

ASPECTOS AGRO-ECONÔMICOS DA CALAGEM E DA ADUBAÇÃO NAS CULTURAS DE ARROZ E FEIJÃO IRRIGADOS POR ASPERSÃO¹

MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO² e OSMIRA FÁTIMA DA SILVA³

RESUMO - Foram conduzidos sete experimentos em campo, com o objetivo de obter informações agro-econômicas sobre adubação e calagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). O primeiro experimento constituiu-se de 36 parcelas, sendo que metade delas recebeu calcário, e outra metade, não. A adubação, em todas as parcelas, foi de 50-100-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. No segundo experimento, das parcelas com calcário e sem calcário, seis não mais receberam adubação (00-00-00), seis receberam a mesma adubação anterior, e as seis restantes receberam 70-120-82 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. O calcário foi aplicado em três vezes durante o período experimental, totalizando 7,6 t/ha (PRNT = 100%). O sexto experimento constituiu-se de tratamentos com doses crescentes da fórmula 4-30-16 (0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg/ha). No sétimo, testaram-se doses crescentes de N (0, 30, 60, 90, 120 kg/ha). A produção total de feijão no período experimental aumentou em 54% pela calagem, e a relação benefício/custo foi de 9,3. No tocante ao arroz, o aumento de produtividade foi de 14%. O feijoeiro respondeu até a dose máxima de N aplicada em cobertura (120 kg/ha). Quanto ao feijoeiro, a dose máxima econômica da fórmula 4-30-16 foi de 359 kg/ha, com receita líquida de 8,6 sacas de 60 kg e relação benefício/custo de 1,3.

Termos para indexação: análise econômica, *Phaseolus vulgaris*, cobertura nitrogenada, interação calcário x adubação.

AGRO-ECONOMIC ASPECTS OF LIMING AND FERTILIZATION OF SPRINKLER IRRIGATED RICE AND BEAN CROP

ABSTRACT - Seven field experiments were conducted to obtain agro-economic information about liming and of fertilization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and of upland rice (*Oryza sativa* L.). In the 1st experiment there were 36 plots, half of these received liming and the rest half did not receive liming. All the plots received fertilization at the rate of 50-100-60 kg/ha of N-P₂O₅-K₂O, respectively. In the 2nd experiment, plots; with and without liming, six did not receive fertilization (00-00-00), six received same fertilization of the earlier, and remaining six received 70-120-82 kg/ha of N-P₂O₅-K₂O, respectively. The lime was applied for three times during the experimental period, totalling 7.6 t/ha (lime neutralizer power = 100%). The 6th experiment consisted of treatments with increasing levels of formulated fertilizer (0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg/ha). In the 7th experiment, increasing levels of N were tested (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha). Total yield of bean during the experiment period increased 54% by liming and benefit/cost ratio was 9.3. For rice, yield increase was 14%. Common bean responded up to maximum level of N (120 kg/ha) applied as topdressing. For bean crop maximum economic level was 359 kg/ha applied through 4-50-16 formulation, with net benefit of 8.6 bags of 60 kg each and benefit/cost ratio of 1.3.

Index terms: economic analysis, *Phaseolus vulgaris*, nitrogen topdressing, lime x fertilizer interaction.

INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros são, na sua maioria, ácidos e inférteis. Estas características limitaram por muito tempo o desenvolvimento da agricultura na região central do Brasil. Apesar disso, estes solos

¹ Aceito para publicação em 8 de julho de 1994.

² Eng.-Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. Bolsista do CNPq.

³ Economista, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF).

têm representado uma importância fundamental na produção de alimentos. A utilização agrícola desses solos antes considerados improdutivos se tornou possível somente após a adequação de tecnologias que permitiram eliminar os problemas impostos pela acidez do solo (deficiência de nutriente e toxidez de Al). Dentre as tecnologias geradas neste sentido, destaca-se o emprego de fertilizantes como fonte de nutrientes, e de calcário como corretivo da acidez natural dos solos, sem o quê, teria sido impossível a introdução de culturas como a soja, o feijão e o milho.

Resultados de pesquisa demonstrando os efeitos benéficos da calagem e da adubação em várias culturas nas condições descritas acima são vastos na literatura. Porém, numa agricultura intensiva como a irrigada, que visa aumentar a produção/área/tempo, as informações são raras, sendo, assim, fundamental que a demanda por corretivos nestes sistemas irrigados seja associada a uma relação equilibrada de nutrientes fornecidos através de fertilizantes. A maior eficiência dos fertilizantes advinda dos efeitos da calagem deve constituir fator de relevância no processo de recomendação de adubação, o que pode, sem dúvida, trazer maiores lucros aos produtores.

