

DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NA CULTURA DO FEIJOEIRO E SUAS CORREÇÕES



Nand Kumar Fageria
Itamar Pereira de Oliveira
Leôncio Gonçalves Dutra

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA
 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO - CNPAF
Goiânia, GO

DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NA CULTURA DO FEIJOEIRO E SUAS CORREÇÕES

Nand Kumar Fageria
Itamar Pereira de Oliveira
Leôncio Gonçalves Dutra

EMBRAPA-CNPAF
Área de Publicações e Audiovisuais
Goiânia, GO
1996

EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 65.

Comitê de Publicações

Luis Fernando Stone (Presidente)

Pedro Marques da Silveira

Ricardo Silva Araujo

Luiz Roberto Rocha da Silva (Secretário)

Editoração

Marco Aurélio da Rocha Melo

Digitação

Fabiano Severino

Sinábio de Sena Ferreira

Programação Visual

Lauro Pereira da Mota

Sebastião José de Araújo

Normalização Bibliográfica

Ana Lúcia D. de Faria

Tiragem: 2.000 exemplares.

FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de; DUTRA, L.G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. 40p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 65).

ISSN 0100-8382

1. Feijão - Deficiência Nutricional. 2. Feijão - Solos - Cerrado. 3. Feijão - Solos - Várzea. I. OLIVEIRA, I.P. de, colab. II. DUTRA, L.G., colab. III. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). IV. Título. V. Série.

CDD 635.65289

© EMBRAPA, 1996

APRESENTAÇÃO

A cultura do feijoeiro possui importância especial no País, tanto do ponto de vista econômico como social, compondo a dieta básica da população brasileira. Devido à baixa fertilidade dos solos brasileiros em geral, onde se conduzem plantios de feijão, o uso adequado de calagem e a adubação exercem papel importante no aumento da produtividade desta cultura, junto com outros fatores de produção. Desde que o adubo é um insumo caro e um dos fatores de produção que mais contribuem para o aumento da produtividade, é de fundamental importância seu uso racional.

A utilidade prática deste trabalho está no seu uso como instrumento orientador da avaliação do estado nutricional do feijoeiro. A informação que apresenta pode ser usada para identificar ou verificar problemas nutricionais da cultura do feijoeiro, de forma que a deficiência de nutrientes, no plantio atual ou futuro, possa ser corrigida.

Esta publicação foi elaborada por pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), da EMBRAPA, para produtores, professores e estudantes de agronomia, pesquisadores, extensionistas e outros profissionais interessados no assunto tratado e espera-se que seja de grande valia aos seus leitores.

Homero Aidar
Chefe do CNPAF

DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NA CULTURA
DO MILHO DE TERNETOS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. LIMITAÇÕES QUÍMICAS DOS SOLOS DE CERRADO E DE VÁRZEA	8
3. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS	11
4. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA E SUAS CORREÇÕES	12
4.1. NITROGÊNIO	13
4.2. FÓSFORO	14
4.3. POTÁSSIO	17
4.4. CÁLCIO	22
4.5. MAGNÉSIO	24
4.6. ENXOFRE	25
5. MICRONUTRIENTES	26
5.1. ZINCO	26
5.2. BORO	28
5.3. FERRO	28
5.4. COBRE	30
5.5. MANGANÊS	30
5.6. MOLIBDÊNIO	31
5.7. CORREÇÃO	31
6. CALAGEM	33
7. DIAGNOSE FOLIAR	35
8. COMENTÁRIO FINAL	36
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NA CULTURA DO FEIJOEIRO E SUAS CORREÇÕES

Nand Kumar Fageria¹
Itamar Pereira de Oliveira²
Leôncio Gonçalves Dutra²

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa, em nível mundial, aproximadamente, 13 milhões de hectares, com uma produção anual de 9 milhões de toneladas (Singh, 1992). Para o Brasil, além de seu caráter econômico, o feijão é um produto de alto significado social, plantado em 5,5 milhões de hectares, com uma produção anual em torno de 3,3 milhões de toneladas.

O cultivo do feijoeiro está concentrado nos trópicos e subtropicais da América Latina (46,7%), na África, região ao sul do Saara (24,1%), na América do Norte (11,6%), na Europa (10,4%) e na Ásia e África do Norte (6,5%) (Singh, 1992). Na América Latina, o Brasil e o México são os maiores produtores e, também, os maiores consumidores.

A produtividade média mundial de feijão está em torno de 570 kg/ha, enquanto a nacional é de, aproximadamente, 609 kg/ha.

¹ Pesquisador, Ph.D., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, 74001-970 Goiânia, GO.

² Pesquisador, Dr., EMBRAPA-CNPAP.

Várias razões podem ser destacadas para explicar esta baixa produtividade: 1) a cultura do feijoeiro é tida como de alto risco, por sua extrema suscetibilidade às variações climáticas e ao ataque de pragas e doenças; 2) número insuficiente de trabalhos de pesquisa na área de Melhoramento, em comparação com outras culturas, como arroz, trigo, milho e soja; 3) a cultura tem ciclo relativamente curto (≈ 90 dias), tendendo a diminuir sua produtividade com a redução do ciclo, em condições ambientais normais; 4) os grãos contêm alto teor de proteína (20%), o que obriga a planta a direcionar a absorção e uso de energia para a produção de proteína, em detrimento da produtividade; e 5) instabilidade na fixação de N_2 , aumentando a dependência da cultura do N inorgânico, para suprimento de suas necessidades.

Entretanto, em trabalhos de pesquisa realizados no País, constataram-se produtividades médias superiores a 2.000 kg/ha (Fageria & Souza, 1995). Isso significa que existem possibilidade e potencial para se aumentar a produtividade, se forem adotadas tecnologias apropriadas. O uso adequado de adubação e calagem, associado à irrigação, são fatores decisivos para modificar esta situação. Os objetivos deste trabalho são apresentar e descrever os sintomas de deficiência nutricional para auxiliar no diagnóstico dos problemas nutricionais da cultura do feijoeiro e sugerir métodos apropriados para suas correções.

