

# POPULAÇÕES DE PLANTAS E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM UM SOLO DE BAIXA FERTILIDADE<sup>1</sup>

ANTONIO BARBARA DE SOUZA<sup>2</sup>  
MESSIAS JOSÉ BASTOS DE ANDRADE<sup>3</sup>  
JOEL AUGUSTO MUNIZ<sup>4</sup>  
RICARDO PEREIRA REIS<sup>5</sup>

**RESUMO** – Com o objetivo de definir o número de plantas por área e o nível de adubação e calagem para o feijoeiro em um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico de baixa fertilidade natural, foram conduzidos três experimentos de campo em Lavras - MG (safras das águas 1997/98, seca 1998 e águas 1998/99). Nos dois primeiros experimentos foi utilizada a cultivar Pérola e adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições e arranjo fatorial 4x4 envolvendo quatro populações (120, 180, 240 e 300 mil plantas.ha<sup>-1</sup>) e quatro níveis de adubação e calagem (0, 1/3, 2/3 e 3/3 das doses de fertilizantes e calcário recomendadas para o nível 2 de tecnologia pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – 5ª aproximação). No terceiro experimento, conduzido no mesmo delineamento, o arranjo fatorial foi 2x4x4, envolvendo duas cultivares (Pérola e Carioca), quatro populações (100, 200, 300 e 400 mil plantas.ha<sup>-1</sup>) e quatro níveis de adubação e calagem (0, 1/2, 2/2 e 3/2 das doses recomendadas). Em todos os experimentos foi avaliado o rendimento de grãos,

sendo os dados submetidos à análise de variância por experimento, realizando-se ainda a análise conjunta dos dois primeiros e a análise de regressão, quando pertinente. Os dados da safra das águas 1998/99 foram também submetidos a uma avaliação econômica. Pelos resultados pode-se concluir que, no intervalo de 100 a 400 mil plantas, o incremento da população de plantas resultou em produtividades equivalentes, não se revelando estratégia adequada para condução da cultura em solo de baixa fertilidade. Na safra das águas, o incremento dos níveis de adubação e calagem elevou a produtividade, sendo o rendimento máximo obtido com quantidades de calcário e fertilizantes correspondentes a 1,34 vez as doses de referência empregadas e a máxima eficiência econômica obtida com quantidades desses insumos equivalentes às das doses de referência (20 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O + 30 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, mais a quantidade de calcário indicada pelo método da saturação por bases).

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Densidade populacional, fertilização, acidez do solo, *Phaseolus vulgaris* L.

## PLANT POPULATIONS AND LEVELS OF FERTILIZATION AND LIMING FOR THE COMMON BEAN CROP (*Phaseolus vulgaris* L.) IN A LOW FERTILITY SOIL

**ABSTRACT** – With a view to defining the plant number per area and level of fertilization and liming for the bean crop in a natural low fertility soil (distrophic Red Yellow Podzolic), three field experiments were undertaken in Lavras-MG (summer 1997/98, summer-fall 1998 and

summer 1998/99 seasons). In the two first experiments the cultivar Pérola was utilized and the experimental randomized block design with four replications and 4x4 factorial arrangement, involving four populations (120, 180, 240, 300 mil plants.ha<sup>-1</sup>) and four levels of fertilization and liming (0, 1/3, 2/3 and 3/3 of the recommended doses of fertilizers and limestone for the 2nd level of technology by the Soil Fertility Commission of the State of Minas Gerais – 5th approximation). In the third experiment, conducted in the same design, the factorial arrangement was 2x4x4, involving two cultivars (Pérola and Carioca), four populations (100, 200, 300 and 400 mil plants.ha<sup>-1</sup>) and four levels of fertilization and liming (0, 1/2, 2/2 and 3/2 of the recommended doses). In all experiments the grain yield was evaluated, the data being submitted to variance analysis by experiment, and also to joint analysis of the first two and to regression analysis, when pertinent. The data of the water crop 1998/99 were also submitted to an economic evaluation. From the results it can be concluded that, in the interval of 100 to 400 mil plants, the increase in plant population resulted in equivalent productivities, not revealing an adequate strategy for the culture in low fertility soil. In the water crop, the increase in the levels of fertilization and liming raised the productivity, the maximum yield being obtained with quantities of limestone and fertilizers corresponding to 1.34 times the reference doses employed and the maximum economic efficiency obtained with quantities of these inputs equivalent to the reference doses (20 kg.ha<sup>-1</sup> of N, 80 kg.ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg.ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O + 30 kg.ha<sup>-1</sup> of N in coverage, plus the quantity of limestone indicated by the saturation method).

1. Parte da tese de doutorado em Fitotecnia apresentada pelo primeiro autor à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), Caixa Postal 37 – 37200.000 – Lavras, MG, com apoio financeiro da FAPEMIG.

2. Engenheiro Agrônomo, Professor da Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, (UEPG).

3. Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor Adjunto do Departamento de Agricultura da UFLA, bolsista do CNPq.

4. Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor Titular do Departamento de Ciências Exatas da UFLA.

5. Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor Titular do Departamento de Administração e Economia da UFPA.

and 300 thousand plants.ha<sup>-1</sup>) and four levels of fertilization and liming (0, 1/3, 2/3 and 3/3 of the doses of fertilizers and limestone recommended to level 2 of technology by the Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – 5<sup>th</sup> approach) was adopted. In the third trial conducted in the same design, the factorial arrangement was 2x4x4 involving two cultivars (Pérola and Carioca), four populations (100, 200, 300 and 400 thousand plants.ha<sup>-1</sup>) and four levels of fertilization and liming (0, 1/2, 2/2 and 3/2 of the recommended doses). In all the trials, grain yield was evaluated. The data were submitted to the individual variance analysis per trial still being accomplished both the joint analysis of the two first trials and regression analysis when relevant.

