro de 2005. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005. p. 827-830.

VIDAL, L. S.; JUNQUEIRA NETO, A. J. Efeito da densidade de plantas e de doses de fósforo sobre algumas características de duas cultivares de feijão. **Ciência Prática**. V.6, n.2, p.195-207, 1982.

VIEIRA, C.; BOREM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijão. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 274-349.

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.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75p.

ZAGONEL, J. **Produtividade e componentes da produção de duas cultivares de feijão em função da profundidade de aplicação de adubo**. 1997. 104f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

ZUCARELI, C. et al. Componentes de produção e produtividade de sementes de feijão cv. IAC Carioca em função da adubação fosfatada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003. 1 CD ROM.

ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada, produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro CV. Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã.** 2005. 183f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

ZUPPI, M.; MENTEN, J. O. M.; FERREIRA-LIMA, L. C. S.; RABALHO, A. A.; FRARE, V. C. Produtos fitossanitários utilizados no feijoeiro no Brasil: Evolução e situação atual. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 18 a 20 de outubro de 2005. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005. p. 1261-1269.