Levantamento realizado por Lopes & Guilherme (1991) mostrou que em 1989 a indústria de calcário somente produziu e comercializou 31% da capacidade instalada, o que denota condição de subconsumo desse agregado no Brasil, para uma demanda real estimada de 75 milhões de toneladas (considerando calcário como 70% de PRNT). O desinteresse pelo calcário se deve, em parte, à falta de informação e esclarecimento do produtor, ou até mesmo de recursos para ter acesso à aquisição do produto.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos agrônômicos e econômicos da calagem e da adubação sobre as culturas de arroz de sequeiro e do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Do início de 1990 até dezembro de 1992 foram conduzidos cinco experimentos, sendo quatro com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e um com arroz (*Oryza sativa* L.), para avaliar os efeitos da calagem e da adubação

sobre o rendimento de grãos e analisar a viabilidade econômica da calagem. Estes experimentos foram instalados sob pivô central, no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA/CNPAF). Antes da semeadura, foi realizada a análise química e física das amostras do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Tabela 1). O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (oxissolo), textura franco-argilosa, com baixo teor de matéria orgânica e baixa disponibilidade de nutrientes na camada superficial. Trata-se de um solo ácido na camada de 0-40 cm de profundidade, com baixos teores de bases trocáveis.

Antes da instalação do primeiro experimento em 21.02.90, procedeu-se à descompactação do solo observada na área e depois confirmada através da análise física (Tabela 1), através da aração profunda.

O primeiro experimento constituiu-se de 36 parcelas de 10 x 10 m, sendo que a metade recebeu calcário na dose de 1,6 t/ha, e a outra metade não recebeu calcário. A adubação foi única para todas as parcelas, ou seja, 50-100-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente (com e sem calcário e 18 repetições). No segundo experimento (segundo cultivo), das 18 parcelas com calcário, seis não mais receberam adubação, seis receberam a mesma adubação do primeiro experimento, e as seis restantes receberam 70-120-82 kg/ha, respectivamente de N-P₂O₅-K₂O. O mesmo foi feito nas parcelas que não receberam calcário (três adubações x duas aplicações de calcário e seis repetições). A partir do segundo experimento, a adubação foi mantida como descrita acima, isto é, parcelas que não receberam adubação no segundo experimento permaneceram não recebendo adubação até o final dos experimentos, e assim nas demais adubações. Nos tratamentos com calcário, foram aplicadas mais 3 t/ha antes do segundo experimento, e 3 t/ha antes do quarto experimento. Isto foi necessário porque o pH do solo não atingiu o valor desejado (\pm = 6,0) com as doses iniciais. Para melhor esclarecimento, os experimentos são descritos na Tabela 2.

Em todos os cinco cultivos, a adubação nitrogenada (uréia) foi parcelada em três vezes, aplicando-se 20 kg/ha de N no plantio, e o restante, em partes iguais, aos 20 e 40 dias após a emergência das plântulas. Para evitar limitações de micronutrientes, foi usada, em toda área experimental, uma mistura de micronutrientes na forma de FTE BR-12, na dose de 45 kg/ha.

No controle de pragas do solo, foram utilizado 20 kg/ha de furadão granulado 5G, e no controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), o azodrin. Foi aplicado, em pós-emergência, o herbicida 2,4 D. Posteriormente, foi necessário fazer uma capina manual para

TABELA 1. Caracterização química e física de duas amostras das camadas de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho-Escuro usado nos experimentos.

Profundidade (cm)	Características químicas							
	pH em H ₂ O (1:2,5)	P ¹	K ¹	CTC ₇	S	V	Sat. Al	MO ¹
0-20	4,8	5,2	0,19	11,6	1,69	14,5	6,0	1,6
20-40	4,8	1,5	0,10	9,2	1,30	14,0	5,4	1,6
Características físicas								
	Argila %	Silte %	Areia %	Classe textural	Densidade aparente g/cm ³	Densidade de partícula g/cm ³	Permeabilidade (P) cm ³ x 10 ¹⁰	
0-20	38,0	22,0	39,2	Franco argiloso	1,31	2,61	99,66	
20-40	41,5	20,5	37,8	Franco argiloso	1,30	2,62	157,19	

¹ P extraído em solução de Melnich-1; K extraído em KCl 1 N; matéria orgânica determinada pelo método de Walkley-Black.

eliminar as ervas daninhas não controladas pelo herbicida.

A população de plantas de feijão usada foi de 240.000 plantas por hectare, no espaçamento de 0,50 m entre linhas. O arroz foi plantado no espaçamento de 0,50 cm entre linhas e densidade de 70 sementes por metro linear. A irrigação foi conduzida de maneira que o potencial de água no solo não ultrapassasse o valor de -0,30 bar (-0,03MPa).

Objetivando determinar a dose ótima econômica de adubação N-P₂O₅-K₂O, instalou-se outro experimento (6º. experimento) na mesma área que anteriormente recebera 3 t/ha de calcário dolomítico (PRNT 100%). Os tratamentos consistiram de doses crescentes da fórmula 4-30-16 (0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg/ha). Aos 30 dias após a emergência das plântulas, foram aplicados mais 30 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio em todos os tratamentos. O delineamento foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições e parcelas de 6 x 4 m. O espaçamento, população de plantas e demais tratamentos culturais foram os mesmos descritos anteriormente em todos os experimentos.

Outro experimento (sétimo experimento) foi conduzido na mesma área para determinar a dose econômica de N em cobertura. Os tratamentos consistiram de cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) na forma de sulfato de amônio, aplicado em duas vezes durante o ciclo da cultura, metade aos 20 dias e metade aos 40 dias após emergência. Antes da semeadura, efetuou-se a calagem com 3 t/ha de calcário (PRNT = 100%) e uma adubação básica com 16-120-64 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. O delineamento foi o de blocos casualizados, com cinco repetições e parcelas de 6 x 4 m.

