

EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM CULTIVARES DE FEIJÃO EM RAZÃO DA CALAGEM

Laerte Marques da Silva¹, Leandro Borges Lemos², Carlos Alexandre Costa Crusciol³, Gustavo Pavan Mateus⁴, José Carlos Feltran⁵

¹Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA / UNESP, Campus de Botucatu – Pós-graduando em Agronomia / Agricultura. E-mail: laertemarquesilva@hotmail.com;

²Dep. de Produção Vegetal, Fac. de Ciências Agrônômicas-FCA/UNESP–C.P. 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP. E-mail: leandrobl@fca.unesp.br; crusciol@fca.unesp.br;

³Bolsista CNPq;

⁴Pólo Extremo Oeste/APTA, Caixa Postal 67, CEP 16900-000, Andradina, SP. E-mail: gpmateus@apta.sp.gov.br.

⁵Centro de Horticultura, Instituto Agronômico-IAC/APTA–C. P. 28, CEP 13001-970, Campinas-SP. E-mail: feltran@iac.sp.gov.br

RESUMO

Apesar da intensa busca por informações sobre a resposta do desempenho produtivo do feijoeiro à aplicação de calcário, pouco se sabe a respeito do comportamento de cultivares quanto à eficiência de utilização de nutrientes. Assim, instalou-se um experimento em condições de casa de vegetação com o objetivo de avaliar a eficiência de utilização de nutrientes em cultivares de feijão em razão da calagem. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, num arranjo fatorial 4x4, representado por quatro níveis de calcário (0; 1,59; 3,18 e 4,48 t ha⁻¹) e quatro cultivares de feijão (Campeão 1, Carioca, FT-Bonito e Pérola), com quatro repetições. Na ausência de calcário, a cultivar Carioca destaca-se na eficiência de utilização de P e Ca, sendo a Campeão 1 mais eficiente na utilização de N e K. Com o aumento dos níveis de calcário, a cultivar Pérola é mais eficiente na utilização de N, seguida por FT-Bonito e Carioca. Já a cultivar FT-Bonito destaca-se quanto à utilização eficiente de P. Todas as cultivares de feijão são eficientes na utilização de Zn, com o aumento dos níveis de calcário.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, cultivares, níveis de calcário, sistema radicular, nutrição de plantas.

EFFICIENCY OF NUTRIENT USES OF BEAN CULTIVARS IN FUNCTION OF LIMING

ABSTRACT

Despite of the intense search for information about productive potential of common bean on liming procedures, little knowledge of cultivar performances on efficiency use nutrients is available. Therefore, we carried out a study in greenhouse to evaluate the efficiency use of nutrients of bean cultivars on liming. The experimental design was completely randomized block, in 4x4 factorial scheme, with four levels of lime (0; 1.59; 3.18; and 4.48 t ha⁻¹) and four bean cultivars (Campeão 1, Carioca, FT-Bonito, and Pérola), using four replications. On acid soil and lime absence, the Carioca cultivar was efficient on the utilization of P and Ca, and the Perola cultivar was more efficient using N and K. Increasing the lime levels, Perola cultivar was more efficient in N uses, followed by FT-Bonito and Carioca. The FT-Bonito cultivar has shown best performance for using P. All bean cultivars have been efficient in the utilization of Zn, with increment of lime levels.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, cultivars, liming, root system, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em grande parte do território brasileiro, sendo uma das principais fontes de proteína para a população. No entanto, apresenta baixa produtividade média de grãos, em torno de 850 kg ha⁻¹, porém, com potencial superior a 3.000 kg ha⁻¹ (Yokoyama, 2002). Dentre as várias causas para a baixa produtividade destaca-se a exploração da cultura em áreas de baixa fertilidade natural do solo, associado ao pouco investimento em insumos agrícolas, como o uso de corretivos e fertilizantes.

Devido a grande sensibilidade do feijoeiro a toxidez por alumínio e manganês, o uso de calcário está entre as práticas mais econômicas e fundamentais para a obtenção de altas produtividades, fornecendo Ca e Mg como nutrientes, aumentando o pH do solo, interferindo na disponibilidade de nutrientes, além de promover modificações no sistema radicular (Fageria & Stone, 1999; Rosolem, 1996). Desta forma, é importante que o feijoeiro seja cultivado em solos com pH em H₂O na faixa de 6,0 a 6,5, para maior eficiência do aproveitamento da fixação simbiótica, para evitar fitotoxicidade de alumínio e de manganês e prevenir deficiências de micronutrientes, sendo ainda, de fundamental importância, o efeito da calagem no crescimento radicular, o que torna a planta mais apta a produzir quando as condições hídricas são adversas (Rosolem, 1996).

Apesar da intensa busca por informações na cultura do feijoeiro sobre a aplicação de calcário e a sua conseqüente alteração nas propriedades químicas do solo, produtividade, componentes da produção, morfologia da planta e características tecnológicas (Moraes et al., 1998; Barbosa Filho & Silva, 2000; Fageria, 2001; Souza et al., 2003 e Fageria & Stone, 2004), pouco se

sabe a respeito das modificações no sistema radicular, da eficiência de utilização dos nutrientes e do comportamento das diferentes cultivares.

A eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas pode ser melhorada mediante a seleção de cultivares com maior comprimento e superfície radicular, além de raízes finas. No entanto, alguns nutrientes se movimentam com relativa liberdade em solos úmidos, como o nitrogênio na forma de nitrato, e neste caso torna-se pouco importante à proximidade da superfície radicular para sua absorção. Porém para nutrientes com baixas taxas de difusão no solo, como o fósforo, a proximidade entre a superfície de absorção da raiz e o nutriente é de suma importância (Harper et al., 1991; Rosolem, 1995).