2. LIMITAÇÕES QUÍMICAS DOS SOLOS DE CERRADO E DE VÁRZEA

A baixa fertilidade dos solos de cerrado é bastante conhecida. Esses solos possuem teores extremamente baixos de fósforo, cálcio, magnésio, nitrogênio, potássio, zinco e boro. Além de pouco férteis, os solos de várzea são extremamente ácidos, com problemas de toxicidade de alumínio e, em certos casos, de manganês. Quando se analisa a produção relativa do feijoeiro em resposta à aplicação de nutrientes no solo de cerrado, observa-se (Figura 1) que P é o nutriente que mais limita a produtividade da leguminosa, seguido pelo

Ca, Mg, B e Zn (Fageria, 1994). Em solo de várzea, comparando-se a importância relativa dos nutrientes N, P e K na produção de feijão, pôde-se concluir que aqui, também, o nutriente mais limitante é o P, seguido por N e K (Figura 2), conforme Baligar & Fageria (1996).

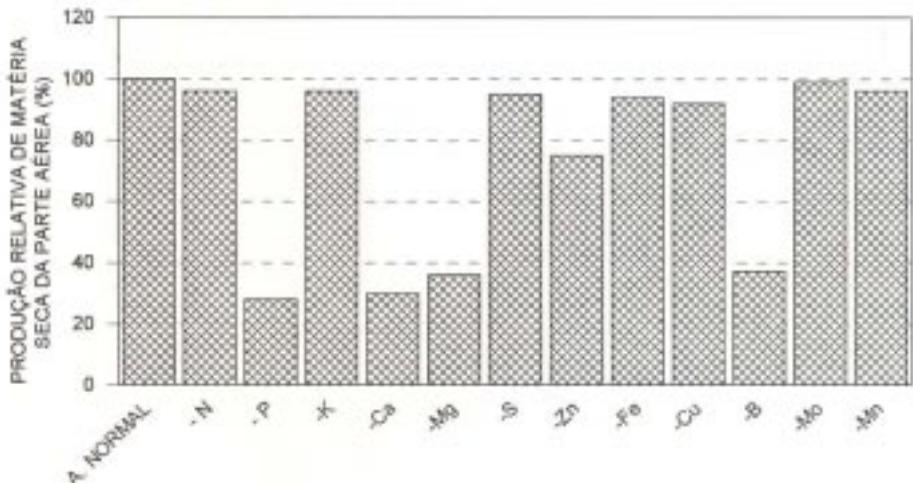


FIG. 1. Resposta do feijoeiro à aplicação de nutrientes essenciais no solo de cerrado. Adubação normal: 80 mg N/kg, 450 mg P_2O_5 /kg, 240 mg K_2O /kg, 5 mg Zn/kg, 3 mg Cu/kg, 2 mg B/kg e 8 g calcário/kg de solo.

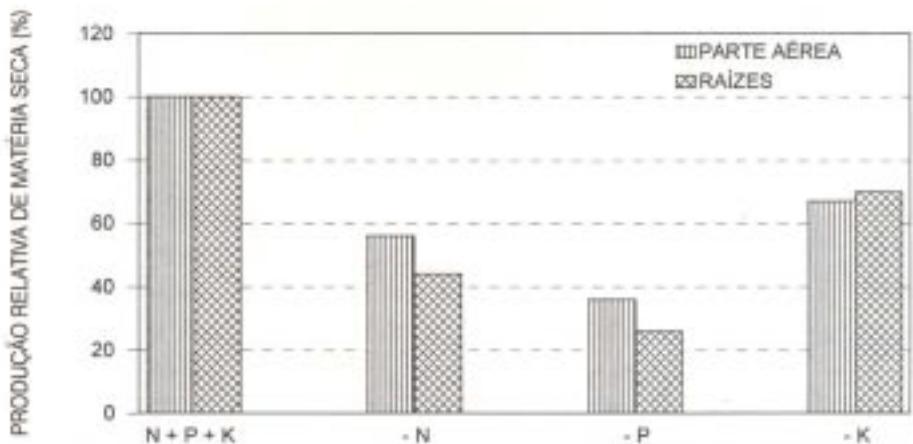


FIG. 2. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P e K, em solo de várzea.

O aumento de produção de matéria seca de feijão é consequência direta do aumento do pH em solos de cerrado e de várzea (Figura 3), de acordo com Fageria (1994) e Fageria & Zimmermann (1996). A produção máxima foi obtida em pH em torno de 6, tanto em solo de cerrado como em solo de várzea (Figura 3). Em trabalho realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), observou-se que o feijão é muito sensível à toxicidade de Al (Figura 4), indicando que a cultura necessita de quantidades adequadas de calcário para a obtenção de produção compensadora (Fageria & Santos, 1996).

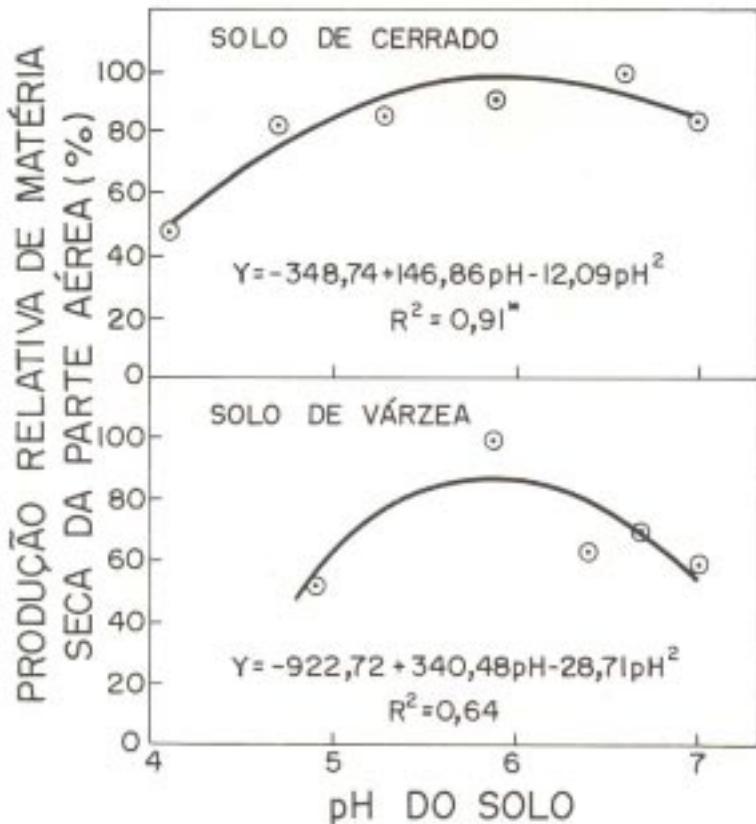


FIG. 3. Relação entre pH e produção relativa de matéria seca do feijoeiro, em solos de cerrado e de várzea.