A análise econômica do calcário foi realizada dentro das considerações da relação benefício/custo, em que a produção, o custo do calcário, o incremento da produção e a receita líquida, são variáveis quantificadas na relação de troca, tendo seus valores como sacas de 60 kg de produto. Essa conversão foi uma alternativa para correção e atualização do custo da produção, devido às disparidades de valores reais de mercado, caracterizadas pela desvalorização da moeda nacional (processo inflacionário). Para esta análise foram considerados os custos do calcário e da mão-de-obra e máquinas para sua aplicação, com preços fixados em novembro de 1992, mantendo-se fixos os demais fatores de produção.

No procedimento para determinação das doses ótimas econômicas tanto do N aplicado em cobertura (sexto experimento) como de N-P₂O₅-K₂O (sétimo experimento), calculou-se a derivada primeira de cada função, igualando-a à relação de preço por kg do fertilizante/preço por kg do feijão e resolvendo-se a equação.

O custo de produção de feijão foi obtido mantendo-se fixos todos os fatores, exceto o do fertilizante, que variou em função das doses crescentes do adubo 4-30-16 mais o N aplicado em cobertura (Fig. 1). No cálculo do custo do fertilizante, foi considerado também o custo operacional de sua aplicação com máquinas e serviços.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito agrônômico da calagem e da adubação

Houve, a partir do segundo cultivo, quando as

TABELA 2. Descrição dos tratamentos por experimento de níveis de calagem e adubação.

Experimento	Adubação	Calagem ¹	NR ²	Cultura	Cultivar/Linhagem	Grupo	Data de Instalação																																																																							
1° exp.	50-100-60	S/C ³	18	feijão	CNF5929	preto	21/02/90																																																																							
	50-100-60	C/C ⁴	18					2° exp.	00- 00-00	SC	6	feijão	Safira	roxo	02/06/90	50-100-00	6	70-120-82	6	00- 00-00	CC	6	50-100-60	6	70-120-82	6	3° exp.	00- 00-00	SC	6	arroz	Araguaia	-	12/11/90	50-100-00	6	70-120-82	6	00- 00-00	CC	6	50-100-60	6	70-120-82	6	4° exp.	00- 00-00	SC	6	feijão	CB720160	preto	1º/7/92	50-100-00	6	70-120-82	6	00- 00-00	CC	6	50-100-60	6	70-120-82	6	5° exp.	00- 00-00	SC	6	feijão	Aporé	carioca	7/7/92	50-100-00	6	70-120-82	6	00- 00-00	CC
2° exp.	00- 00-00	SC	6	feijão	Safira	roxo	02/06/90																																																																							
	50-100-00		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
	00- 00-00	CC	6																																																																											
	50-100-60		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
3° exp.	00- 00-00	SC	6	arroz	Araguaia	-	12/11/90																																																																							
	50-100-00		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
	00- 00-00	CC	6																																																																											
	50-100-60		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
4° exp.	00- 00-00	SC	6	feijão	CB720160	preto	1º/7/92																																																																							
	50-100-00		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
	00- 00-00	CC	6																																																																											
	50-100-60		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
5° exp.	00- 00-00	SC	6	feijão	Aporé	carioca	7/7/92																																																																							
	50-100-00		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											
	00- 00-00	CC	6																																																																											
	50-100-60		6																																																																											
	70-120-82		6																																																																											

¹ Calcário aplicado = 1,6 t/ha antes do 1° experimento; 3 t/ha antes do 2° experimentos e 3 t/ha antes do 4° experimento.

² NR = número de repetições.

³ S/C = sem calcário.

⁴ C/C = com calcário.

doses de adubação foram diferenciadas, um efeito marcante da adubação no aumento de produtividade das culturas, tanto na presença como na ausência da calagem, em todos os cultivos. Considerando a média dos tratamentos com adubação no segundo, quarto e quinto cultivo, e tomando como referência o tratamento sem adubação, observa-se um aumento médio de produção total de grãos de feijão em decorrência da adubação de 47% com calagem e 205% nos tratamentos sem calagem, (Tabela 1).

O fato de as culturas em questão terem respondido mais à adubação na ausência da calagem

reflete o alto grau de deficiência desse solo em nutrientes como P, Ca, Mg e K, o que, por sua vez, resultou em baixa produtividade da testemunha (Tabelas 3 e 4). O efeito da calagem na eficiência da adubação torna-se mais claramente demonstrado pelos níveis médios de produtividade alcançados pela adubação nos tratamentos sem calagem, que foram consideravelmente mais baixos em relação aos com calagem (Tabela 3).

