

AVALIAÇÃO DO LITHOTHAMNIUM COMO CORRETIVO DA ACIDEZ DO SOLO E FONTE DE NUTRIENTES PARA O FEIJOEIRO¹

PAULO CÉSAR DE MELO²
ANTONIO EDUARDO FURTINI NETO³

RESUMO – Com o objetivo de avaliar o efeito do Lithothamnium na correção da acidez de solo e como fonte de nutrientes para o feijoeiro, desenvolveu-se um experimento em condições de casa-de-vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, três solos, Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Vermelho Amarelo (LV) e Argissolo Vermelho (AV) e nove tratamentos (testemunha - dose zero) e quatro doses de Lithothamnium (1/4; 1/2; 1 e 2 vezes a dose para V a 70%), e quatro adicionais: calcário dolomítico comercial como referência-padrão (V a 70%); Lithothamnium (V a 70%) sem micronutrientes; Lithothamnium (V a 70%) com redução de 20% de NPK e Lithothamnium (V a 70%) mais Mg. Foram utilizados vasos de três dm³ com quatro plantas de feijoeiro. Dessas quatro, duas foram colhidas no florescimento, nas quais avaliaram-se as concentrações de macro e micronutrientes nas folhas; as outras foram colhidas no final do ciclo, quando avaliou-se, dentre outras características, a produção de matéria seca de grãos. O Litho-

thamnium mostrou praticamente o mesmo efeito que o calcário dolomítico comercial na correção da acidez e na saturação por bases utilizando-se a dose para V a 70%. O Lithothamnium promoveu, nos três solos, a elevação dos teores de cálcio e magnésio, aumento nos valores de pH e saturação por bases e conseqüente redução na saturação por alumínio, podendo o produto ser utilizado como corretivo e fertilizante. Esses efeitos promoveram melhores condições de nutrição, crescimento e produção do feijoeiro. A dose para se atingir 90% da produção máxima de grãos de feijoeiro no solo NQ foi de 610 kg ha⁻¹ e no solo LVd de 1.090 kg ha⁻¹, abaixo das doses de Lithothamnium para se atingir um V a 70%. No NQ, na ausência de Lithothamnium e também no tratamento adicional, Lithothamnium (V a 70%) sem micronutrientes não houve a produção de grãos. De maneira geral, observou-se que as menores doses de Lithothamnium, nos três solos, foram as que apresentaram melhores resultados nas características avaliadas e que os melhores resultados foram encontrados no LVd.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Lithothamnium calcareum*, *Phaseolus vulgaris* L., acidez, saturação por bases, fertilizante.

EVALUATION OF LITHOTHAMNIUM AS CORRECTIVE OF SOIL ACIDITY AND SOURCE OF NUTRIENTS FOR BEAN PLANTS

ABSTRACT – With the objective of evaluating the efficiency of lithothamnium in the correction of the soil acidity and as source of nutrients for bean plants, an experiment was conducted in vases, in greenhouse conditions. The experimental design was a complete randomized one, with nine treatments: control, four doses of lithothamnium (1/4, 1/2, 1 and 2 times the dose for V at 70%), commercial dolomite limestone as reference pattern (dose for V at 70%), lithothamnium (V at 70%) without micronutrients, lithothamnium (V at

70%) with reduction of 20% of NPK and lithothamnium (V at 70%) plus Mg. Three soil classes were evaluated, Quartzarenic (NQ), Yellow Red Latossol (LV) and Red Argissol (AV), with four repetitions for each treatment. Four bean plants were cultivated in vases with three dm³. Two of these plants were harvested in the flowering period, with both the macro and micronutrients concentrations being evaluated. The other two plants were harvested at the end of the cycle, when the productions of grain and

-
1. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/UFLA, Caixa Postal 37 – 37200-000 – Lavras, MG. Trabalho financiado pela THOTHAM Mineração Marítima Ltda.
 2. Engenheiro Agrônomo – Pesquisador, Professor no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia – ICIAG/UFU. pcmelo@ufu.br
 3. Professor Doutor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. afurtini@uflabr

vegetable dry matter (aerial parts, root, grain and total) were evaluated. Lithothamnium showed practically the same effect of the commercial dolomite limestone in the correction of the acidity and in the saturation for bases being used the dose to reach a V at 70%. Lithothamnium promoted in the three soils, the elevation of calcium and magnesium levels, increasing the pH values and saturation for bases, and consequently, reduction in the saturation for aluminum, accrediting the product to be used as corrective and fertilizer. Those effects promoted better nutrition conditions, growth and production of the bean plant.

INDEX TERMS: *Lithothamnium calcareum*, *Phaseolus vulgaris* L., soil acidity, saturation for bases, fertilizer.