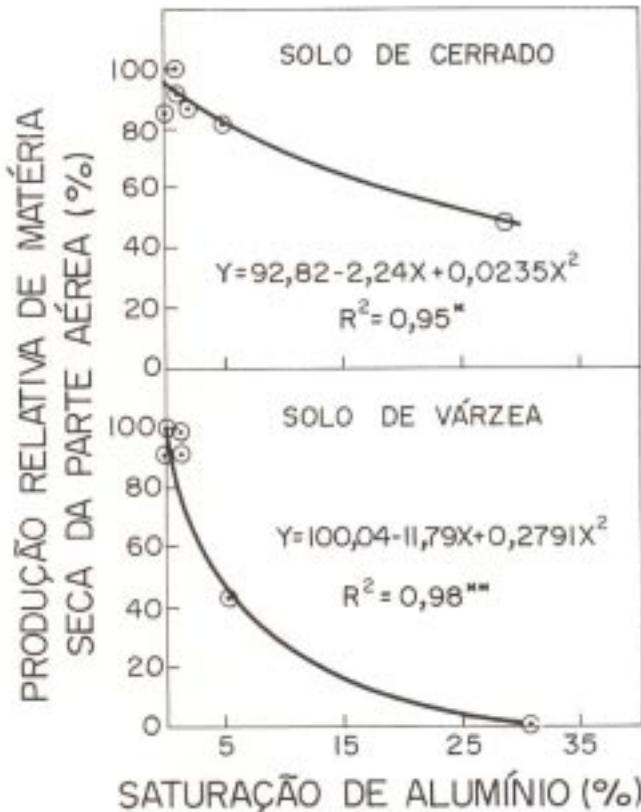


FIG. 4. Relação entre saturação de alumínio e produção relativa de matéria seca do feijoeiro, em solos de cerrado e de várzea.

3. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

A exigência nutricional de uma dada cultura varia de acordo com sua capacidade produtiva, cultivar, fertilidade do solo, irrigação e condições ambientais. O feijoeiro é considerado uma cultura exigente em nutrientes, por ser extremamente sensível aos estresses ambientais. A acumulação de nutrientes nas plantas de feijoeiro, determinada na fase do florescimento, em solo de cerrado, pode ser observada na Figura 5. Em trabalho realizado no CNPAF, observou-se a existência

de correlação significativa entre produção de matéria seca no florescimento e produção de grãos, indicando que a determinação do estado nutricional do feijoeiro deve ser realizada na fase do florescimento, quando a acumulação de matéria seca está no nível máximo e as concentrações dos nutrientes apresentam-se na seguinte ordem: $K \geq N > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$ (Fageria & Souza, 1995). Para produzir uma tonelada de grãos, são necessárias acumulações de 27 kg de N, 2,1 kg de P, 28 kg de K, 16,3 kg de Ca, 3,4 kg de Mg, 47 g de Zn, 7 g de Cu, 90 g de Mn e 567 g de Fe, na parte aérea, na fase do florescimento (Fageria & Souza, 1995).

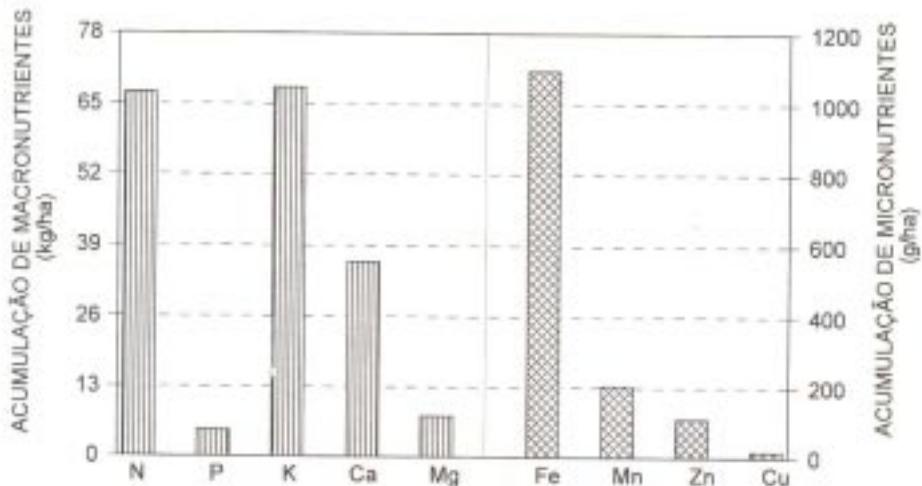


FIG. 5. Acumulação de nutrientes na cultura do feijoeiro, na época do florescimento, em solo de cerrado.

4. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA E SUAS CORREÇÕES

A cultura do feijoeiro exige, para o seu crescimento normal, 16 nutrientes, considerados essenciais: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, cobre, manganês, boro, molibdênio e cloro (Figura 6). Carbono, hidrogênio e oxigênio são fornecidos pelo ar e pela água e o cloro,

raramente, é deficiente nesta cultura. Portanto, neste trabalho são discutidos os sintomas de deficiência dos 12 nutrientes restantes.

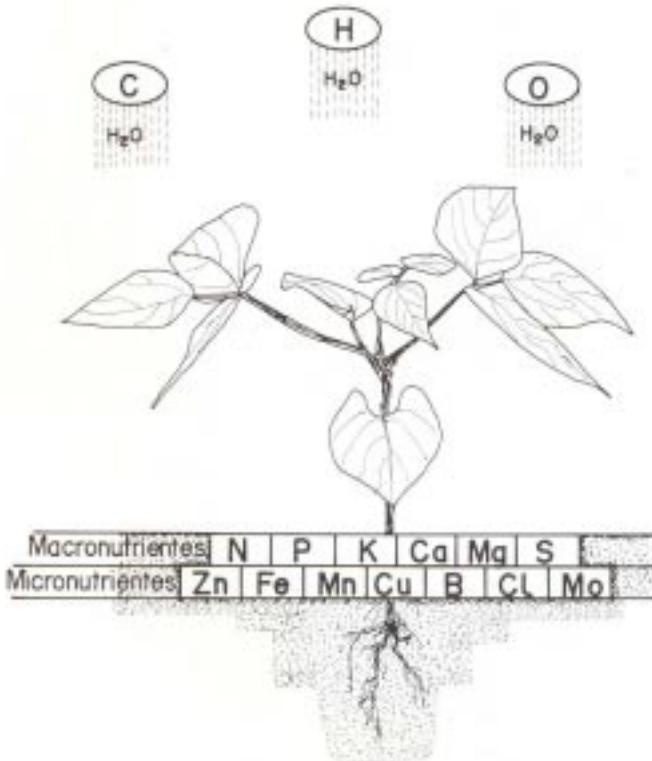


FIG. 6. Nutrientes essenciais às plantas.