Comparando os dados médios de produtividade dos tratamentos com e sem calcário para cada cultivo, observa-se que a calagem resultou em aumentos expressivos de produtividade. No primeiro

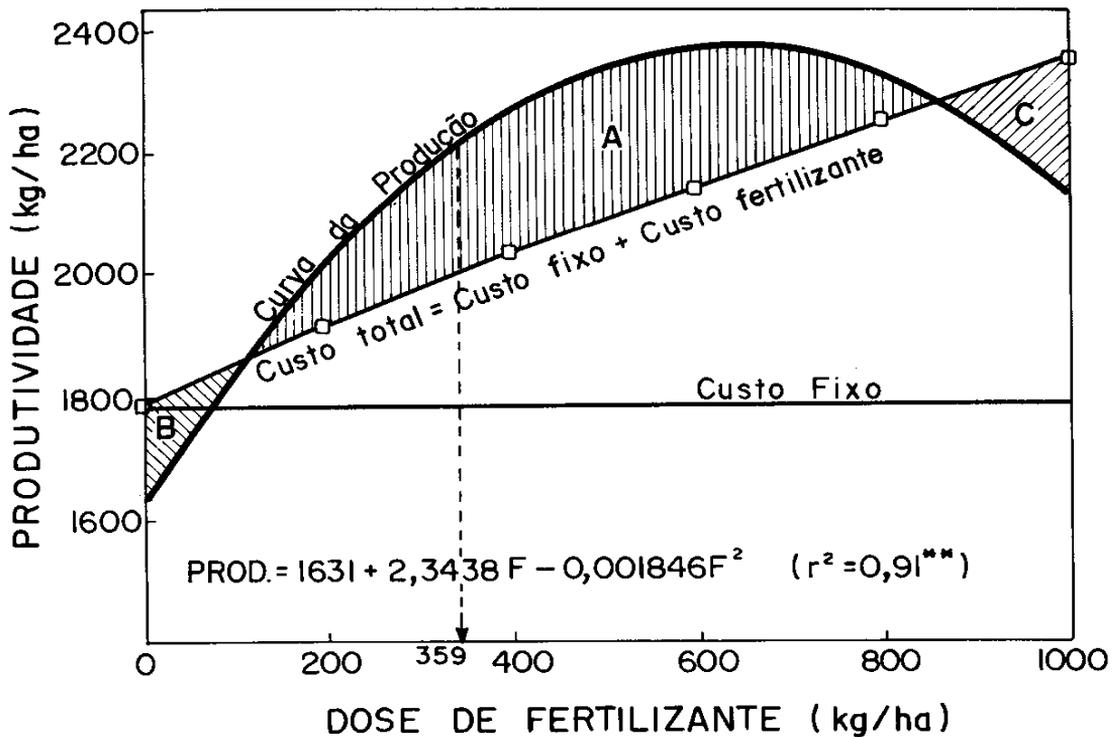


FIG. 1. Representação da análise econômica da adubação e resposta do feijoeiro à aplicação de adubo 4-30-16 mais nitrogênio em cobertura (kg aplicados por hectares) construída com base nos dados observados no sétimo experimento.

cultivo, mesmo com pequena dose de calcário (1,6 t/ha) aplicado por ocasião do plantio, o aumento de produtividade foi de 12%. Nos demais, os aumentos foram de 63%, 114% e 46%, respectivamente, para o segundo, quarto e quinto cultivo. Considerando a produção total de feijão no período experimental, o aumento decorrente da calagem foi de 54%. Quanto ao arroz (terceiro cultivo), que não recebeu calcário mas foi favorecido apenas pelo efeito residual do calcário aplicado no primeiro (1,6 t/ha) e no segundo cultivo (3 t/ha), o aumento de produtividade foi de 14%.

No tratamento com calagem e sem adubação, a partir do segundo cultivo de feijão, ainda foi possível obter níveis satisfatórios de produção. Observe-se, na Tabela 3, que a produção total de fei-

jão no período experimental no tratamento apenas com calagem, foi igual (6,1 t de grãos) à produção dos tratamentos sem calagem, mas que receberam adubação a cada cultivo (6,0 t de grãos no tratamento de 50-100-60 e 6,2 t no tratamento de 70-120-82 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente). Estes resultados sugerem que, nas condições estudadas, o calcário pode alterar profundamente a solubilidade dos nutrientes no solo, e que, quando usado isoladamente, pode causar remoção contínua de P e K do solo pelos cultivos, resultando num empobrecimento gradativo do solo.

O efeito da calagem na disponibilidade de nutrientes no solo é mostrado na Tabela 4. Comparando os valores de P e K disponíveis pelo extrator de Mehlich-1 antes da instalação dos experi-

TABELA 3. Efeito agrônômico da calagem e da adubação no rendimento do arroz e do feijão irrigados por aspersão.

Adubação P-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Calcário	Cultivo					Produção total de feijão ³	Aumento devido ao fertilizante ⁵
		1º Feijão	2º Feijão	3º Arroz	4º Feijão	5º Feijão		
..kg.ha ⁻¹kg.ha ⁻¹t.....%.....
00- 00-00	com	-	1.691 ²	2.520	2.062	2.371	(7,9) 6,1 ⁴	-
50-100-60	com	1.840 ¹	2.545	3.050	2.497	3.606	(10,5) 8,6	-
70-120-82	com	-	2.602	3.454	3.099	3.615	(11,2) 9,3	47
Média		1.840	2.279	3.008	2.553	3.197	(9,9) 8,0	-
00- 00-00	sem	-	645	2.170	503	901	(3,7) 2,0	-
50-100-60	sem	1.640	1.593	2.714	1.518	2.906	(7,6) 6,0	-
70-120-82	sem	-	1.952	3.016	1.545	2.735	(7,9) 6,2	205
Média		1.640	1.397	2.633	1.189	2.181	(6,4) 4,8	-

% de aumento devido ao calcário no período para arroz = 14%; feijão = 54%.