INTRODUÇÃO

Há muito tempo se tem utilizado o Lithothamnium, material corretivo derivado de algas marinhas calcárias, nas costas francesa, inglesa e irlandesa para correção de solos ácidos e/ou deficientes em cálcio. Nessas regiões, o produto é conhecido pelo nome de Calcified Seaweed ou “maërl”, sendo composto de esqueleto remanescente de *Phytamolithium calcareum* e *Lithothamnium corraloides*. Estudos antigos, datados do ano 1853, na Europa, indicam que seu uso parece ter tido uma primeira menção no ano 1186 (Le Bleu, 1983).

No Brasil, os depósitos de algas calcificadas do grupo das Melobesiaie são encontrados desde a Região Amazônica até o sul do Rio de Janeiro, numa extensão de cerca de 4.000 km, com reservas ainda não conhecidas. Esses fundos de Melobesiaie, livres da plataforma continental, localizam-se próximo ao litoral, e com sua relativa facilidade de exploração e processamento, podem-se constituir em alternativa de produto para fins agrícolas (Kempf, 1974).

O produto é retirado do fundo do mar, do sedimento marinho, na plataforma continental do Espírito Santo e estocado no pátio da fábrica por um período variável. Após a primeira trituração, é seco ao ar quente e micropulverizado a frio. Devido à porosidade do corpo da alga, o produto apresenta uma atividade muito intensa no solo, atividade essa devida principalmente à elevada superfície específica do material (Lopez-Benito, 1963).

Miranda (1985) estudou a utilização de um calcário magnesiano comercial e dois calcários marinhos (Lithothamne C e Lithothamne 400), de procedência francesa, como corretivos da acidez do solo para a cultura do milho-grão, em dois Latossolos. Concluiu que os calcários marinhos são viáveis como corretivos da

The doses to reach 90% of the maximum production of grains in the NQ and LV soils were 610 and 1.090 kg ha⁻¹, respectively, these doses being lower than those required to reach a V at 70%. In NQ soil, without lithothamnium, and also in the treatment with lithothamnium (dose for V at 70%) without micronutrients, plants did not produce grains. In a general way, it was observed that the smallest doses of lithothamnium, in the three soils, were the ones that presented better results in the appraised characteristics and that the best results were found in LV.

acidez do solo quando aplicados em quantidades semelhantes às do calcário comercial. No entanto, seu uso não dispensaria a aplicação de micronutrientes para solos deficientes nesses elementos. O mesmo autor sugere que seria importante que os calcários marinhos fossem testados em campo, para avaliar o seu efeito residual e, dependendo dos custos de sua extração e preparo, possam constituir uma alternativa de corretivo de acidez do solo nas regiões agrícolas próximas do litoral.

Rosolem (1987) discute os efeitos da calagem no feijoeiro, apontando os efeitos positivos dessa prática na nutrição nitrogenada (via aumento da disponibilidade de Mo, afetando a fixação simbiótica e a assimilação do N mineral absorvido ou em função do maior desenvolvimento radicular) na economia de fertilizante fosfatado, na correção dos níveis tóxicos de Al e Mn, na prevenção da deficiência de micronutrientes e na maior tolerância a condições hídricas adversas.

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do Lithothamnium sobre os atributos químicos relacionados à acidez do solo e como fonte de nutrientes para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em três solos distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa-de-vegetação do DCS-UFLA. O Lithothamnium foi caracterizado e analisado quimicamente (Quadro 1).

Foram coletadas amostras (0 a 20 cm) de três solos abrangendo três classes: Neossolo Quartzarênico (NQ), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média (LVd) e Argissolo Vermelho distrófico, textura muito argilosa (AVd). As amostras foram secas ao ar, peneiradas em malha de 5 mm de abertura, e caracterizadas química e fisicamente (Quadro 2).

QUADRO 1 – Caracterização química do Lithothamnium.

CaO	Ca	MgO	Mg	PN	Reatividade	PRNT
-----g kg ⁻¹ -----				-----%-----		
462,7	330,5	42,3	25,4	93,31	99,26	92,62

¹ Análises realizadas no Laboratório de Análise de Corretivos do DQI/UFLA, conforme metodologia descrita em Brasil (1983).

QUADRO 2 – Principais características químicas e físicas dos solos utilizados, antes da aplicação dos tratamentos¹.