The data of the summer 1998/99 season were also submitted to economic evaluation. The results enabled to conclude that in the interval of 100 to 400 thousand plants, the increase of the plant population resulted into equivalent yields, but the increased levels of fertilization and liming resulted into higher yields. In the summer season, the maximum yield was obtained from amounts of limestone and fertilizers corresponding to 1.34 as high as the reference dose employed, but the maximum economical efficiency was obtained from amounts of these inputs equivalent to those of the reference dose (20 kg.ha<sup>-1</sup> of N, 80 kg.ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg.ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O + 30 kg.ha<sup>-1</sup> of N in covering, plus the amount of limestone calculated by the base saturation method).

**INDEX TERMS:** Populational density; soil acidity, fertilization, *Phaseolus vulgaris* L.

## INTRODUÇÃO

A produção nacional de feijão situa-se em torno de 2,2 milhões de toneladas anuais, com uma área colhida de 3,3 milhões de hectares e produtividade de 656 kg.ha<sup>-1</sup> (Anuário..., 1999). Muitos fatores determinam essa baixa produtividade do feijoeiro, incluindo desde problemas políticos até problemas técnicos, que englobam geração, difusão e aplicação de conhecimentos (Rosolem, 1987). Dentre os fatores de ordem técnica, o emprego racional de fertilizantes e o uso de populações de plantas adequadas à realidade socioeconômica e edafoclimática podem ser alternativas importantes para amenizar o problema. Por causa da sua inter-relação, esses fatores devem ser, preferencialmente, estudados em conjunto, mas a literatura é relativamente escassa neste aspecto.

O Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA, 1982) recomenda, para a cultura, o espaçamento de 0,5 m entre linhas, com distribuição de 10 a 15 sementes por metro correspondendo a populações de 200 a 300 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. Segundo Faria (1980), as melhores produções obtidas experimentalmente ocorrem quando são usados espaçamentos de 0,40 a 0,60 m entre linhas e densidade de 10 a 15 plantas.m<sup>-1</sup>, que equivale a populações de 166.666 a 375.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. É preciso deduzir que tais recomendações devem ser acompanhadas de um conjunto de melhorias no ambiente da cultura, principalmente adubação e calagem, o que distoia da realidade da maioria dos agricultores. É muito freqüente observar o emprego de populações menores (Vieira *et al.*,

1988). Além disso, trata-se de sugestões muito genéricas, com variações de 50 a 125% entre os extremos das populações recomendadas.

Trabalhos de pesquisa (Vieira *et al.*, 1987; Vieira *et al.*, 1988) visando à caracterização de sistemas agrícolas predominantes entre pequenos e médios agricultores na região centro-sul do Paraná, grande produtora de feijão, revelaram que: a) mais de 80% das áreas nos estabelecimentos foram cultivados com milho e feijão, solteiros ou consorciados, em solos de baixa aptidão agrícola; b) o feijão era cultivado como cultura de renda, visando basicamente à comercialização; c) havia emprego de subdosagens ou ausência de fertilizantes e calcário na maioria das áreas cultivadas; d) o pousio era usado como forma de recuperar a fertilidade natural dos solos; e e) a população média era de 141 mil feijoeiros.ha<sup>-1</sup>, com produtividade equivalente à média do Estado na época da realização do diagnóstico.

Em Lavras, Silva (1985) estudou os efeitos de três fórmulas de fertilizantes N-P-K (10-45-20, 20-90-40 e 40-180-80) e três populações (180, 260 e 340 mil plantas.ha<sup>-1</sup>) sobre três cultivares de feijão (Manteigão Fosco 11, CNF 010 e Carioca), durante a época da “seca”. Verificou que em todas as cultivares o rendimento de grãos, seus componentes e a altura das plantas foram significativamente superiores com as maiores doses de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, e que o aumento da população de plantas reduziu os valores dos componentes de rendimento em todas as variedades, não se verificando efeitos significativos das interações.

Investigando a resposta de cultivares de feijão de hábitos I, II e III a espaçamentos de plantio e níveis de adubação NPK, Lima (1982) concluiu que o rendimento de grãos foi influenciado pelos níveis de adubação em duas safras, águas e seca, e pela interação espaçamentos x níveis de adubação no período das “águas”.

Em ensaios de adubação NPK (0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a quantidade recomendada com base nos resultados das análises de solo) e espaçamentos (0,30; 0,40; 0,50 e 0,60 m entre fileiras) no outono-inverno irrigado, em solos argilosos de boa fertilidade natural da zona da Mata de Minas, Pachêco (1993) concluiu que, em geral, o rendimento de grãos aumentou com o incremento das doses de fertilizantes, independentemente do espaçamento, e que o número de vagens.ha<sup>-1</sup> foi o componente que mais contribuiu para o rendimento da cultura.

Estes últimos trabalhos, apesar de abordarem os dois fatores, adubação e população de plantas, e suas possíveis interações, foram conduzidos em solos de boa fertilidade natural e bem corrigidos, não podendo extrapolar os resultados para outras condições de solos menos férteis e mal corrigidos, o que é muito comum entre os agricultores. Por outro lado, não se trata da relação custo/benefício, de forma a saber sobre a rentabilidade ou sustentabilidade da atividade.