¹ Média de 18 repetições.

² Média de 6 repetições.

³ Representa a soma das produções de feijão do 2º, 4º e 5º cultivos.

⁴ Número entre parênteses representa a produção total de feijão incluindo a produção do 1º cultivo, quando todas as parcelas receberam a mesma adubação. A produção foi de 1.780 kg nas parcelas que deram origem ao tratamento 00-00-00 e 1.894 kg/ha nas parcelas que deram origem ao tratamento 70-120-82 a partir do 2º cultivo.

⁵ Calculados com base na média das produções dos tratamentos de adubação em relação ao tratamento sem adubação. No cálculo foi excluída a produção do 1º cultivo, quando todas as parcelas receberam a mesma adubação.

TABELA 4. Mudanças nos parâmetros de fertilidade do solo no período compreendido entre o 1º e o 4º cultivo.

Adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Calcário	Parâmetros de fertilidade do solo ¹								
		pH	Ca	Mg	Al	P	K	M.O	V	
Amostra original		4,8	0,8	0,7	0,7	5,2	74	1,6	14,5	
		meq./100 ml.....		ppm.....	%.....		
			Após o 1º cultivo							
com	com	5,1	1,0	0,8	0,4	6,3	82	1,3	24,91	
com	sem	4,9	0,5	0,6	0,8	6,5	75	1,2	14,96	
			Após o 4º cultivo							
sem	com	6,0	3,0	1,4	0,1	3,6	57	1,3	53,06	
sem	sem	5,0	0,9	0,7	0,3	6,2	69	1,3	20,92	
com	com	6,1	2,8	1,5	0,1	6,3	80	1,3	53,67	
com	sem	4,8	0,8	0,4	0,5	9,9	83	1,3	16,64	

¹ pH determinado em H₂O (1:2,5); Ca, Mg e Al extraídos com NaCl 1N; P e K extraídos em solução de Mehlich 1; M.O. determinado pelo método de Walkley-Black.

mentos e após o quarto cultivo de feijão no tratamento que recebeu apenas calagem, verifica-se que os teores desses nutrientes diminuíram de 5,2 para 3,6 ppm de P, e de 74 para 57 ppm de K. Mas, quando a prática da calagem foi associada à adubação, o que se observa é que além de causar aumentos expressivos de produtividade das cultu-

ras, contribuiu também para aumentar os valores dos parâmetros de fertilidade do solo ao longo do tempo (Tabela 4). Resultados sobre os efeitos da calagem semelhantes a estes, em outras culturas, e uma discussão mais detalhada sobre o assunto, são encontrados em Alcarde & Lopes (1988).

No tratamento sem calagem e que recebeu adu-

bação apenas no primeiro cultivo de feijão, obteve-se produtividade de 2.170 kg/ha de arroz, sendo que para a cultura do feijoeiro os rendimentos no mesmo tratamento foram sensivelmente menores, isto é, de 645, 503 e 901 kg/ha no segundo, quarto e quinto cultivo, respectivamente. Isto tem ocorrido com certas espécies na região dos cerrados, como é o caso do arroz de sequeiro e de algumas forrageiras, as quais têm mostrado maiores rendimentos em solos de baixa fertilidade, em comparação com outras culturas, como a do feijão, milho e soja. As informações que explicam este fenômeno têm sido concentradas em dois aspectos: (1) sistema radicular abundante das gramíneas, e (2) desenvolvimento de micorrizas e habilidade destas plantas (arroz e pastagens) para extrair P do solo, normalmente não disponível em outras culturas.

Se, por um lado, as condições adequadas de umidade no solo e o uso de calcário tornam o fertilizante mais eficiente (nutrientes mais disponíveis), por outro lado, as plantas apresentam maiores rendimentos, o que resulta em maior exigência das plantas em nutrientes. Estas relações, depois de estudadas é que permitirão com maior grau de precisão definir a adubação mais adequada para as condições irrigadas. Além disto, é necessário também conhecer o efeito do cultivo intensivo sobre as características físicas e químicas do solo, pois a eficiência dos fertilizantes depende efetivamente destas características do solo. Além destas características do solo e das inerentes à planta e ao pró-

prio fertilizante, existem algumas práticas que podem causar certas alterações físicas e químicas no solo, tornando os fertilizantes mais eficientes e econômicos, como foi demonstrado neste trabalho nas práticas da calagem e do controle da umidade do solo.

Efeito econômico da calagem

Para comprovar a viabilidade econômica da calagem e da adubação, utilizaram-se dados de produtividade de quatro cultivos de feijão e um de arroz irrigados por aspersão, e discutidos anteriormente sob os aspectos agrônômicos.

No primeiro cultivo de feijão (Tabela 5) foi feita uma aplicação de 1,6 t/ha de calcário com PRNT corrigido para 100%, cujo retorno sobre o investimento representou um aumento real de 3,3 sacas de 60 kg/ha, com uma receita líquida de 2,1 sacas de 60 kg/ha e com um lucro de 75%. Com a aplicação de mais 3 t/ha de calcário para o segundo cultivo, houve um acréscimo de 14,7 sacas de 60 kg/ha e uma receita líquida de 12,5 sacas de 60 kg/ha, representando um lucro mais expressivo, cuja relação benefício/custo foi de 5,68.