Características	Solo		
	NQ	LVd	Avd
pH em água (1:2,5)	5,1	4,8	4,7
P (mg dm ⁻³)	2,0	1,0	2,0
K (mg dm ⁻³)	16,0	16,0	31,0
Ca (mmol _c dm ⁻³)	4,0	6,0	10,0
Mg (mmol _c dm ⁻³)	1,0	2,0	4,0
Al (mmol _c dm ⁻³)	8,0	10,0	13,0
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	29,0	50,0	63,0
S (mmol _c dm ⁻³)	5,0	8,0	15,0
CTC a pH 7,0 – T (mmol _c dm ⁻³)	34,0	58,0	78,0
Saturação por Al (%)	59,7	54,3	46,8
Saturação por bases (%)	15,7	14,4	19,0
S – Sulfato (mg dm ⁻³)	2,3	0,8	4,7
B (mg dm ⁻³)	0,1	0,1	0,4
Zn (mg dm ⁻³)	0,6	0,5	0,1
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,4	0,4
Mn (mg dm ⁻³)	1,6	0,4	1,9
Fe (mg dm ⁻³)	90,1	101,4	103,4
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	13,0	21,0	31,0
Argila (g kg ⁻¹)	20	330	830
Areia (g kg ⁻¹)	950	520	70
Silte (g kg ⁻¹)	30	150	100
Classe Textural	Arenosa	Média	Muito argilosa

¹ – Análises realizadas no DCS/UFLA. As concentrações de P, Ca, Mg, Al e K foram determinadas com modificações propostas pela EMBRAPA. Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos pelo DTPA e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica. O boro foi extraído através da metodologia da água quente (Berger & Truog, 1939).

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e três solos (NQ, LVd e AVd) e 9 tratamentos resumidos no Quadro 3.

O Lithothamnium e o calcário foram aplicados em forma sólida e os macro e micronutrientes foram aplicados na forma de solução, fazendo-se cuidadosa homogeneização do material. Dessa forma, os tratamentos foram aplicados, adubando-se no plantio com macro e micronutrientes (mg dm^{-3}): 100 de N; 150 de K; 50 de S; 0,8 de B; 1,3 de Cu; 4,0 de Fe; 3,6 de Mn e 5,0 de Zn e, no caso do fósforo, forneceram-se 150, 250 e 350 mg de P dm^{-3} para os solos NQ, LVd e AVd, respectivamente. Como fontes, utilizaram-se $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; K_2SO_4 ; KCl; NH_4NO_3 ; H_3PO_4 ; H_3BO_3 ; $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e ZnCl_2 , na forma de sais p.a. Os solos com os tratamentos foram incubados por 30 dias, com umidade 70% do volume total de poros, VTP (Freire et al., 1980). Após incubação, fez-se amostragem dos solos por vaso para as determinações analíticas pré-plantio. Semearam-se 9 sementes de feijão carioca, cultivar "Milênio", hábito de crescimento indeterminado, tipo 3 (Departamento de Biologia/UFLA). A umidade do solo foi mantida em torno de 70% do VTP, por meio de pesagens periódicas com adição de água deionizada. Após a emergência, estádio R1, desbastaram-se e conduziram-se quatro plantas por vaso ($3,0 \text{ dm}^3$ de solo). Os vasos foram submetidos a um rodízio semanal em sua posição na casa-de-vegetação. Foram realizadas adubações em cobertura totalizando 540 mg dm^{-3} de N e 240 mg dm^{-3} de K na forma de NH_4NO_3 e KNO_3 , sais p.a., com base em Feitosa (1980). No período do florescimento (R6),

foram coletadas duas plantas, cortando-as rente ao solo, para análise dos teores de macro e micronutrientes nas folhas, segundo Malavolta et al. (1997).

A colheita das vagens na fase de maturação foi realizada aos 75 dias após a emergência. Após a colheita, todo material vegetal foi separado em parte aérea (caule + ramos + folhas + vagens), raiz e grãos, sendo lavado, seco e acondicionado em sacos de papel. Posteriormente, foi seco em estufa de circulação de ar forçada na temperatura de 60° a 65°C , até atingir massa constante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e como ocorreram diferenças significativas pelo teste F, teste de médias (Tukey), teste t para contraste entre duas médias e, nas doses crescentes, estudos de regressão polinomial foram efetuados com o objetivo de analisar o efeito isolado das doses de Lithothamnium em relação à testemunha, de acordo com Banzato & Kronka (1989). Equações de regressão foram ajustadas às médias de massa de matéria seca de grãos em função das doses de Lithothamnium aplicadas. Por meio dessas equações de regressão, obtiveram-se as estimativas das doses de Lithothamnium para produção de 90% da máxima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise química dos solos são apresentados no Quadro 4.

QUADRO 3 – Tratamentos utilizados no experimento com o feijoeiro.