Pelo fato de o feijoeiro ser cultura de alto risco (mercado e clima adversos), muitas vezes os agricultores, descapitalizados, não se dispõem a maiores investimentos. Assim, a cultura carece de estudos indicativos para os diversos extratos de agricultores e sistemas existentes, na busca dos pontos de equilíbrio entre fatores de produção que propiciem máxima produtividade de forma social e economicamente apropriada. São poucos os trabalhos que abordam essa questão, buscando avaliar as inter-relações desses fatores de produção em ambientes pouco ou não melhorados.

Com este trabalho objetivou-se estudar, em três safras (águas 1997/98, seca 1998 e águas 1998/99), populações de plantas e níveis de adubação e calagem para as cultivares Pérola e Carioca, em solo de baixa fertilidade natural.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos de campo, dois na safra das “águas” (1997/98 e 1998/99) e um na safra da seca/1998 (Figuras 1 e 2), em um Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) distrófico de textura média e baixa

fertilidade natural (Tabela 1) do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

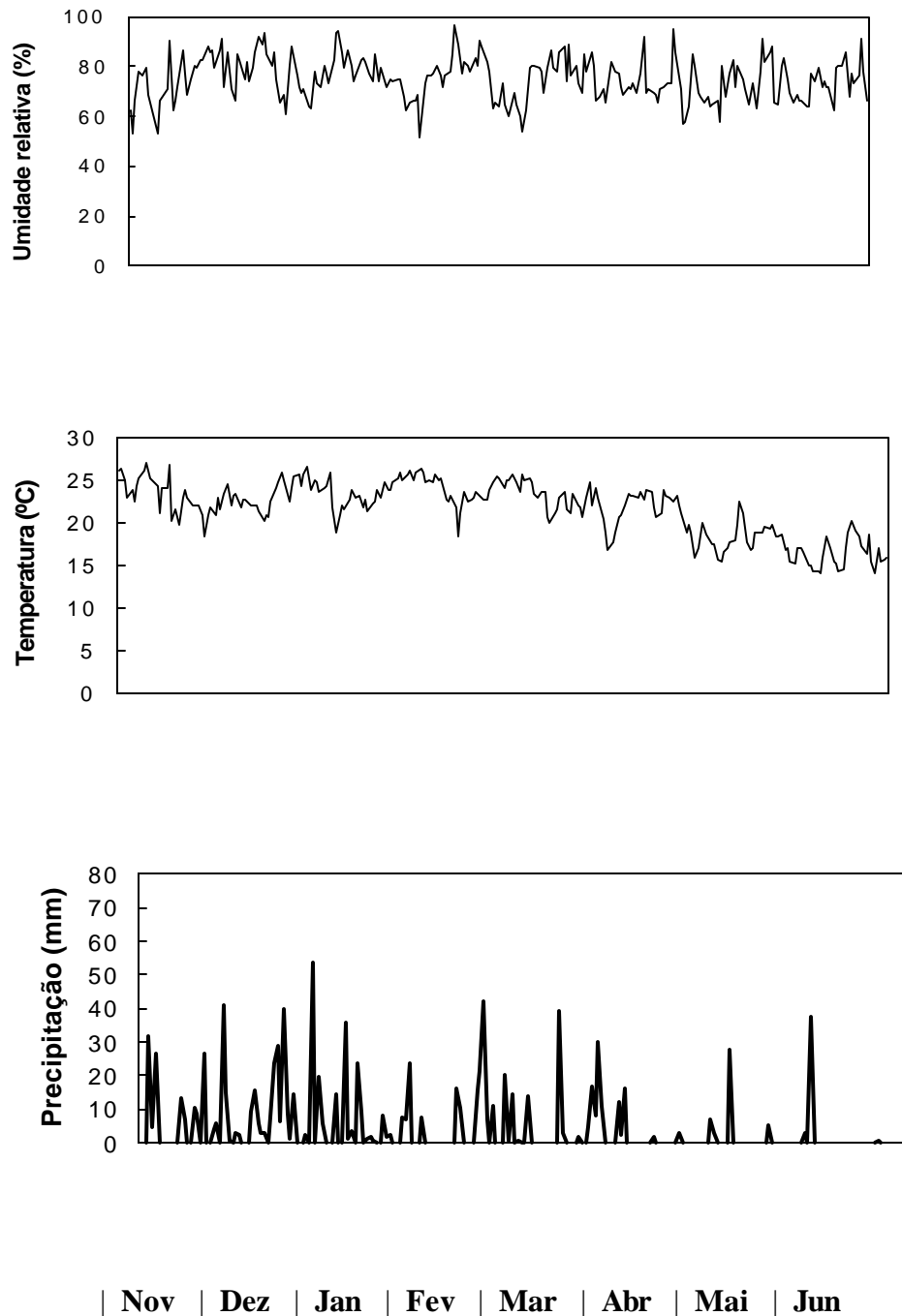
O delineamento experimental dos dois primeiros experimentos foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 4, com 4 repetições, totalizando 64 parcelas. Os tratamentos foram constituídos por quatro populações (120, 180, 240 e 300 mil plantas.ha<sup>-1</sup>) e quatro níveis de adubação e calagem (0, 1/3, 2/3 e 3/3 das doses de fertilizantes e calcário recomendadas para o nível 2 de tecnologia pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - 5ª aproximação). No terceiro experimento, utilizou-se o mesmo delineamento no arranjo fatorial 2x4x4, com 4 repetições, envolvendo duas cultivares (Pérola e Carioca) com 4 populações (100, 200, 300 e 400 mil plantas.ha<sup>-1</sup>) e 4 níveis de adubação e calagem (0, 1/2, 2/2 e 3/2 das doses recomendadas).