Além disso, o sistema radicular pode alterar sua configuração geométrica de forma a adquirir habilidade para explorar o solo, ou seja, tendo maior crescimento radicular em extensão as custas de menor ramificação e vice-versa (Tiffney & Niklas, 1985; Harper et al., 1991).

O sistema radicular do feijoeiro caracteriza-se por ser superficial, apresentando variabilidade entre as cultivares, principalmente para número de raízes basais, massa seca, comprimento radicular e profundidade efetiva (Lynch & Beem, 1993; Wutke et al., 2003). Embora o padrão de enraizamento esteja sob controle genético, o crescimento das raízes é influenciado por fatores químicos, físicos e biológicos do solo, além dos climáticos como temperatura e estresse hídrico e também por práticas culturais, como o uso de corretivos e de fertilizantes (Taylor & Arkin, 1981; Rosolem, 1996; Fageria & Stone, 1999; Wutke et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de utilização de nutrientes em cultivares de feijão em razão da calagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, Campus de Botucatu (SP) localizada a 22°51' S e 48°26' W com altitude de 740 m.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, disposto num arranjo fatorial 4x4, sendo constituído por quatro cultivares de feijão do grupo comercial Carioca (Campeão 1, Carioca, FT-Bonito e Pérola) e quatro níveis de calcário (0; 1,59; 3,18 e 4,48 t ha⁻¹), com quatro repetições. Os níveis de calcário foram aplicados com a finalidade de elevar a saturação por bases a 10, 18, 33 e 45%, respectivamente.

O solo utilizado foi proveniente da camada arável de um Latossolo Vermelho distroférico, segundo classificação da Embrapa (1999), com 680 g dm⁻³ de areia, 150 g dm⁻³ de silte e 160 g dm⁻³ de argila. Os resultados da análise química do solo, realizada segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) são apresentados na Tabela 1.

A terra foi peneirada em malha de 4 mm, seca ao ar e colocada em sacos plásticos com volume de 13 dm³. Foi realizada a calagem, utilizando calcário dolomítico com PRNT = 91%, e em seguida a adubação com 100 mg de P dm⁻³ e 100 mg de K dm⁻³, na forma de fosfato monoâmônico e cloreto de potássio, respectivamente. As doses de calcário e os fertilizantes foram misturados à terra contida nos sacos plásticos e transferidos para os vasos de 13 dm³. Em seguida, a terra dos vasos foi deixada em incubação, com umidade de aproximadamente 80% ADT (água disponíveis total), por 30 dias. Após o período de incubação, foi coletada uma amostra composta de terra para cada nível de calcário para análise química, conforme

metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Na adubação de semente foram aplicados 3 mg de Zn dm⁻³ e 50 mg de N dm⁻³, na forma de sulfato de zinco e uréia, respectivamente. A semente foi realizada no dia 24/04/2001, utilizando seis sementes por vaso. Junto com as sementes aplicou-se fungicida thiram (72g de i.a. 100 kg⁻¹ sementes), visando o controle preventivo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e podridão radicular (*Rhizoctonia solani*). Após uma semana da emergência das plântulas de feijão, foi realizado o desbaste, deixando três plantas por vaso. Aos 25 dias após a emergência (DAE) foi realizada a adubação de cobertura com 100 mg de N dm⁻³ para cada vaso na forma de uréia.

O controle fitossanitário foi realizado mediante duas pulverizações, aos 27 DAE com inseticida triazophós (360 g i.a. ha⁻¹) para o controle da mosca minadora (*Liriomyza* sp) e do ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*), e aos 33 DAE com fungicida óxido cuproso (550 g de i.a. ha⁻¹) para o controle do oídio (*Erysiphe polygoni*).

As condições climáticas foram controladas fixando-se temperaturas em 22°C e 29°C como mínima e máxima, respectivamente. O fornecimento de água foi feito periodicamente, avaliando-se a necessidade de irrigação por meio de pesagem de quatro vasos para cada nível de calcário, colocando-se água em quantidade suficiente para elevar a umidade a 100% ADT sempre que o nível atingir 80% ADT.

Aos 43 DAE, quando a maioria das plantas encontravam-se no estágio fenológico de floração (R₆), realizou-se a colheita do experimento. As plantas foram seccionadas na altura do colo e as raízes separadas do solo mediante lavagem em água corrente, sobre peneiras de 0,5 mm de malha. Foi tomada, no sentido longitudinal, uma subamostra das raízes (aproximadamente 1/8 do total), colocada

em frascos com álcool 50% e armazenadas sob refrigeração. As amostras acondicionadas em álcool foram utilizadas na determinação do comprimento e diâmetro radicular por meio da digitalização de imagem, utilizando scanner HP Scanjet 4c/T e o software WinRHIZO Reg 3.8b (Regent Instruments Inc.).