4.1. NITROGÊNIO

A deficiência de nitrogênio na cultura de feijoeiro é muito comum, tanto em solo de cerrado como em solo de várzea; ela ocorre em condições de alta lixiviação, baixo teor de matéria orgânica, volatilização e desnitrificação no sistema solo-planta. Como o nitrogênio é um elemento móvel na planta, os sintomas de deficiência deste elemento (Figura 7) aparecem, inicialmente, nas folhas mais velhas e são caracterizados por amarelecimento e acentuada redução no crescimento da planta.



FIG. 7. Plantas de feijoeiro com sintomas de deficiência de N (à frente).

A correção da deficiência de N pode ser feita através da aplicação de sulfato de amônio ou uréia como fontes deste nutriente. O nitrogênio no solo é facilmente perdido por lixiviação; daí, sempre se recomendar sua aplicação parcelada. Com base em trabalhos realizados no CNPAF, recomendam-se de 25 a 30 kg de N/ha, na época de plantio, no sulco, e uma cobertura de 30 a 40 kg de N/ha, poucos dias antes do florescimento (Fageria & Souza, 1995). Para uma cultivar com ciclo de 90 dias, a melhor época situa-se em torno de 35 a 40 dias após o plantio, em condições ambientais normais, principalmente de temperatura e umidade do solo. Na época de inverno, o ciclo prolonga-se um pouco mais, devido à baixa temperatura.

4.2. FÓSFORO

O fósforo é o nutriente mais deficiente na maioria dos solos brasileiros, tanto nos de cerrado como nos de várzea, onde sua aplicação, como fertilizante, é fator indispensável para a produção adequada de feijão.

Por ser um elemento móvel na planta, os sintomas de deficiência de fósforo aparecem, inicialmente, nas folhas mais velhas. Como a deficiência de fósforo reduz o crescimento, a planta fica pequena, com coloração verde-escura, tornando-se alaranjada quando a deficiência é mais acentuada. Deficiências de fósforo, na planta de feijão e na cultura, em condições de campo, são mostradas nas Figuras 8 e 9.



FIG. 8. Planta de feijoeiro normal e com deficiência de fósforo.

O fósforo é muito importante no desenvolvimento do sistema radicular (Figura 10), que exerce papel fundamental na absorção de água e de nutrientes. Portanto, caso ocorra deficiência deste nutriente, a cultura é prejudicada, devido à absorção insuficiente de água e de nutrientes, em condições normais.

A deficiência de fósforo pode ser corrigida com a aplicação de doses adequadas deste nutriente. Por ser um elemento muito pouco móvel no solo, o adubo deve ser aplicado o mais próximo possível das raízes, em caso de deficiência severa. Outro fator que controla a



FIG. 9. Parcela com plantas deficientes de fósforo (à frente) e parcelas com plantas normais (ao fundo).

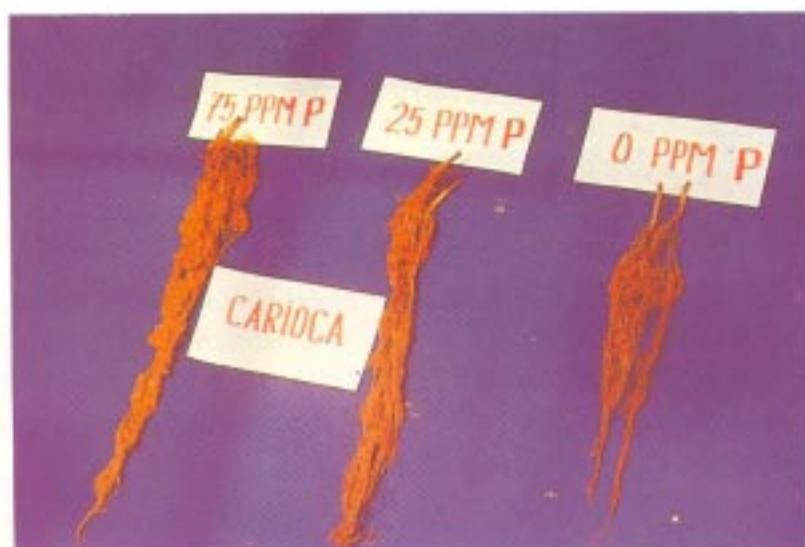


FIG. 10. Crescimento do sistema radicular da cultivar Carioca sob 75, 25 e 0 mg de P/kg de solo (75, 25 e 0 ppm P).

disponibilidade de P nos solos ácidos, sejam eles de cerrado ou de várzea, é a fixação deste elemento. Em trabalho realizado no CNPAF, observou-se que, aproximadamente, 85% do fósforo solúvel aplicado foi fixado no solo de cerrado (Fageria & Barbosa Filho, 1987). Portanto, quando a quantidade de adubo é pequena (adubação de manutenção), é importante que este nutriente seja colocado no sulco de plantio para reduzir sua fixação. Em geral, se o fósforo é aplicado a lanço, a quantidade necessária é, aproximadamente, duas a três vezes maior do que aquela necessária para aplicação no sulco. É possível obter-se, com a adubação em sulco, um crescimento mais rápido das plantas. O crescimento inicial mais rápido é importante porque reduz a competição com as ervas daninhas, promovendo, ainda, a criação de uma maior área foliar e, logicamente, o aumento da fotossíntese. Os resultados têm sido melhores quando se aplica maior quantidade de fertilizante fosfatado, de menor solubilidade, a lanço (adubação de recuperação), misturado ao solo, e pequena quantidade de fósforo solúvel no sulco (adubação de manutenção). O feijoeiro responde melhor quando o fertilizante é aplicado em sulco, nos solos com baixo teor de fósforo e alta capacidade de fixação; mas, em solos com teor de fósforo médio ou alto, a aplicação a lanço ou em sulco é igualmente efetiva. Recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro devem ser baseadas na análise do solo e constam das recomendações de fósforo para cada Estado da Federação. Para os Estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, estas recomendações constam das Tabelas 1, 2 e 3.