A necessidade de calagem foi determinada pelo método da elevação da saturação por bases (Rajj, 1981) para 70%, e o calcário dolomítico utilizado revelou PRNT = 98,87%, 99,64% de reatividade, 36,45% de CaO e 18,14% de MgO.

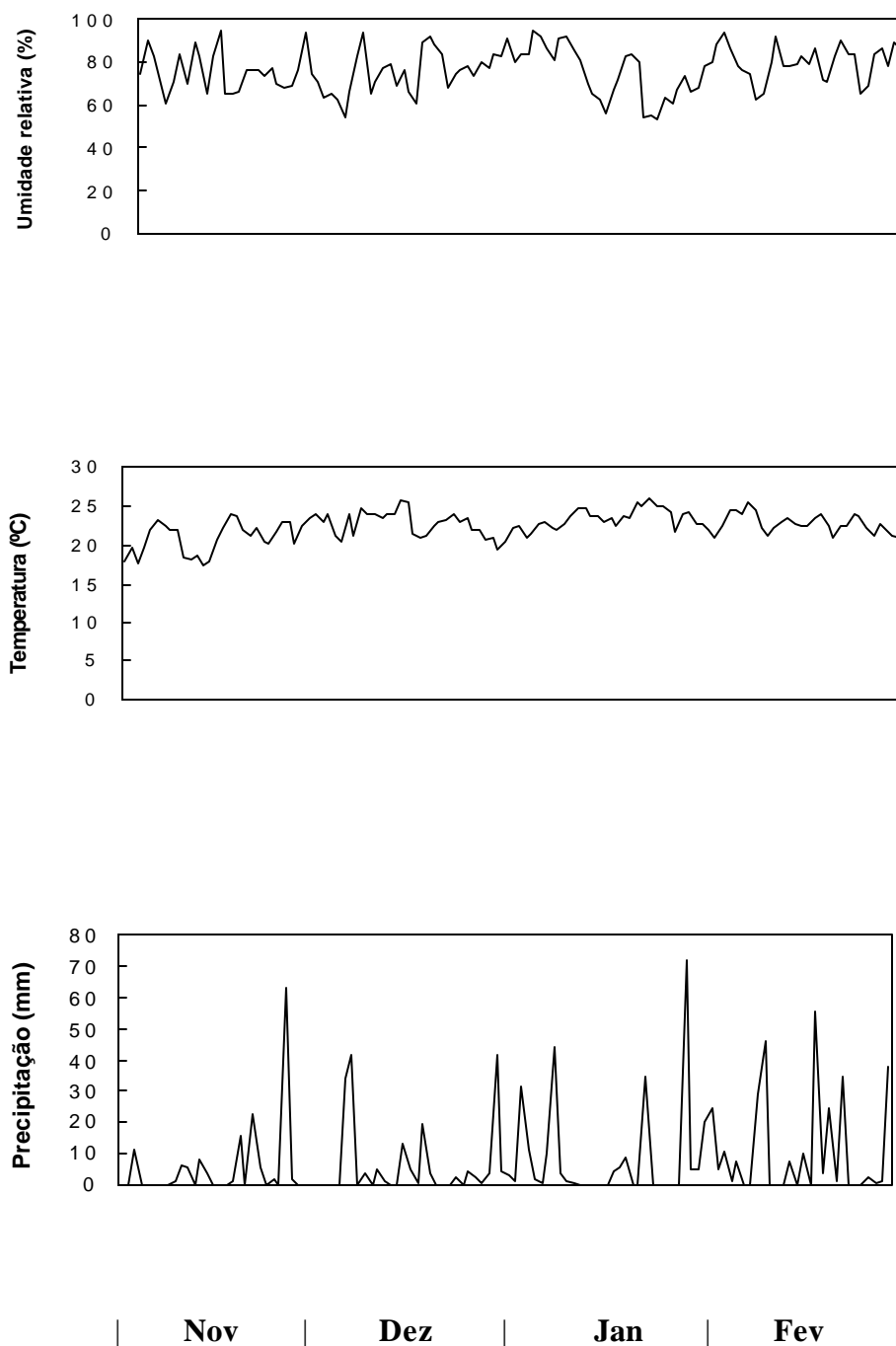
As doses de adubação de referência foram as explicitadas por Vieira (1998) para o nível 2 de tecnologia no plantio, ou seja, 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O nível 2 em questão corresponde a lavouras submetidas à calagem, adubação, uso de sementes fiscalizadas, controle fitossanitário e controle mecânico de plantas invasoras, com produtividade esperada de 1200 a 1800 kg.ha<sup>-1</sup> (Vieira, 1998). Utilizaram-se os fertilizantes sulfato de amônio (20% de N), superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O).