A parte aérea foi colocada em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, para secagem até peso constante e a obtenção da matéria seca. Posteriormente as amostras da parte aérea foram moídas e determinaram-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

De posse dos dados de produção de matéria seca da parte aérea e pela multiplicação dos teores de nutrientes, determinou-se à quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea. A quantidade de nutrientes absorvidos por metro de raiz foi obtida por meio da relação, quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea e comprimento radicular. A eficiência de utilização do nutriente foi determinada mediante a relação entre matéria seca da parte aérea e quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias de cultivares comparadas pelo teste Tukey a 5%. Para níveis de calcário e o desdobramento da interação níveis de calcário dentro de cultivares adotou-se análise de regressão, sendo que a equação mais adequada foi definida da seguinte forma: primeiro pelo modelo com efeito significativo, segundo pelo maior valor de coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento dos níveis de calcário proporcionou elevação do pH, Ca e Mg trocáveis e redução nos teores de Al trocável e $H + Al$, evidenciando o efeito positivo

dessa prática. Nota-se ainda aumento no teor de Ca no tratamento testemunha após o período incubação do solo, este comportamento pode ser atribuído como uma possível mineralização da matéria orgânica (Tabela 1).

Pode-se observar que as cultivares não apresentaram diferenças quanto ao comprimento e diâmetro radicular e, matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Os níveis de calcário afetaram todas as variáveis, entretanto, somente o comprimento radicular foi influenciado pela interação dos fatores, sendo constatado resposta positiva e quadrática entre os níveis de calcário para todas as cultivares, exceto FT-Bonito que respondeu linearmente (Figura 1).

O aumento do crescimento radicular em razão dos níveis de calcário está diretamente relacionado a elevação dos teores de Ca e Mg no solo, uma vez que estes elementos participam da síntese da parede celular, formando compostos de pectatos de cálcio e magnésio, beneficiando no crescimento radicular do feijoeiro (Malavolta, 1980; Fageria et al., 1989 e Fageria & Stone, 1999).

O diâmetro radicular do feijoeiro foi afetado apenas pelos níveis de calcário, apresentando resposta positiva e quadrática (Figura 1). Este comportamento pode ser atribuído a habilidade da planta em alterar a morfologia do sistema radicular às custas de crescimento em extensão, ou seja, possibilitando encontrar os nutrientes de maneira mais eficiente (Tiffney & Niklas, 1985).

A calagem proporcionou aumento significativo e de forma quadrática, para a matéria seca da parte aérea (Figura 1), obtendo máxima resposta com 3,3 t ha⁻¹. Esse aumento pode estar diretamente relacionado com o comprimento radicular, uma vez que, com o desenvolvimento das raízes, provavelmente ocorreu incremento na absorção de nutrientes, corroborando aos resultados obtidos por Fageria et al. (1989).

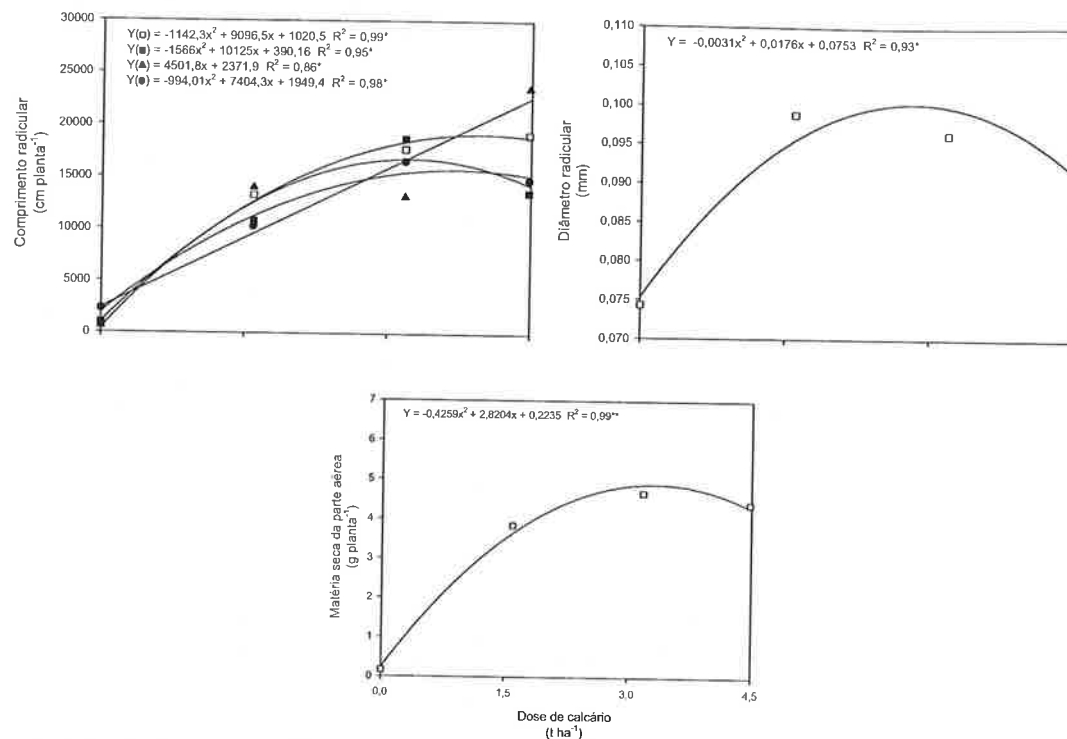


Figura 1. Comprimento radicular das cultivares Campeão 1 (□), Carioca (■), FT-Bonito (▲) e Pérola (●) e diâmetro radicular médio e matéria seca média da parte aérea de cultivares em razão de níveis de calcário.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, antes e após 30 dias da calagem.