Já para o terceiro cultivo de feijão, foi realizada a aplicação de mais 3 t/ha de calcário (PRNT = 100%), perfazendo um total de 7,6 toneladas. Neste caso, a receita líquida foi ainda mais significativa, ou seja, 20,5 sacas de 60 kg/ha e uma relação benefício/custo de 9,32. Através destas receitas líquidas, evidencia-se o efeito residual do cal-

TABELA 5. Balanço econômico do efeito do calcário em arroz e feijão, irrigados por aspersão.

Cultivo	Calcário aplicado t/ha	Produção ¹		Custo do calcário ²	Aumento da produção devido ao calcário ¹	Receita líquida ¹ (Lucro)	Balanço Benefício/Custo
		c/c	s/c				
1º/Feijão	1,6	30,7	27,4	1,2	3,3	2,1	1,75
2º/Feijão	3	38,0	23,3	2,2	14,7	12,5	5,68
3º/Arroz	-	50,1	43,9	-	6,2	6,2	-
4º/Feijão	3	42,5	19,8	2,2	22,7	20,5	9,32
5º/Feijão	-	53,3	36,3	-	17,0	17,0	

Preços fixados em 1/11/92.

c/c = com calcário.

s/c = sem calcário.

¹ Valores expressos em saca de 60 kg/ha do produto.

² Cálculo do custo do calcário = preço do fator + aplicação, com valores expressos em saca de 60 kg/ha do produto.

calcário, sustentando, assim, a importância de se considerar este aspecto quando se trata de calcário e esta prática como um investimento a ser amortizado com o tempo.

No caso do arroz que não recebeu calcário mas sofreu influência do efeito residual do calcário aplicado no primeiro e segundo cultivo de feijão, foi possível obter uma receita líquida de 6,2 sacas de 60 kg/ha, implicando 14% de aumento de produtividade (Tabela 6). Portanto, nestas condições, em que a umidade do solo é controlada e há uma expectativa de alta rentabilidade, a afirmativa de que a cultura do arroz de sequeiro não responde à calagem não é verdadeira no presente trabalho. Embora esta cultura seja considerada tolerante à acidez, deve-se considerá-la dentro de um sistema de exploração agrícola, principalmente com irrigação suplementar. Nesta situação, o que se espera é a obtenção de produtividades acima de 3 t/ha, o que, sem a devida correção da acidez do solo, poderá trazer dificuldades em aumentar a fertilidade dos solos e a produtividade do arroz, como demonstrado nas Tabelas 3 e 4.

Além disso, alguns solos são deficientes em bases trocáveis, sem que apresentem problemas de Al. Exemplo disso está em Fageria (1984), que elevou o nível de 0,6 para 4,9 meq/100 g de Ca mais Mg, através da calagem, provocando um aumento de 23% na produção de arroz, considerando-se a média de 100 cultivares. Nestas condições, é provável que a calagem tenha funcionado mais como fonte de Ca + Mg do que como neutralizante da acidez, pois o pH original do solo en-

contrava-se na faixa de 5,1 e com 0,3 meq/100 g de Al trocável.

Analisando o período compreendido pelas quatro safras de feijão, obteve-se uma receita líquida de 52 sacas de feijão por hectare e uma relação benefício/custo de 9,3, ou seja, para cada saca de feijão investida em calcário, o retorno foi de 9,3 sacas, o que, em termos econômicos, é considerado de nível ótimo de oferta do produto (Tabela 6).

Acrescente-se a este efeito marcante da calagem no aumento da produtividade, o baixo custo que representa esta prática em relação às demais, como, por exemplo, a irrigação e a fertilização. No presente trabalho, o emprego da calagem representou 5% do custo total da produção, o que pode ser considerado, em relação às outras práticas, um dispêndio financeiro muito baixo, principalmente levando-se em conta o seu alto retorno em termos de benefícios econômicos e sociais.

Efeito econômico da adubação de plantio (NPK)

A economicidade da adubação baseia-se no fato de que nem sempre altas produções correspondem a baixos custos, mas sim em se alcançarem níveis elevados de produção, com doses reduzidas de fertilizantes, implicando baixo custo de produção.

A dose econômica de adubo reflete-se na mais elevada relação benefício/custo que se pode conseguir para uma lavoura. Com base na análise es-

TABELA 6. Balanço econômico do efeito do calcário após quatro cultivos com feijão e um com arroz.

Cultivo	Produção total ¹		Custo do calcário ²	Aumento da produção devido ao calcário ¹	Receita líquida ¹ (lucro)	Balanço Benefício/Custo
	c/c	s/c				
Arroz	50	44	-	6,2(14%)	6,2	-
Feijão	165	107	5,6	57,7(54%)	52,1	9,3/1

Preços fixados em 1/11/92.

c/c = com calcário.

s/c = sem calcário.

¹ Valores expressos em saca de 60 kg/ha do produto.

² Cálculo do custo do calcário = preço do fator + aplicação, com valores expressos em saca de 60 kg/ha do produto.

tatística dos dados de produção observadas em relação às diferentes doses de adubação em kg/ha (0, 200, 400, 600, 800 e 1.000) no sexto experimento, conseguiu-se a função de produção apresentada na Fig. 1.