A cultivar Pérola, utilizada nos dois primeiros ensaios, possui grão tipo carioca (cor creme e estrias marrons), hábito de crescimento indeterminado II/III (semiereto a prostrado), ciclo normal e resistência à mancha-angular, ferrugem e mosaico-comum e é recomendada para Minas Gerais (EMBRAPA, 1997). No terceiro ensaio, foi utilizada, além da cultivar Pérola, a tradicional cultivar Carioca, a qual foi selecionada em lavoura comercial no Estado de São Paulo e vem sendo recomendada desde 1980, sendo considerada padrão de comercialização para o tipo de grão carioca. Possui hábito III (indeterminado prostrado), ciclo normal e resistência ao mosaico-comum (EMBRAPA, 1997).

Cada parcela foi constituída de quatro fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, perfazendo 10m<sup>2</sup> de área total. Como área útil foram consideradas as duas fileiras centrais, ou 5m<sup>2</sup>.



**FIGURA 1** – Variação diária da temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, período de novembro de 1997 a junho de 1998 (Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras-MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET).



**FIGURA 2** – Variação diária da temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, período de novembro de 1998 a fevereiro de 1999 (Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras-MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET).

**TABELA 1** – Resultados das análises química e granulométrica de amostras do solo (PV, horizonte Ap) utilizado para os experimentos (0-20cm de profundidade). UFLA, Lavras - MG, 1997/99<sup>(1)</sup>.

Características	Águas 97/98	Seca 98	Águas 98/99
pH (em água 1: 2,5)	4,6AcE	4,8 AcE	4,7 AcE
P – Mehlich (mg.dm <sup>-3</sup> )	9,0 B	4,3 B	3,0B
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	55,0 M	33,0 B	33,0B
Ca (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,3 B	1,1 B	0,9B
Mg(cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,6 M	0,6 M	0,4B
Al(cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,6 M	0,6 M	0,9M
H+Al – ac. potencial (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	6,3 A	6,3 A	6,3A
S – soma de bases (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,0 B	1,8 B	1,4B
t – CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,6 M	2,4 B	2,3B
T – CTC a pH 7 (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	8,3 M	8,1 M	7,7M
m – saturação de Al (%)	23,0 M	25,0 M	39,1M
V - saturação por bases (%)	24,0 MB	22,0 MB	18,2MB
Matéria orgânica (dag/kg)	1,9M	2,3M	1,7M
Areia (%)	51	53	51
Limo (%)	13	15	15
Argila (%)	36	32	34
Necessidade de calcário, em t.ha <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	3,86	3,96	4,03

<sup>(1)</sup> Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS/UFLA), e interpretação de acordo com a Comissão..., 1989. AcE=acidez elevada, A = teor alto, M=teor médio, B=teor baixo; MB= teor muito baixo (Comissão..., 1989).

<sup>(2)</sup> Calculada para elevar a saturação por bases para 70%.

Nos sulcos de semeadura foi aplicado o inseticida organofosforado sistêmico forate, incorporando-o junto com o fertilizante. As plantas foram mantidas livres de invasoras através de cultivo manual aos 28 dias, na safra das águas, e aos 40 dias, na da seca.

Foi avaliado o rendimento de grãos, determinado pela pesagem do total dos grãos obtidos na parcela útil após a trilha de todas as plantas nela existentes e corrigido para 13% de umidade. Após a tabulação dos dados, procedeu-se à análise de variância conjunta para os dois primeiros experimentos e à análise de variância individu-

al para o terceiro, empregando-se o sistema de análise SISVAR (FERREIRA, D.F. SISVAR. Sistema para Análise de Variância. 1998 (Programa de análise de dados não publicado), versão 3.01. Nos casos de significância de um fator ou da interação, recorreu-se à análise de regressão (Banzato & Kronka, 1992), representando as equações pelas curvas. No caso de efeitos significativos de cultivares, as médias foram comparadas pelo teste de F a 1% de probabilidade.

Os resultados do ensaio das águas 1998/99 foram submetidos ainda a uma avaliação econômica com

base nos custos do fertilizante mais calcário, considerando-se as demais despesas como comuns a todos os tratamentos. Essa avaliação baseou-se na estimativa dos seguintes parâmetros correspondentes a cada dose de fertilizante mais calcário: custo efetivo do fertilizante mais calcário, produtividade de grãos, renda bruta e margem bruta. Considerou-se como custo efetivo o produto do preço do fator variável no ensaio (fertilizante e calcário) pela quantidade a ser aplicada. Assim, neste estudo, o custo efetivo do fertilizante mais calcário foi obtido multiplicando-se os preços unitários desses insumos (levantados no mercado local de Lavras – MG no mês de fevereiro de 2000) pelas quantidades que seriam efetivamente gastas em cada tratamento para um hectare de lavoura. A produção de grãos correspondente a cada dose dos insumos foi estimada pela equação de regressão ajustada, e foi expressa em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . A renda bruta, que consiste no produto entre o preço e a quantidade produzida para cada dosagem a ser aplicada foi expressa em  $\text{R}\$. \text{ha}^{-1}$ , e calculada com base no preço da saca de feijão no mercado de Lavras, em fevereiro de 2000. Finalmente, a margem bruta foi estimada, para cada tratamento, com base no modelo matemático  $\text{MB} = P_y Y - P_{x_1} X_1 - P_{x_2} X_2$ , em que  $\text{MB}$  = margem bruta ( $\text{R}\$. \text{ha}^{-1}$ );  $P_y$  = preço do feijão ( $\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$ );  $Y$  = produção de feijão ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );  $P_{x_1}$  = preço do fertilizante ( $\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$ );  $X_1$  = dosagem de fertilizante ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ );  $P_{x_2}$  = preço do calcário ( $\text{R}\$. \text{kg}^{-1}$ );  $X_2$  = dosagem de calcário ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo das análises de variância é apresentado na Tabela 2. Verifica-se que os valores do coeficiente de variação foram compatíveis com os normalmente obtidos com essa variável em ensaios conduzidos na região (Abreu *et al.*, 1994). Nas duas primeiras safras, o rendimento de grãos não foi afetado pelas populações, mas o foi pelas safras, adubações e pela interação desses dois fatores. Na safra das águas 98/99, essa variável foi influenciada apenas pelas adubações (Tabela 2).