Atributo	Antes da calagem	Calcário (t ha ⁻¹)			
		0	1,59	3,18	4,48
MO (g kg ⁻¹)	22	— ⁽¹⁾	—	—	—
pH (CaCl ₂)	4,0	4,0	4,3	4,9	5,1
P _{resina} (g dm ⁻³)	2	114	108	108	109
K (mmol _c dm ⁻³)	0,5	3,6	3,4	3,1	3,5
Ca (mmol _c dm ⁻³)	2,0	5	12	21	25
Mg (mmol _c dm ⁻³)	0,2	0,8	3,2	6,6	8,0
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	94	87	68	53	45
SB (mmol _c dm ⁻³)	2,7	9	18	31	36
CTC (mmol _c dm ⁻³)	96,7	96	86	84	81
V (%)	3	10	21	36	44
Al (mmol _c dm ⁻³)	29	24	18	13	11
m (%)	30	25	20	15	13
Cu (mg dm ⁻³)	0,5	2,7	1,9	2,3	2,3
Zn (mg dm ⁻³)	0,6	1,4	1,2	1,1	1,1
Fe (mg dm ⁻³)	22	43	39	36	32
Mn (mg dm ⁻³)	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5

⁽¹⁾ Não determinado.

Tabela 2. Comprimento e diâmetro radicular, matéria seca da parte aérea de cultivares de feijão⁽¹⁾.

Cultivares	Sistema radicular		Matéria seca
	Comprimento	Diâmetro	Parte aérea
	----- m pl ⁻¹ -----	----- cm -----	-----g planta ⁻¹ -----
Campeão 1	127,1 a	0,09 a	3,1 a
Carioca	109,9 a	0,09 a	3,4 a
FT-Bonito	127,8 a	0,09 a	3,3 a
Pérola	109,4 a	0,08 a	3,0 a

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar das baixas doses de calcário utilizadas no experimento, nota-se que o máximo crescimento radicular ocorreu em torno de 3,98 t ha⁻¹ de calcário, ou seja, na saturação por bases em torno de 40%, para as cultivares Campeão 1, Carioca e Pérola, e a máxima produção de matéria seca da parte aérea na saturação por bases de 34% (Figura 1).

De forma geral, a cultivar Carioca apresentou maior quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea, exceto para o K. Comportamento semelhante foi verificado na quantidade de nutrientes absorvidos por metro de raiz (Tabela 3). A cultivar Pérola obteve os menores valores para a quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea e de

Tabela 3. Acúmulo, quantidade absorvida por metro de raiz e eficiência de utilização de nutrientes em cultivares de feijão⁽¹⁾.

	N	P	K	Ca	Mg	Zn
	Quantidade acumulada					
	----- mg planta ⁻¹ -----					ug pl ⁻¹
Campeão 1	168,2 a	28,0 a	81,8 a	35,9 b	14,8 a	81,2 ab
Carioca	176,4 a	29,0 a	78,5 a	47,4 a	14,8 a	95,7 a
FT-Bonito	163,4 ab	24,4 a	78,3 a	39,5 b	13,5 a	76,0 b
Pérola	143,4 b	23,3 a	71,3 b	39,2 b	13,0 a	76,0 b
	Quantidade absorvida por metro de raiz					
	----- mg m ⁻¹ -----					µg m ⁻¹
Campeão 1	1,3 b	0,2 ab	0,6 ab	0,2 b	0,1 a	1,7 ab
Carioca	1,8 a	0,3 a	0,7 a	0,4 a	0,1 a	2,1 a
FT-Bonito	1,3 b	0,1 b	0,6 ab	0,2 b	0,1 a	1,5 ab
Pérola	1,1 b	0,1 b	0,5 b	0,3 ab	0,1 a	0,9 b
	Eficiência de utilização					
	----- mg MSPA/mg de nutriente -----					mg MSPA/µg Zn
Campeão 1	18,5 b	109,3 b	48,3 a	208,5 b	391,0 a	35,7 ab
Carioca	18,5 b	123,7 a	46,7 a	288,4 a	454,0 a	32,7 b
FT-Bonito	18,8 ab	133,8 a	42,6 b	281,0 a	501,7 a	38,3 a
Pérola	19,9 a	120,8 ab	44,8 ab	117,7 c	468,5 a	36,2 ab

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

nutrientes absorvidos por metro de raiz, com exceção de Ca para ambas as variáveis, porém com menor eficiência de utilização desse nutriente, sendo o inverso verificado

para o N. A cultivar Carioca destacou-se com maior eficiência de utilização dos nutrientes P, K e Ca, apresentando também menor eficiência quanto a N e Zn. Destaca-

se também que não houve diferenças para Mg entre as cultivares de feijão quanto ao acúmulo na parte aérea, quantidade absorvida por metro de raiz e para eficiência de utilização.

Quanto ao desdobramento da interação níveis de calcário dentro de cultivares, pode-se observar aumento da quantidade acumulada na parte aérea para os nutrientes N, K, Ca e Zn (Figura 2). As cultivares apresentaram resposta positiva e quadrática para os níveis de calcário, exceto FT-Bonito e Campeão 1 quanto a Ca e Zn, respectivamente, onde verificou comportamento linear. A cultivar Carioca obteve a maior quantidade acumulada de Zn na parte aérea, com o aumento dos níveis de calcário até $2,4 \text{ t ha}^{-1}$. Os níveis de calcário proporcionaram incremento de forma quadrática, nas quantidades acumuladas de P e Mg na parte aérea.