4.3. POTÁSSIO

Com a expansão da agricultura brasileira, tem-se feito uso intensivo dos solos e de cultivares com alto potencial de produção. Desse modo, o potássio vem, paulatinamente, assumindo maior importância na produção de grãos. As reservas do solo não estão sendo suficientes para manter a produtividade por longo período de tempo. Nessas condições, o potássio deve ser repostado para equilibrar a fertilidade do solo e manter a produção alta.

TABELA 1. Interpretação dos teores de fósforo extraído pelo extrator Mehlich 1 e recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro no Estado de Goiás.

Interpretação da análise do solo ¹	Teor de P no solo (mg/kg)	Recomendação (kg de P ₂ O ₅ /ha)	
		Seca	Irrigado
Muito baixo	0 - 5,0	60 - 80	90 - 120
Baixo	5,1 - 10,0	50 - 60	70 - 90
Médio	10,1 - 14,0	40 - 50	60 - 70
Alto	> 14,0	30 - 40	50 - 60

¹Baseada no teor de argila, 210 a 400 g/kg (21 a 40%), geralmente encontrado em solo onde foi plantada a cultura do feijoeiro.

Fonte: Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988).

TABELA 2. Interpretação dos teores de fósforo extraído pelo extrator Mehlich 1 e recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro no Estado de Minas Gerais.

Interpretação da análise do solo	Teor de P no solo (mg/kg)	Recomendação ¹ (kg de P ₂ O ₅ /ha)
Baixo	0 - 10	90
Médio	11 - 20	60
Alto	> 20	30

¹No plantio da seca, devido aos riscos de veranico, recomenda-se a aplicação de 2/3 das doses indicadas nesta tabela.

Fonte: Comissão de Fertilidade de Solos de Minas Gerais (1989).

TABELA 3. Interpretação dos teores de fósforo extraído pelo extrator resina e recomendações de adubação fosfatada para a cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo.

Interpretação da análise do solo	Teor de P no solo (mg/kg)	Recomendação (kg de P_2O_5 /ha)
Muito baixo	0 - 6	80
Baixo	7 - 15	60
Médio	16 - 40	40
Alto	> 40	20

Fonte: Bulisani (1985).

Os sintomas de deficiência de potássio aparecem, primeiramente, nas folhas mais velhas, como no caso de N e P, devido à mobilidade deste nutriente na planta. Necrose marginal das folhas mais velhas é uma indicação universal de deficiência de potássio. A necrose é precedida por manchas cloróticas que se desenvolvem em coalescência e, finalmente, tornam-se necróticas nas proximidades marginais das folhas velhas, podendo progredir para as folhas novas (Figuras 11 e 12).

A deficiência de potássio pode ser corrigida com a aplicação de dose adequada deste nutriente, a qual depende do seu teor no solo. Como cada Estado tem sua própria recomendação de corretivos e fertilizantes, deve-se consultá-las para se obter a quantidade do fertilizante potássico a aplicar, em função do teor do nutriente no solo e da textura deste mesmo solo. Para os Estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, as recomendações de adubação potássica constam das Tabelas 4, 5 e 6.



FIG. 11. Sintomas de deficiência de potássio na planta do feijoeiro.



FIG. 12. Folhas de feijoeiro normal (com adubação completa) e com deficiência de potássio (-K).

TABELA 4. Interpretação dos teores de potássio extraído pelo extrator Mehlich 1 e recomendações de adubação com potássio para a cultura do feijoeiro no Estado de Goiás.

Interpretação da análise do solo	Teor de K (mg/kg)	Recomendação (kg de K ₂ O/ha)	
		Seca	Irrigado
Baixo	< 25	40	60
Médio	25 - 50	30	40
Alto	> 50	20	30

Fonte: Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988).

TABELA 5. Interpretação dos teores de potássio extraídos pelo extrator Mehlich 1 e recomendações de adubação com potássio para a cultura do feijoeiro no Estado de Minas Gerais.

Interpretação da análise do solo	Teor de K no solo (mg/kg)	Recomendação (kg de K ₂ O/ha)
Baixo	0 - 45	60
Médio	46 - 80	45
Alto	> 80	30

Fonte: Comissão de Fertilidade de Solos de Minas Gerais (1989).

TABELA 6. Interpretação dos teores de potássio extraído pelo extrator Mehlich 1 e recomendações de adubação com potássio para a cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo.

Interpretação da análise do solo	Teor de K (mg/kg)	Recomendação (kg de K_2O /ha)
Muito baixo	0 - 27	40
Baixo	31 - 59	30
Médio	62 - 117	20
Alto	> 117	0

Fonte: Bulisani (1985).

4.4. CÁLCIO

O cálcio é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade do feijoeiro em solos de cerrado. Este nutriente é pouco móvel na planta e, portanto, sua deficiência aparece primeiramente nas folhas mais novas. As folhas jovens desenvolvem pequenas manchas castanhas no tecido internervural, devido à ausência de mesófilo; reduz-se o crescimento das folhas novas, que se mostram distorcidas e amareladas; o ponto de crescimento é severamente afetado, reduzindo o crescimento das plantas, que podem até morrer. Planta deficiente em cálcio e folhas com sintomas de deficiência deste elemento são mostradas nas Figuras 13 e 14. A deficiência de cálcio pode ser corrigida com a aplicação de calcário.



FIG. 13. Planta de feijoeiro com deficiência de cálcio.

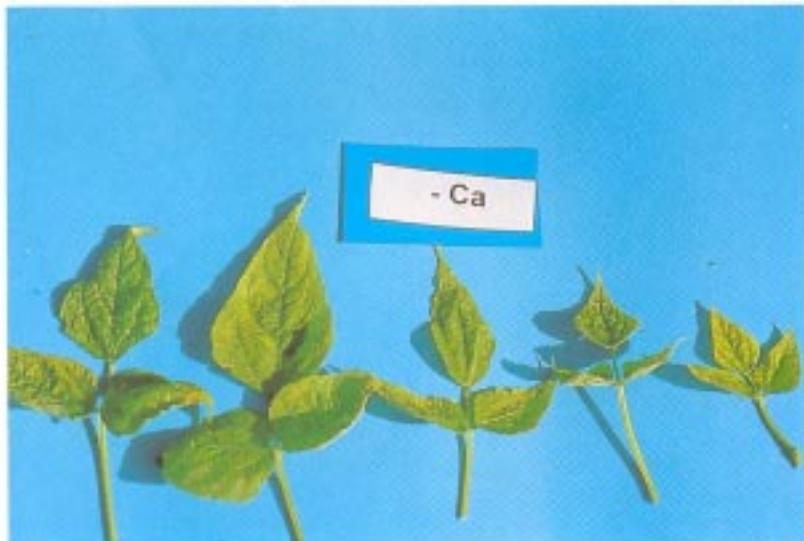


FIG. 14. Folhas de feijoeiro com deficiência de cálcio.