A produtividade alcançada nas águas 97/98,  $1464 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Tabela 3), foi superior à média estadual nessa safra, que se situa em torno de  $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Santos & Braga, 1998). Para esse comportamento acima da média, as condições climáticas mais favoráveis que as da seca, principalmente maior disponibilidade hídrica (Figura 1), foram, certamente, decisivas.

O rendimento de grãos obtido nas duas primeiras safras não foi afetado pelas populações de plantas (Tabela 2), o que pode ser confirmado observando-se

as médias da Tabela 3. Isso significa que, no intervalo de 120 a 300 mil plantas. $\text{ha}^{-1}$ , o aumento da população não foi suficiente para alterar o rendimento de grãos. Esse resultado confirma outros anteriores, como os discutidos por Fernandes (1987), os quais evidenciam a existência de grande plasticidade entre os componentes primários do rendimento do feijoeiro, resultando em razoável capacidade de compensação, que se traduz, na prática, na obtenção de produtividades equivalentes com diferentes populações.

Na safra das águas 97/98, quando as condições climáticas foram mais propícias ao feijoeiro (Figura 1), detectou-se efeito significativo dos crescentes níveis de adubação e calagem sobre o rendimento de grãos. A relação entre as duas variáveis foi descrita por uma equação do segundo grau (Figura 3), com ótimo ajuste aos dados (99%). Deve ser mencionado ainda que, nessa equação, não foi alcançado um ponto de máximo compreendido no intervalo estudado (até o nível 1) de adubação e calagem. Isso significa dizer que, para as condições daquela safra, o maior nível de adubação e calagem utilizado foi ainda insuficiente para se alcançar a máxima produtividade.

Na safra da seca 98, a ausência de resposta levou à não-significância da regressão, confirmando que condições ambientais limitantes (Figura 1) não permitiram que houvesse efeito dos crescentes níveis de adubação e calagem. Dentre essas condições, a baixa disponibilidade de água no solo impediu que houvesse resposta à adubação e à correção da acidez do solo.

O rendimento médio obtido na safra das águas 98/99 ( $1862 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) foi superior ao das águas 1997/98 e quase seis vezes superior ao da seca/98 (Tabela 3), igualando-se aos rendimentos médios normalmente observados na safra mineira de outono-inverno (Santos & Braga, 1998). Certamente, as boas condições climáticas, condicionando boa disponibilidade hídrica, contribuíram para isso. As cultivares Pérola e Carioca apresentaram rendimentos médios que não diferiram significativamente (Tabela 3).

Da mesma forma que nos ensaios anteriores (Tabela 3), o rendimento de grãos não foi influenciado significativamente pelas populações de plantas, mesmo em se tratando, neste último ensaio, de maior amplitude do número de plantas. $\text{ha}^{-1}$  (de 100 a 400 mil plantas). Ainda dentro desse intervalo, manifestou-se a compensação entre os componentes do rendimento, ou seja, embora tenha ocorrido maior número de plantas, essas provavelmente produziram número decrescente de vagens, resultando em produtividades equivalentes.

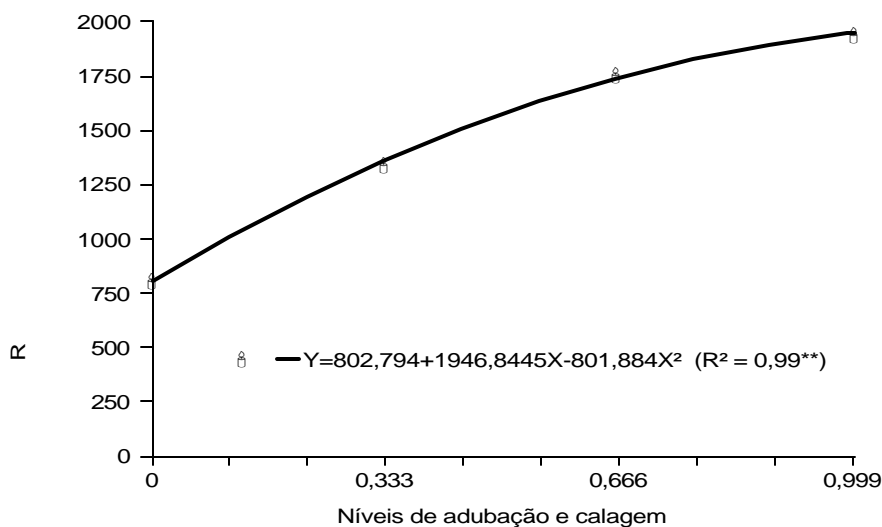
**TABELA 2** – Resumo das análises de variância dos dados de rendimento de grãos do feijoeiro nas safras das águas 1997/98 e seca 1998 (análise conjunta) e águas 1998/99. UFLA, Lavras, MG, 1997/98.