Com relação à quantidade absorvida, de todos os nutrientes, menos Zn por metro de raiz, as cultivares FT-Bonito e Pérola apresentaram efeito positivo e quadrático para os níveis de calcário (Figura 3). Para a quantidade absorvida de Zn por metro de raiz, todas as cultivares, com exceção da Pérola, obtiveram resposta negativa e quadrática para os níveis de calcário. A cultivar Campeão 1 apresentou resposta positiva e quadrática para a quantidade absorvida de K, Ca e Mg por metro de raiz em função dos níveis de calcário. Já a cultivar Carioca apresentou resposta linear e crescente para a quantidade de Ca e Mg absorvidos por metro de raiz.

No que se refere à eficiência de utilização dos nutrientes (Figura 4), de forma geral, as cultivares apresentaram resposta negativa e quadrática para o Ca em função dos níveis de calcário, sendo que na ausência do corretivo a Carioca foi mais eficiente,

seguida da FT-Bonito, Campeão 1 e Pérola. Com o aumento dos níveis de calcário, verificou-se efeito negativo e quadrático para a eficiência de utilização de Mg, sendo o inverso observado para o Zn.

Portanto, pode-se inferir que com o incremento dos níveis de calcário, as cultivares de feijão aumentaram sua eficiência de utilização de Zn, mesmo havendo a diminuição da disponibilidade desse nutriente em função da elevação do pH do solo. Este fato, pode em parte, colaborar na explicação dos resultados obtidos por Fageria & Stone (2004) que verificaram aumento significativo na produtividade do feijão com a aplicação de calcário, porém não houve resposta à adubação com zinco. Assim, mesmo com a diminuição da disponibilidade de Zn no solo, em decorrência da aplicação de calcário e conseqüentemente elevação do pH, a planta de feijão torna-se eficiente na utilização do pouco que se tem no solo, favorecendo o seu desenvolvimento. Segundo Tisdale et al. (1985) a disponibilidade de Zn no solo, diminui cerca de 100 vezes com o aumento de uma unidade de pH.

Todas as cultivares de feijão apresentaram resposta positiva e quadrática quanto à eficiência de utilização de N, com exceção da Campeão 1 que foi linear. Com relação à eficiência de utilização de P, somente a cultivar Carioca não apresentou diferença com o aumento dos níveis de calcário. Comportamento semelhante obteve a cultivar FT-Bonito quanto à eficiência de utilização de K.

Segundo Araújo (2000), há variação genotípicas, de caracteres morfológicos e fisiológicos associados à absorção e utilização de P em feijoeiro, o que pode ser confirmado pelos resultados observados no presente trabalho (Figuras 1, 3 e 4).