4.5. MAGNÉSIO

Entre os macronutrientes, a deficiência de Mg assume o maior destaque, após o fósforo e o cálcio, na cultura do feijoeiro, em solos sob vegetação de cerrado. A deficiência de magnésio começa nas folhas mais velhas, ao contrário da de cálcio, que começa nas mais novas. Em caso de deficiência severa, o crescimento da planta é reduzido (Figura 15). As folhas trifolioladas mais velhas desenvolvem cores internervurais amarelas, com nervuras verdes (Figura 16). A clorose progride do centro para as pontas. A deficiência de magnésio pode ser corrigida com aplicações, principalmente, de calcário dolomítico.



FIG. 15. Planta de feijoeiro normal e com deficiência de magnésio.



FIG. 16. Folha trifoliolada de feijoeiro com deficiência de magnésio.

4.6. ENXOFRE

Devido à baixa mobilidade do enxofre na planta, folíolos mais novos com clorose generalizada são os sintomas mais característicos da deficiência deste elemento; a perda de coloração está associada ao papel do enxofre junto à clorofila, na síntese da proteína relacionada. Deficiências de enxofre são mostradas na Figura 17. A deficiência de enxofre tem maior probabilidade de ocorrer em áreas de solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica, com alta precipitação pluvial e onde haja possibilidade de perdas de enxofre por lixiviação. A deficiência de enxofre pode ser corrigida com a aplicação de sulfato de amônio, gesso agrícola ou superfosfato simples, que contém, aproximadamente, 12% de S. Uma adubação em cobertura, com 150 a 200 kg de sulfato de amônio/ha, é suficiente para corrigir a deficiência de enxofre na cultura de feijoeiro.



FIG. 17. Planta de feijoeiro com deficiência de enxofre.

5. MICRONUTRIENTES

As deficiências de micronutrientes mais freqüentes em feijoeiro são as de zinco e boro; estas deficiências são decorrentes, principalmente, da aplicação de calcário, às vezes em quantidades excessivas, principalmente em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica. Outra causa associada ao baixo teor de micronutrientes é o material de origem do solo onde o feijoeiro é cultivado.

5.1. ZINCO

Devido à imobilidade do Zn no floema e sua associação com reguladores de crescimento, os sintomas de deficiência de Zn se manifestam, em geral, nas partes novas das plantas. A deficiência de Zn reduz o crescimento da planta, que se torna uniformemente verde-amarelada. Folha trifoliolada e planta de feijoeiro deficientes em zinco são mostradas nas Figuras 18 e 19.



FIG. 18. Folha trifoliolada de feijoeiro com deficiência de zinco.



FIG. 19. Planta de feijoeiro com deficiência de zinco.

5.2. BORO

A deficiência de boro foi observada, recentemente, em lavouras de feijoeiro estabelecidas tanto em solo de cerrado como de várzea. Esta deficiência reduz o crescimento da planta (Figura 20). As folhas ficam com coloração verde-escura e deformadas (Figura 21). Em caso de deficiência severa, o broto terminal morre.



FIG. 20. Planta de feijoeiro normal e com deficiência de boro.

5.3. FERRO

As folhas jovens e terminais, deficientes em ferro, desenvolvem clorose internervural e, mais tarde, manchas necróticas. Em caso de deficiência severa, a planta morre ou apenas cessa de crescer (Figuras 22 e 23).

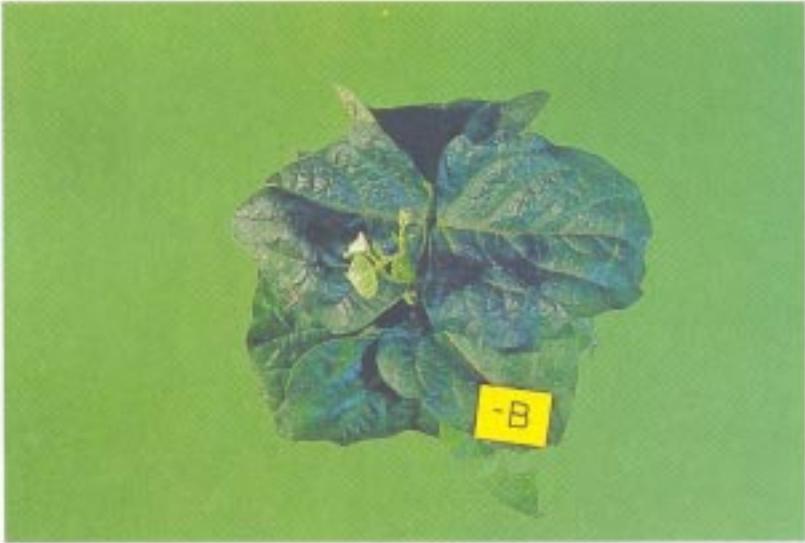


FIG. 21. Folhas de feijoeiro com deficiência de boro.



FIG. 22. Plântulas de feijoeiro com deficiência de ferro.

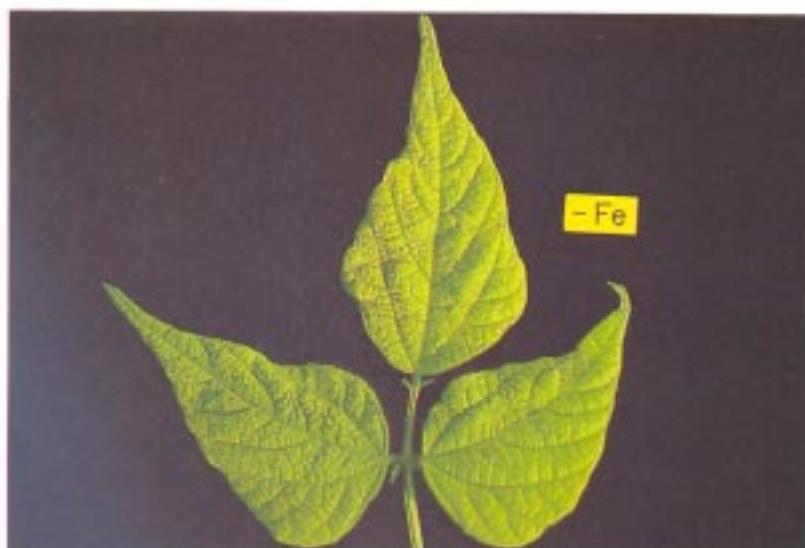


FIG. 23. Folha trifoliolada de feijoeiro com deficiência de ferro.