A dose econômica foi determinada calculando-se a derivada primeira da equação $y = 1.631 + 2,3438F - 0,001846F^2$, onde F = fertilizante e Y = produção em kg/ha.

Portanto,

$$\frac{dy}{dx} = 2,3438 - 0,0037F$$

fazendo $\frac{dy}{dx} = \frac{P1}{P2}$, onde P1 é o preço por quilograma do fertilizante (4-30-16) incluindo custo de aplicação, e P2 é o preço recebido pelo produtor pelo quilograma do feijão (preço de mercado, em 01/11/91), obtém-se:

$$2,3438 - 0,0037F = \frac{237}{233}$$

$$F = 359 \text{ kg/ha}$$

Substituindo-se este valor na função da produção, pode-se calcular a produção correspondente à dose econômica.

$$\text{Prod. econômica} = 1631 + 2,3438 (359) - 0,001846(359)^2$$

$$\text{Prod. econ.} = 2.234 \text{ kg/ha.}$$

Com base na equação do segundo grau, que expressa a produção de grãos em relação às doses de fertilizantes, foi construída a Tabela 7 (dados estimados). Observa-se que o aumento de produção e a eficiência fertilizante diminuem com aumentos na dose de fertilizantes. Este é o princípio dos incrementos decrescentes, usado para calcular a dose econômica de fertilizantes, que também se

TABELA 7. Dados econômicos de produção estimados a partir da equação que expressa a produção de grãos em função das doses de fertilizantes.

Fertilizante	Produção de feijão	Aumento de produção	Eficiência do fertilizante	Custo de fertilizante ¹	Custo total da produção	Lucro do fertilizante	Receita líquida	Relação benef./custo Produção total
	kg/ha		kg/kg		kg/ha de feijão			
0	1631	0	0	0	1206	0	425	1.35
50	1744	113	2,26	235	1403	-123	341	1.24
100	1847	103	2,06	286	1454	-70	393	1.27
150	1941	94	1,88	337	1505	-27	437	1.29
200	2026	85	1,70	388	1555	7	471	1.30
250	2102	76	1,52	439	1606	32	495	1.31
300	2168	66	1,32	490	1657	47	511	1.31
350	2225	57	1,14	541	1708	54	516	1.30
400	2273	48	0,96	591	1759	51	514	1.29
450	2312	39	0,78	642	1810	39	502	1.28
500	2342	30	0,60	693	1861	17	481	1.26
550	2362	20	0,40	744	1911	-13	450	1.24
600	2373	11	0,22	795	1962	-53	411	1.21
650	2375	2	0,04	846	2013	-102	361	1.18
700	2367	-8	-0,16	897	2064	-160	303	1.15
750	2351	-16	-0,32	947	2115	-228	236	1.11
800	2325	-26	-0,52	998	2166	-305	159	1.07
850	2290	-35	-0,70	1049	2217	-391	73	1.03
900	2245	-45	-0,90	1100	2267	-486	-22	0.99
950	2192	-53	-1,06	1151	2318	-590	-127	0.95
1000	2129	-63	-1,26	1202	2369	-704	-240	0.90

Preços fixados em 01/11/91.

¹ Custo do fertilizante + aplicação.

encontra representado na Fig. 1. No início, com doses baixas de fertilizantes o lucro decorrente do fertilizante foi negativo, passando a positivo somente após a aplicação de 200 kg/ha (Tabela 7).

As áreas B e C hachuradas na Fig. 1 indicam as faixas de prejuízos com a aplicação de doses inadequadas do adubo, ao passo que a área A representa os limites de lucratividade.

A dose de fertilizante que resultou em lucro máximo foi de 359 kg/ha, com uma receita líquida de 514 kg/ha de feijão e uma relação benefício/custo de 1,30. Porém, a dose máxima econômica pode variar para mais ou para menos, sem causar maiores prejuízos, conforme se observa na Tabela 4. Estes resultados permitem, portanto, recomendar, na prática, doses variáveis entre 300 e 400 kg/ha para o feijoeiro irrigado por aspersão, dependendo do grau de fertilidade, e, em cada caso particular, das variações de custos e preços, tanto do fertilizante como do produto.

Efeito econômico da adubação nitrogenada em cobertura

Com base nas médias de produção relativas às

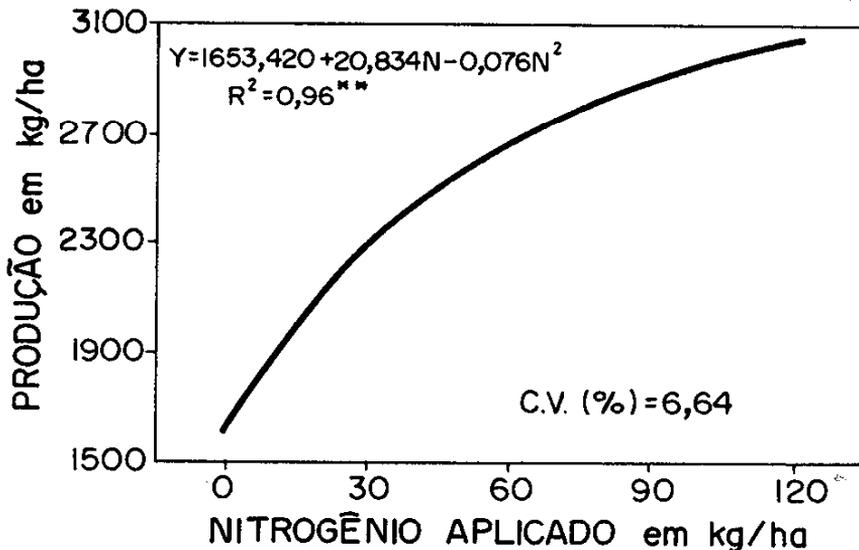


FIG. 2. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura.