Águas 1997/98 e seca 1998 - Análise Conjunta			Águas 1998/99		
Causa de variação	GL	QM	Causa de variação	GL	QM
Bloco/safra	6	245335,0	Bloco	3	249869,4
Safra(S)	1	41887649,6**	Cultivar(C)	1	255777,0
Adubação(A)	3	2228552,2**	Adubação(A)	3	11437027,3**
População(P)	3	17077,6	População(P)	3	194259,5
A x P	9	30457,7	C x A	3	51064,6
A x S	3	1845723,5**	C x P	3	200145,5
P x S	3	46437,0	A x P	9	45475,5
A x P x S	9	52441,3	C x A x P	9	40865,0
Erro	90	39507,9	Erro	93	132415,0
CV(%)	-	22,28	CV(%)	-	19,54

**TABELA 3** – Valores médios do rendimento de grãos do feijoeiro, em função das safras, cultivares, de níveis de adubação e calagem e populações de plantas. UFLA, Lavras - MG, 1997/99.

Águas 1997/98 e seca 1998		Águas 1998/99	
Tratamento	Rendimento de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )	Tratamento	Rendimento de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )
<b>Safras(*)</b>		<b>Cultivar(*)</b>	
Águas 97/98	1464	Pérola	1907
Seca 98	320	Carioca	1818
<b>Níveis de Adubação e Calagem</b>		<b>Níveis de Adubação e Calagem</b>	
0	548	0,0	1019
1/3	837	0,5	1863
2/3	1031	1,0	2224
1	1153	1,5	2339
<b>Populações(mil plantas.ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>Populações (mil plantas.ha<sup>-1</sup>)</b>	
120	863	100	1878
180	909	200	1932
240	884	300	1751
300	912	400	1889
Média	892	Média	1862





**FIGURA 3** – Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) do feijoeiro cv. Pérola em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras – MG, águas 1997/98. (0,33, 0,66 e 0,99 correspondem, respectivamente, a 1/3, 2/3 e 3/3 da necessidade de calagem-  $3,86 \text{ t.ha}^{-1}$  e das doses de fertilizantes-  $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N,  $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $20 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Também de forma coerente com os primeiros ensaios deste estudo, o aumento dos níveis de adubação e calagem elevou de forma quadrática o rendimento de grãos (Figura 4). A análise de regressão revelou, ainda, que a estratégia de se ampliar os níveis de adubação e calagem foi adequada, pois neste ensaio já foi possível detectar um ponto equivalente ao máximo rendimento de grãos, estimado com um nível de adubação e calagem equivalente a 1,34 vez a dose de referência. Deve ser lembrado que, na análise conjunta dos dois primeiros ensaios, essa estimativa estaria acima da dose máxima de referência utilizada naquela oportunidade.

Esse resultado evidencia ainda que em casos de solos de baixa fertilidade natural, como o do presente ensaio, a adubação a ser recomendada para o feijoeiro no nível 2 de tecnologia,  $20-80-30 + 30 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N em cobertura (Vieira, 1998), poderia ser aumentada em pelo menos 30% para que os máximos rendimentos fossem alcançados. A recomendação, entretanto, não poderá ser preconizada sem uma adequada análise sob o ponto de vista econômico.

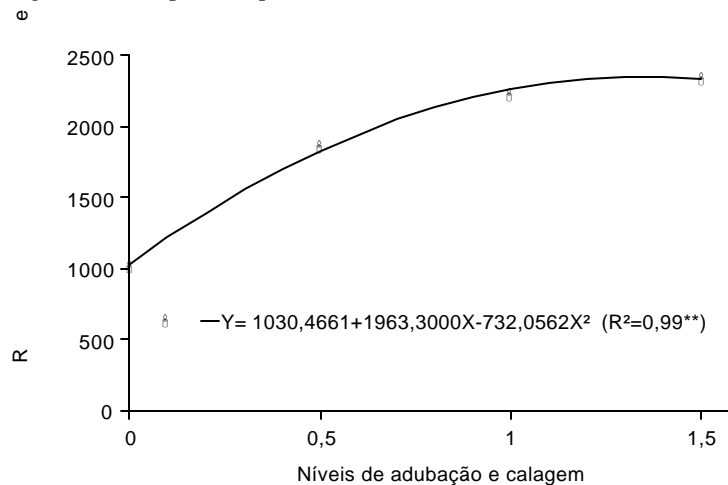
Conforme já mencionado, à exceção do consumo de fertilizante mais calcário, os demais custos operacio-

nais foram considerados comuns a todos os tratamentos. Partindo-se dessa pressuposição, o custo efetivo por hectare das doses de fertilizante mais calcário de cada tratamento do ensaio das águas 1998/99 é apresentado na Tabela 4, juntamente com a produção estimada, a renda bruta obtida, a margem bruta calculada e a diferença entre essa margem e a aquela referente à testemunha.

Deve-se ressaltar que o ponto de máxima eficiência física, ou seja, a dose de fertilizantes + calcário de 1,34 vez a de referência proporcionou a máxima produção, estimada em  $2346,81 \text{ kg.ha}^{-1}$  (Figura 4) e renda bruta equivalente a  $\text{R}\$1095,18.\text{ha}^{-1}$  (Tabela 4). Em relação à margem bruta, entretanto, verificou-se que o maior valor foi propiciado pela dose 1 ( $\text{R}\$782,14.\text{ha}^{-1}$ ), a qual superou aquela correspondente à dose 1,34 ( $\text{R}\$728,93.\text{ha}^{-1}$ ). Esse resultado confirma que a máxima eficiência física (ou técnica) não correspondeu à máxima eficiência econômica, e esta busca otimizar o uso de insumos, minimizando, ao mesmo tempo, os riscos de produção e comercialização.