5.4. COBRE

As plantas com carência de cobre mostram coloração verde-escura, com enrugamento das bordas e encurvamento da ponta do limbo para baixo. Devido à sua pouca mobilidade no floema, os sintomas de deficiência aparecem, comumente, nas folhas mais novas.

5.5. MANGANÊS

A deficiência de manganês na cultura do feijoeiro não é muito comum mas pode ocorrer com a elevação do pH acima de 6,5, devido à insolubilização deste elemento. Os sintomas de deficiência começam nas folhas mais novas, onde se desenvolve uma clorose internervural (Figura 24). Posteriormente, aparecem manchas avermelhadas.



FIG. 24. Folha trifoliolada de feijoeiro com deficiência de manganês.

5.6. MOLIBDÊNIO

O molibdênio é importante para a cultura do feijoeiro, nos processos de fixação biológica de nitrogênio e de redução do nitrato à amônia, na assimilação do N. Os sintomas de deficiência de molibdênio começam nas folhas mais novas, com clorose e deformação do limbo (Figura 25).

5.7. CORREÇÃO

A correção da deficiência de micronutrientes pode ser feita através da aplicação do elemento no solo ou via foliar. Na Tabela 7, estão relacionadas as principais fontes de micronutrientes e as quantidades equivalentes para as duas formas de aplicação.



FIG. 25. Folha trifoliolada de feijoeiro com deficiência de molibdênio.

TABELA 7. Recomendação de aplicação de micronutrientes no solo e foliar.

Nutriente	Material e análise aproximada	Aplicação no solo (kg/ha)	Aplicação foliar (kg/500 l de água)
Boro	Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - 10,6% B)	10 - 15	1 - 2
Cobre	Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 25,5% Cu)	20 - 25	1 - 2
Ferro	Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 20% Fe)	-	1 - 2
Manganês	Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 24,6% Mn)	15	1 - 2
Molibdênio	Molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 54% Mo)	0,5 - 1	0,25 - 0,5
Zinco	Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 23% Zn)	20 - 40	1 - 2

Fonte: Wilcox & Fageria (1979).

6. CALAGEM

A acidez do solo afeta o desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro (Figura 26), o que pode vir a prejudicar a absorção de água e de nutrientes do solo e, conseqüentemente, a produtividade.

A calagem é uma das práticas mais importantes para aumentar a produção agrícola em solos ácidos. Além dos efeitos físicos, a aplicação de calcário promove várias transformações químicas no solo, significativas para o desenvolvimento das culturas.



FIG. 26. Desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, em solo de várzea, em pH 4,9; 5,9; 6,4; 6,7 e 7,0.

As doses de calcário a serem aplicadas podem ser calculadas com base nos teores de Al^{3+} e $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis do solo. Quando o teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ é inferior a 3 meq/100 g, emprega-se a seguinte fórmula:

$$\text{Dose de calcário (t/ha)} = \{(2 \times Al^{3+}) + [3 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]\} \times 100/PRNT$$

Para solos com teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ igual ou superior a 3 meq/100 g, as doses de calcário são calculadas, somente, com o uso do teor de Al^{3+} , multiplicado pelo fator 2.

Alguns Estados brasileiros, como São Paulo e Paraná, passaram a fazer recomendação de calcário pelo método baseado na saturação de bases.

Nesse caso, para calcular a quantidade de calcário, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{Calcário (t/ha)} = \frac{T (V_2 - V_1)}{100} \times f$$

Onde: T = capacidade de troca de cátions (Ca + Mg + K + (H + Al) em meq/100 g do solo.

V_2 = saturação de bases desejada, para a cultura a ser implantada, obtida por informações de pesquisa.

V_1 = saturação de bases atual do solo.

$$f = \frac{\text{PRNT do calcário}}{100}$$

As saturações de bases (V_2) adequadas para feijão, com base em trabalho de pesquisa realizado no CNPAF (Fageria, 1994), são 67% para solo de cerrado e 71% para solo de várzea (Figura 27), quando os solos possuem teores médios a elevados de matéria orgânica e de micronutrientes, bem como textura média a argilosa. Caso contrário, esta saturação de base pode afetar seriamente a disponibilidade e, conseqüentemente, a absorção, principalmente de micronutrientes.

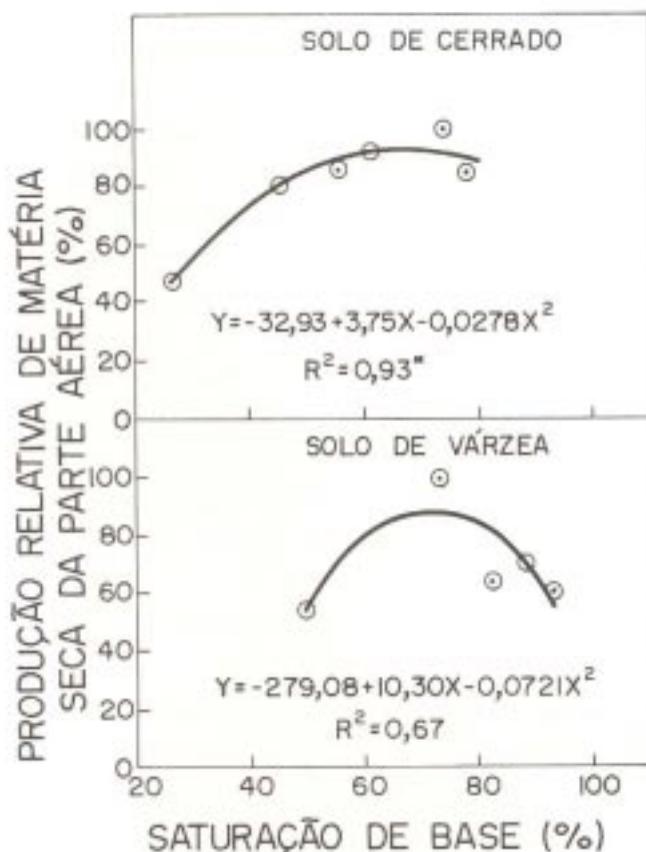


FIG. 27. Relação entre saturação de base e produção relativa de matéria seca do feijoeiro, em solos de cerrado e de várzea.