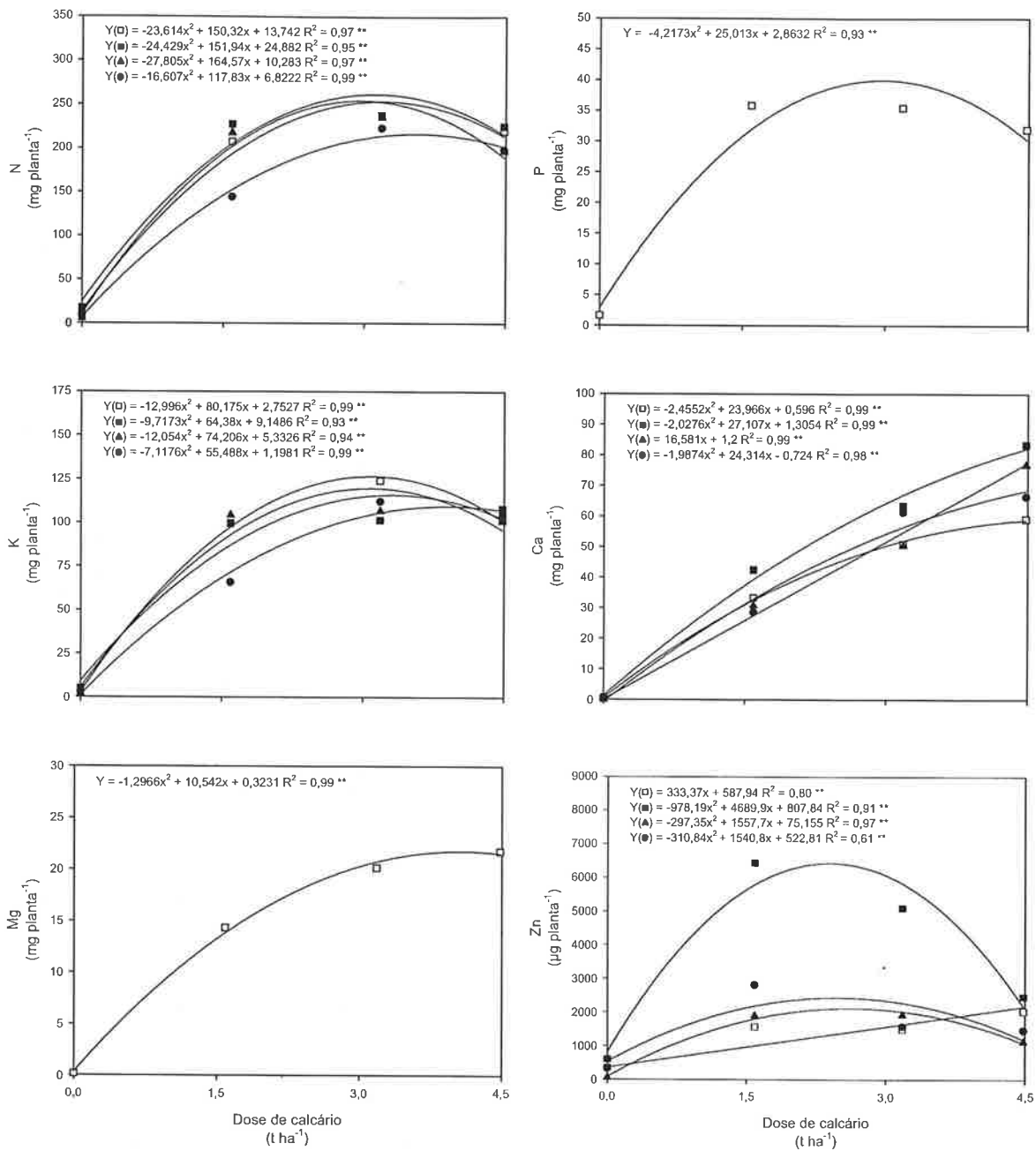


Figura 2. Quantidade acumulada de N, K, Ca e Zn na parte aérea das cultivares Campeão 1 (□), Carioca (■), FT-Bonito (▲) e Pérola (●) e quantidade média acumulada de P e Mg em razão de níveis de calcário.

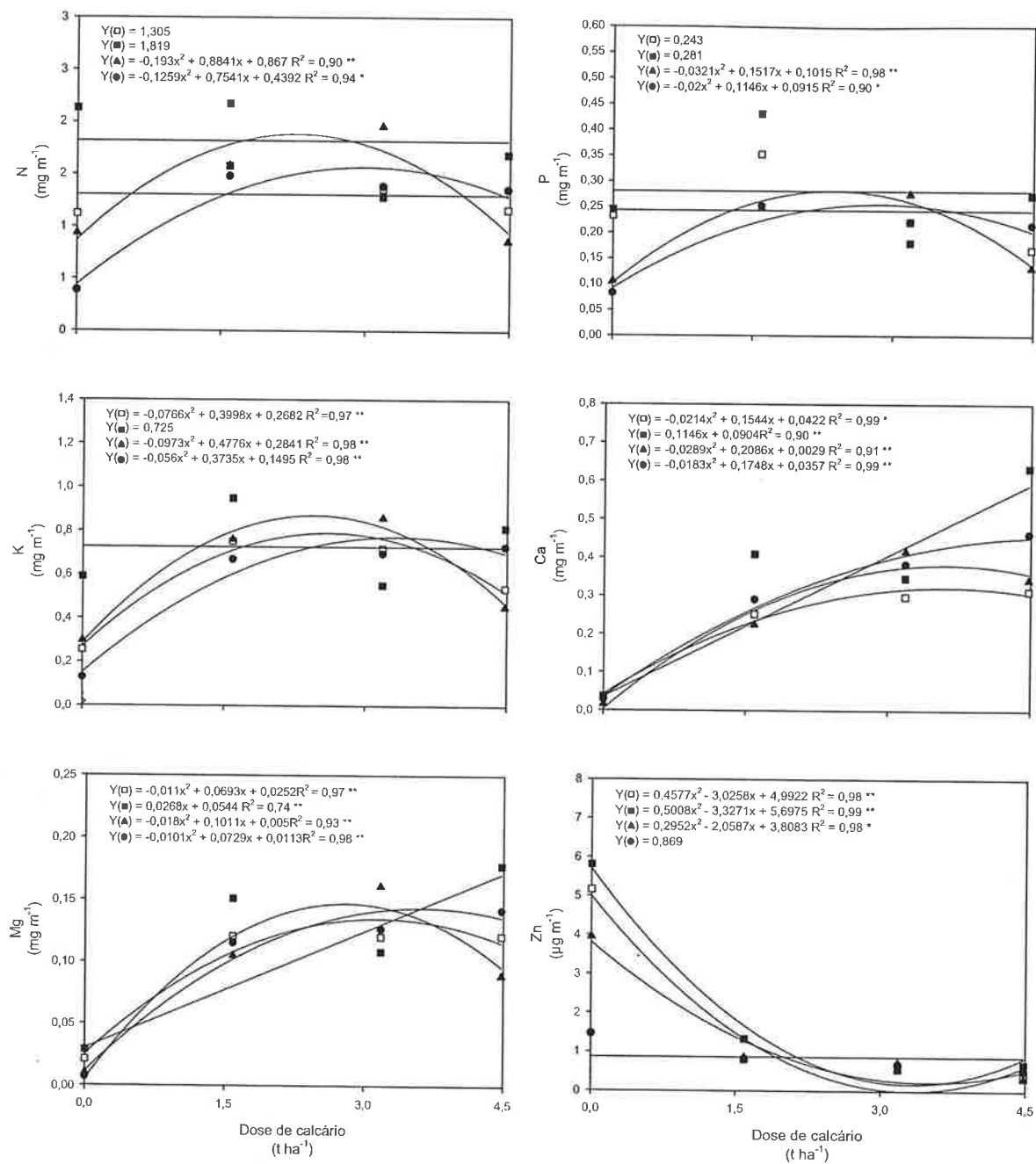


Figura 3. Quantidade absorvida de N, P, K, Ca, Mg e Zn por metro de raiz das cultivares Campeão 1 (□), Carioca (■), FT-Bonito (▲) e Pérola (●), em razão de níveis de calcário.