doses de N aplicadas em cobertura, no sétimo experimento foi ajustada uma equação de regressão do segundo grau, a qual representada graficamente na Fig. 2.

Calculando-se a derivada primeira da equação e igualando-a a zero, tem-se que:

$$20,834 - 0,152 N = 0,$$

onde N = dose de N em kg/ha.

Segundo esta equação, a resposta ao N atingiria a máxima produção fisiológica quando fossem aplicados 137 kg/ha de N, o que equivale a 3.079 kg/ha de feijão. Embora a dose máxima aplicada no experimento tenha sido de 120 kg/ha de N, com esta dose não se atingiu um platô de resposta (Fig. 2). Os dados demonstram a potencialidade que tem a cultivar de feijão Apuré de responder à aplicação de N em cobertura. A equação indica que para cada quilograma de N aplicado corresponde um aumento de 20,8 kg/ha de feijão.

A dose máxima econômica é calculada igualando a derivada primeira da função de produção à relação de preços do N e do feijão:

20,834 - 0,152 N = PN/PF

CONCLUSÕES

onde PN é o preço por quilograma de N, e PF é o preço por quilograma de feijão (preços fixados em nov./92). Se tomarmos PF = US\$ 0,42 e PN = US\$ 0,30, obtém-se a dose máxima econômica de 132 kg/ha de N. Esta última equação evidencia que a dose máxima econômica depende da relação de preços do N e do feijão. Portanto, para um mesmo PF, quanto maior PN, maiores serão as relações de preço, e, conseqüentemente, menor dose de fertilizante nitrogenado será recomendada para que a produção seja econômica.

A receita líquida é obtida a partir da equação:

$$RL = PF \cdot PME - DME \cdot PN - CT (CV + CF),$$

onde:

RL é a receita líquida, PME é a produção máxima econômica, DME é a dose máxima econômica, CT é o custo total, CV é o custo variável e CF é o custo fixo.

Substituindo-se na última equação os valores de produção, dose econômica e custo total de produção, obtém-se uma receita líquida de US\$ 709,00 e uma relação benefício/custo de 2,4. Porém, do ponto de vista econômico, devem ser considerados, na verdade, outros custos no cálculo da receita líquida, como, por exemplo, os encargos financeiros: administração, assistência técnica, seguro, impostos, e juros, no caso de financiamento da lavoura. Se estes custos forem considerados, a receita líquida poderá não existir ou, certamente, será muito menor (Tabela 8).

TABELA 8. Custo de produção de feijão irrigado por aspersão, com produtividade estimada de 3.079 kg/ha.

Operação e serviços	US\$/ha	(Sacas de 60 kg/ha)
Insumos	323	13
Trabalho	25	1
Máquinas	131	5
Irrigação	54	2
Beneficiamento	11	0.4
Encargos financeiros	482	19
Custo total c/enc.financ.	1026	40
Custo total s/enc.financ.	544	21

Preços fixados em 01/11/92.

US\$ 1,00 = Cr\$ 8.034,10.

1. A percentagem de aumento de produtividade decorrente do calcário no período experimental (uma safra de arroz e quatro de feijão) foi de 14% relativamente ao arroz, e 54% no que respeita ao feijoeiro.

2. A análise econômica do emprego da calagem indicou uma receita líquida de 6,2 sacas/60 kg/ha de arroz, apenas utilizando o efeito residual do calcário, e de 52 sacas/60 kg/ha de feijão (considerando quatro safras). A relação benefício/custo foi de 9,3, isto é, para cada saca de feijão investida em calcário, houve um retorno de 9,3 sacas de feijão.

3. Houve resposta significativa do feijoeiro à adubação NPK, sendo que a dose máxima econômica foi de 359 kg/ha do adubo formulado 4-30-16. Com esta adubação, a produção foi de 2.234 kg/ha de feijão, com uma receita líquida de 8,6 sacas de 60 kg por hectare e uma relação benefício/custo de 1,3.

4. Houve resposta significativa do feijoeiro ao N aplicado em cobertura até a dose máxima testada de 120 kg/ha de N. A dose máxima econômica foi de 137 kg/ha de N, com produtividade de 3.079 kg/ha.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C.; LOPES, A.S. Calagem e eficiência dos fertilizantes minerais. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; FREITAS, S.S. *A responsabilidade social da Ciência do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.93-100.
- FAGERIA, N.K. Resposta de cultivares de arroz à aplicação de calcário em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n.7, p.883-889, 1984.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. *Preservação ambiental e produção de alimentos*. São Paulo: ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1991. 14p.