7. DIAGNOSE FOLIAR

A análise da planta é o método mais eficiente de avaliação da sua nutrição mineral e, conseqüentemente, da fertilidade do solo onde ela está sendo cultivada. Para a interpretação dos resultados da análise da planta é necessário o conhecimento prévio dos níveis críticos preestabelecidos para cada nutriente, para cada cultura (às vezes cultivar dentro de cada cultura) e para cada região agroclimática. Quan-

do o teor de nutrientes está acima do nível crítico, seu suprimento à planta, naquela época, é suficiente. Se, por outro lado, a concentração está abaixo do nível crítico, a quantidade do nutriente é insuficiente. O nível crítico é influenciado por vários fatores como solo, planta e clima. Portanto, esses fatores devem ser levados em consideração na determinação dos níveis críticos dos nutrientes. Geralmente, pergunta-se quando e qual parte da planta deve ser amostrada para a análise química. A época da amostragem depende do seu objetivo. Se for para determinar a curva de acumulação de nutrientes de uma dada cultura, é necessário tirar várias amostras durante o seu ciclo, para mostrar a mudança no estado nutricional das plantas. Quando se necessita fazer um levantamento de fertilidade, uma amostragem na época certa é suficiente e, no feijoeiro, o florescimento é a época que mostra absorção máxima, em outras palavras, a necessidade máxima da planta em termos nutricionais. Daí, deve-se escolher este momento para a realização da amostragem das folhas do feijoeiro, para análise química.

Outra alternativa é colher a planta tão logo o problema se desenvolva ou seja observado. Nos primeiros estágios de crescimento (menos de 20 dias), toda a parte aérea da planta pode servir de amostra para análise. Depois disso, as folhas superiores, bem desenvolvidas, devem ser selecionadas e coletadas de 30 a 40 folhas da área representativa, situadas no terço mediano da planta. Devem ser escolhidas folhas saudáveis, sem manchas ou ataques de pragas e doenças. Não se recomenda a colheita de amostras depois da frutificação e perto da maturação, quando o objetivo for identificar um problema nutricional. Amostras de folhas de locais sem problemas nutricionais devem ser colhidas simultaneamente, para fins de comparação. Nem sempre valores tabelados são conclusivos; alguns destes constam da Tabela 8.

8. COMENTÁRIO FINAL

A produtividade média do feijoeiro, tanto em nível internacional como nacional, é baixa, mas existe possibilidade de aumentá-la subs-

TABELA 8. Concentrações adequadas de nutrientes na planta de feijoeiro, no início do florescimento.

Nutriente	Concentração adequada
Macronutrientes (g/kg)	
N	30 - 35
P	2,5 - 5,0
K	27 - 35
Ca	25 - 35
Mg	2,5 - 6,0
S	3 - 5
Micronutrientes (mg/kg)	
B	30 - 60
Zn	30 - 100
Cu	10 - 20
Mn	100 - 200
Fe	300 - 500
Mo	0,5 - 1,0

Fonte: Wilcox & Fageria (1979); Fageria et al. (1991); Rosolem & Marubayashi (1994).

tancialmente se for empregada tecnologia adequada. O uso adequado de adubação e calagem é um dos principais componentes desta tecnologia para aumentar a produtividade da cultura do feijoeiro nos solos de cerrado e de várzea brasileiros. Para o solo de cerrado, entre os macronutrientes, o P é aquele que mais limita a produtividade de feijão, seguido pelo Ca, Mg, N, S e K.

Entre os micronutrientes, as carências de Zn e B são mais importantes em comparação aos demais. Em solo de várzea, existem poucos trabalhos de pesquisa sobre nutrição mineral, mas alguns, realizados no CNPAF, mostraram que o P é o nutriente mais limitante, seguido pelo N e pelo K. Existe problema de toxicidade de Al nos

solos de cerrado e de várzea. O nível adequado de pH, determinado pelos trabalhos de pesquisa realizados pelo CNPAF, é em torno de 6,0, tanto nos solos de cerrado como nos de várzea. Dessa maneira, a saturação de bases adequada situa-se em torno de 70% para estes solos. Para melhorar as recomendações de adubação e calagem, há necessidade de mais trabalhos de pesquisa nos solos de cerrado e de várzea.

As quantidades de adubo e de calcário, usadas atualmente para a cultura do feijoeiro no Brasil, são baixas. Esta é uma das principais razões que explicam a baixa produtividade desta cultura. Portanto, neste trabalho, são discutidos os principais critérios para identificar as deficiências nutricionais e sugeridos critérios de recomendação de adubação e calagem para aumentar a produtividade da cultura.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. Nutrient use efficiency in acid soils. Nutrient management and plant use efficiency. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL-PLANT INTERACTION AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Proceedings**. Dordrecht: Kluwer, 1996. No Prelo.
- BULISANI, E.A. Feijão. In: RAIJ, B. VAN; SILVA, N.M.; BATAGALLI, O. C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLI, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1985. 19p. (Boletim Técnico, 100).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª aproximação**. Goiânia: UFG/ EMGOPA, 1988. 101p. (Convênio. Informativo Técnico, 1).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE MINAS GERAIS.

Recomendações de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:
4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.

FAGERIA, N.K. Soil acidity affects availability of nitrogen, phosphorus and potassium. **Better Crops International**, Norcross, v.10, n.1, p.8-9, 1994.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Phosphorus fixation in oxisol of Central Brazil. **Fertilizers and Agriculture**, Paris, v.49, p.33-37, 1987.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. Rice and common bean growth and nutrient uptake as influenced by aluminum on an acid lowland soil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL-PLANT INTERACTION AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Proceedings**. Dordrecht: Kluwer, 1996. No Prelo.

FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an oxisol. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL-PLANT INTERACTION AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Proceedings**. Dordrecht: Kluwer, 1996. No Prelo.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1991. 476p.

FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. de. Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.359-368, 1995.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.68, p.1-16, 1994.

SINGH, S.P. Common bean improvement in the tropics. **Plant Breeding Reviews**, Westport, v.10, p.199-269, 1992.

WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. **Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1979. 21p. (EMBRAPA-CNPAF, Boletim Técnico, 5).