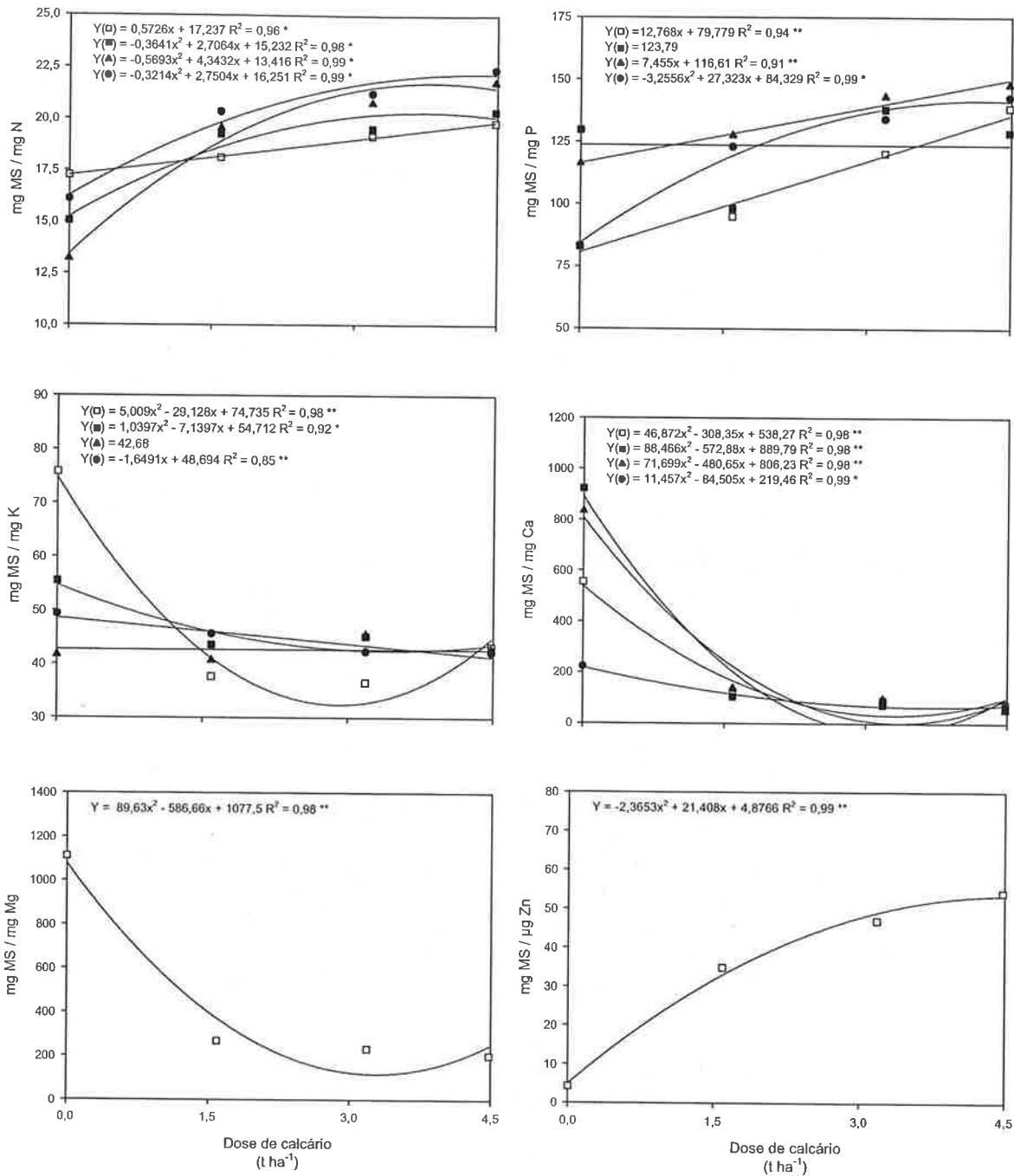


Figura 4. Eficiência de utilização de N, P, K, Ca das cultivares Campeão 1 (□), Carioca (■), FT-Bonito (▲) e Pérola (●) e eficiência média de utilização de Mg e Zn, em razão de níveis de calcário.

Pode inferir que, em solos ácidos, onde não houve aplicação de calcário e com teores baixos de P, a cultivar Carioca poderia ser a mais indicada, pois mostrou-se eficiente na utilização de P e Ca. Na ausência de calagem, também sobressaiu a Campeão 1 que mostrou ser eficiente na utilização de N e K, ou seja, os nutrientes mais extraídos pela planta de feijão. Portanto, essa cultivar poderia ser indicada para o cultivo em solos de baixa fertilidade natural e com pouco uso de fertilizantes formulados, principalmente N e K.

Constata-se ainda que, na ausência de calagem, as cultivares Carioca e FT-Bonito apresentaram maior eficiência na utilização de Ca, provavelmente em razão da habilidade desses materiais em manter alta proporção de Ca total de forma solúvel e conseqüentemente manter o crescimento e metabolismo em todas as partes da planta, mesmo sob baixa concentração do nutriente nos tecidos e da baixa mobilidade (Behling et al., 1989; Marschner, 1995). Em razão desse fato, cultivares com conhecidas diferenças na eficiência de uso e redistribuição de Ca podem representar uma alternativa em áreas agrícolas deficientes nesse nutriente (Caines & Shennan, 1999).

Porém, com a utilização de calcário, todas cultivares mostraram ser eficientes na utilização de Zn, sendo esse aspecto interessante; pois com o aumento do pH do solo, ocorre diminuição na disponibilidade desse micronutriente (Tisdale et al., 1985), sendo portanto, importante a sua recomendação de forma correta.