Considerando, portanto, o aspecto econômico, apesar do maior rendimento propiciado pela dose 1,34, a dose de referência (dose 1,0) seria a mais adequada, in-

dicando, pelo menos nas condições prevaletentes no presente estudo, uma margem bruta superior àquela cor-



**FIGURA 4** – Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg/ha) do feijoeiro em função de níveis de adubação e calagem. UFLA, Lavras - MG, águas 1998/99. (0,5, 1,0 e 1,5 correspondem, respectivamente, a 1/2, 2/2 e 3/2 da necessidade de calagem- 4,03 t.ha<sup>-1</sup> e das doses de fertilizantes – 20 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

**TABELA 4** – Custo efetivo das doses de fertilizantes mais calcário, produção estimada, renda e margem bruta e diferença de margem em relação à testemunha. Águas 1998/99. UFLA, Lavras - MG, 1999

Especificação	Doses de fertilizante mais calcário				
	0	0,5	1,0	1,34	1,5
Custo fertilizante+calcário(R\$.ha <sup>-1</sup> )*	0	136,66	273,32	366,25	409,98
Produção estimada (kg.ha <sup>-1</sup> )	1030,47	1829,10	2261,71	2346,81	2328,29
Renda bruta (R\$.ha <sup>-1</sup> )**	480,89	853,58	1055,46	1095,18	1086,53
Margem bruta (R\$.ha <sup>-1</sup> )	480,89	716,92	782,14	728,93	676,55
Diferença de margem em relação à testemunha (R\$.ha <sup>-1</sup> )	0	236,03	301,25	248,04	195,66

\*Preços (R\$.kg<sup>-1</sup>) no mercado local de Lavras em fevereiro 2000 (sulfato de amônio: 0,30; superfosfato simples: 0,29; cloreto de potássio: 0,46 e calcário dolomítico: 0,022).

\*\*Cotação do feijão em Lavras, fevereiro de 2000: R\$ 0,467.kg<sup>-1</sup>.

De uma maneira geral, verificou-se que o aumento dos níveis de adubação e calagem resultou em maiores rendimentos de grãos, confirmando a importância dessas duas tecnologias para o aumento da produtividade da

cultura em solos de baixa fertilidade e validando, de certa forma, a dose de referência (dose 1) como adequada para recomendação aos agricultores.

À medida que se aumentou a população de plantas, o rendimento de grãos se manteve no mesmo patamar, evidenciando certa plasticidade (ou capacidade de compensação) da planta. De acordo com esse resultado, o incremento da população não se revela uma boa estratégia em solos de baixa fertilidade como o do presente trabalho, podendo-se preconizar, nessas situações, as populações normalmente recomendadas, em torno de 240 mil plantas.ha<sup>-1</sup>.

### CONCLUSÕES

a) O incremento da população de plantas não resultou em aumentos de produtividade, não se revelando uma estratégia adequada para a condução da cultura em solo de baixa fertilidade.

b) Os rendimentos máximos foram obtidos com quantidades de calcário e fertilizantes correspondentes a 1,34 vez a dose de referência empregada.

c) A máxima eficiência econômica foi obtida com doses desses insumos, por hectare, equivalentes às de referência (20 kg de N, 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 kg de K<sub>2</sub>O + 30 kg de N em cobertura, mais a necessidade de calcário calculada pelo método da saturação por bases).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.105-112, jan. 1994.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, v.59, 1999.

BANZATO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 4ª aproximação. Lavras, 1989. 176 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Cultivares de feijão recomendadas para**

**plantio no ano agrícola 1996/97**. Goiânia, 1997. 24 p. (Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão, 4).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Recomendações técnicas para a cultura de feijão com irrigação suplementar**. Goiânia, 1982. 21 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular técnica, 12).

FARIA, R.T. Espaçamento e densidade. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1980. p.25-26. (IAPAR. Circular técnica, 18).

FERNANDES, M.I.P.S. **Efeito da variação de estande dos experimentos com a cultura do feijoeiro**. 1987. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

LIMA, A.A. **Resposta de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamentos e níveis de adubação**. 1982. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PACHÊCO, R.G. **Efeitos de espaçamento e adubação sobre dois cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1993. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Potafos, 1981. 142 p.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93 p. (POTAFÓS. Boletim técnico, 8).

SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1998. p.19-53.

SILVA, D.B. **Efeitos de populações de plantas, adubação e variedades sobre a produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1985. 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

VIEIRA, A.M.; SOUZA, A.B.; FASIABEN, M.C.R.; MAN YU, C.; MIRANDA, M.; MARCHIORO, N.P.X.;

RODRIGUES, A.S.; MACHADO, M.L.S. **Caracterização dos sistemas de produção agrícolas predominantes na região Centro-Sul do Paraná.** Ponta Grossa: IAPAR/Polo, 1988. 327 p. Mimeografado.

VIEIRA, A.M.; SOUZA, A.B. de; MORETTO, A.C.; UBUCATA, I.F.; TORNERO, M.T. **Caracterização do quadro agrícola do município de Rio Azul, PR:** dia-

gnóstico preliminar voltado ao direcionamento das ações da pesquisa agrícola em sistemas integrados de produção. Londrina: IAPAR, 1987. 103 p.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão:** aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1998. p.123-151.