Outro aspecto interessante é que houve queda na eficiência de utilização de Ca e Mg com o aumento da quantidade na parte aérea, talvez em função dos teores adequados desses nutrientes no solo, ou mesmo, fornecido pelo calcário. Assim, com o aumento dos níveis de calcário, observou-se que a cultivar Pérola foi mais eficiente na utilização de N, seguida pela FT-Bonito e Carioca. A cultivar

Campeão 1, apresentou resposta positiva e linear quanto à eficiência na utilização de N e P, com aumento dos níveis de calcário, porém com valores reduzidos, comparativamente às demais cultivares. Já a cultivar FT-Bonito destacou-se quanto à eficiência de utilização de P, obtendo os maiores valores e resposta positiva e linear. Sobressaiu-se também, a cultivar Pérola na eficiência de utilização de P, principalmente no maior nível de calcário ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$), obtendo valores próximos ao verificado pela cultivar FT-Bonito. Esses resultados ajudam a explicar, em parte, dois aspectos interessantes no feijoeiro, sendo o primeiro a confirmação da ampla adaptabilidade da cultivar Carioca e o segundo, a grande aceitabilidade da cultivar Pérola pelos produtores em função do maior uso de corretivos e de fertilizantes na busca por ganhos em produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

Na ausência de calcário, a cultivar Carioca destaca-se na eficiência de utilização de P e Ca, sendo a Campeão 1 mais eficiente na utilização de N e K.

Com o aumento dos níveis de calcário, a cultivar Pérola é mais eficiente na utilização de N, seguida por FT-Bonito e Carioca. A cultivar FT-Bonito destaca-se quanto à utilização eficiente de P.

Todas as cultivares de feijão são eficientes na utilização de Zn, com o aumento dos níveis de calcário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. P. 2000. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. V. H., SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, v.1, p.163-212.

- BARBOSA FILHO, M. P., SILVA, O. F. 2000. da Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1317-1324.
- BEHLING, J. P., GABELMAN, W. H., GERLOFF, G. C. 1989. The distribution and utilization of calcium by two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines differing in calcium efficiency when grown under low-Ca stress. **Plant and Soil**, n.113, p.189-196.
- CAINES, A. M., SHENNAN, C. 1999. Growth and nutrient composition of Ca^{2+} use efficient and Ca^{2+} use inefficient genotypes of tomato. **Plant Physiology**, n.37, p.559-567.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** 1999. Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: 421p.
- FAGERIA, N. K. 2001. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1419-1424.
- FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C., WRIGHT, R. J. 1989. Growth and nutrient concentrations of alfafa and bean as influenced by soil acidity. **Plant and Soil**, p.331-334.
- FAGERIA, N. K., STONE, L. F. 1999. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa - CNPAF, 42 p. (Documentos, 92).
- FAGERIA, N. K., STONE, L. F. 2004. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com a aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.73-78.
- HARPER, J. L., JONES, M., SACKVILLE-HAMILTON, N. R. 1991. The evolution of roots and the problems of analyzing their behavior. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: in ecological perspective.** Oxford: Blackwell, p.3-22.
- LYNCH, J., BEEM, J. J. 1993. Growth and architecture of seedling roots of common bean genotypes. **Crop Science**, v.33, p.1165-1171.
- MALAVOLTA, E. 1980, **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 256p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. 1997. **A avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 319p.
- MARSCHNER, H. 1995 **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 889p.
- MORAES, J. F. L., BELLINGIERI, P. A., FORNASIERI FILHO, D., GALON, J. A. 1998. Efeito de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, v.55, n.3, p.438-447.
- RAIJ, B., ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A. 2001. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 285p.
- ROSOLEM, C. A. 1996. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S., RAVA, C. A., STONE, L. F., ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, p.353-385.
- ROSOLEM, C. A. 1995, **Relação solo-planta na cultura do milho.** Jaboticabal: Funesp, 53p.
- SOUZA, A. B. de, ANDRADE, M. J. B. de, MUNIZ, J. A. 2003. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência**

- e **Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1205-1213.
- TAYLOR, D., ARKIN, G. F. 1981. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: TAYLOR, D., ARKIN, G. F. (Ed.) **Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress**. St. Joseph: ASAE, p.3-16.
- TIFFNEY, B. H., NIKLAS, K. J. 1985. Clonal growth in land plants: a palaeobotanical perspective. In: JACKSON, J. B. C., BUSS, L. W., COOK, R. E. (Ed.). **Population biology and evolution of clonal organisms**. New Haven: Yale University Press, p.35-66.
- TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D. 1985. **Soil fertility and fertilizers**. 4 ed. New York: Macmillan, 754p.
- YOKOYAMA, L. P. 2002. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H., KLUTHCOUSKI, J., STONE, L. F. (Ed.) **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.249-292.
- WUTKE, E. B., ARRUDA, F. B., FANCELLI, A. L., PEREIRA, J. C. V. N. A., SAKAI, E., FUJIWARA, M., AMBROSANO, G. M. B. 2000. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.621-633.
- WUTKE, E. B., PIRES, R. C. M., TANAKA, R. T., SAKAI, E., MASCARENHAS, H. A. A. 2003. Desenvolvimento vegetativo e radicular, rendimento de grãos e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro da seca após cultivo de adubos verdes, em plantio direto. **Revista de Agricultura**, v.78, p.77-91.