Tratamento	Solo			Adubação básica NPK	Adubação micro-nutrientes	Adição de Mg	
	NQ	LV	AV				
	Quantidade do Produto (g vaso^{-1})						
T1	Litho Dose 0	0	0	0	+	+	-
T2	Litho Dose 1	1,3 (0,88) ²	2,3 (1,52)	2,9 (1,96)	+	+	-
T3	Litho Dose 2	2,6 (1,72)	4,6 (3,08)	5,8 (3,92)	+	+	-
T4	Litho Dose 3	5,2 (3,48)	9,2 (6,12)	11,7 (7,80)	+	+	-
T5	Litho Dose 4	10,4 (6,96)	18,4 (12,24)	23,4 (15,60)	+	+	-
T6	Calcário dolomítico ¹	4,6 (3,04)	8,0 (5,32)	10,4 (6,92)	+	+	-
T7	Lithodose 3	5,2 (3,48)	9,2 (6,12)	11,7 (7,80)	+	-	-
T8	Lithodose 3	5,2 (3,48)	9,2 (6,12)	11,7 (7,80)	-20%	+	-
T9	Lithodose 3	5,2 (3,48)	9,2 (6,12)	11,7 (7,80)	+	+	+

¹ Dose de calcário dolomítico como referência para comparações.

² Toneladas por ha.

QUADRO 4 – Caracterização química das amostras dos solos, após incubação com os tratamentos.

Solo	Características	Tratamentos								
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
NQ	pH em água (1:2,5)	5,7	6,0	6,0	6,1	6,7	6,3	6,0	6,0	6,3
	P Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	88	95	89	88	89	88	88	70	80
	K Mehlich 1 (mg dm⁻³)	132	159	135	138	137	124	134	114	127
	Ca (mmol _c dm ⁻³)	3	7	10	18	31	11	18	19	17
	Mg (mmol_c dm⁻³)	1	2	3	5	4	9	7	5	10
	Ca:Mg	3	3,5	3,3	3,6	7,7	1,2	2,6	3,8	1,7
	Al (mmol_c dm⁻³)	3	1	0	0	0	0	0	0	0
	H + Al (mmol _c dm ⁻³)	25	21	18	15	11	16	16	15	13
	CTC efetiva – t (mmol_c dm⁻³)	10	14	17	27	39	24	29	28	31
	CTC a pH 7,0 – T (mmol _c dm ⁻³)	33	30	30	41	49	40	44	43	44
	Saturação por Al – (%)	27	6	0	0	0	0	0	0	0
	Saturação por bases – (%)	23	39	48	65	78	59	65	66	70
	Matéria orgânica (g dm⁻³)	14	14	14	13	14	13	13	13	14
	S – SO ₄ (mg dm ⁻³)	49	65	62	79	80	50	53	53	61
	B (mg dm⁻³)	0,5	0,7	0,8	1	1	0,8	0,5	1	0,9
	Cu (mg dm ⁻³)	3,1	2,9	1,6	1,3	1,6	0,5	0,9	0,7	0,5
	Fe (mg dm⁻³)	94	65	53	50	27	52	43	50	50
	Mn (mg dm ⁻³)	6,5	4,5	3,6	4,3	3,1	4,1	2,7	4,3	2,8
	Zn (mg dm⁻³)	2,8	4,8	1,6	1	0,8	1,2	1	0,7	0,9
LVd	pH em água (1:2,5)	5,2	5,6	5,9	6,2	6,9	6,2	6,1	6,1	6,1
	P Mehlich 1 (mg dm⁻³)	54	46	52	48	51	57	56	34	29
	K Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	172	157	167	161	162	202	192	164	190
	Ca (mmol_c dm⁻³)	4	11	20	36	60	32	45	44	43
	Mg (mmol _c dm ⁻³)	2	5	8	6	10	25	9	8	24
	Ca:Mg	2	2,2	2,5	6	6	1,3	5	5,5	1,8
	Al (mmol _c dm ⁻³)	4	1	1	0	0	0	0	0	0
	H + Al (mmol_c dm⁻³)	58	37	30	22	14	25	25	24	22
	CTC efetiva – t (mmol _c dm ⁻³)	15	21	32	46	74	62	59	57	72
	CTC a pH 7,0 – T (mmol_c dm⁻³)	68	57	62	68	88	88	83	80	93
	Saturação por Al – (%)	29	5	2	0	0	0	0	0	0
	Saturação por bases – (%)	15	35	52	67	84	72	71	70	77
	Matéria orgânica (g dm ⁻³)	30	24	26	26	27	32	33	32	32
	S – SO₄ (mg dm⁻³)	73	70	92	105	147	147	138	88	75
	B (mg dm ⁻³)	0,6	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,7	0,8
	Cu (mg dm⁻³)	1,8	1,2	1,6	0,9	0,5	0,9	0,3	0,6	0,5
	Fe (mg dm ⁻³)	125	94	84	45	24	51	49	55	39
	Mn (mg dm⁻³)	5,9	3,9	3,2	4,2	3,7	4,9	3,3	4,7	4
	Zn (mg dm ⁻³)	2,4	1,8	1,3	1,2	1	2,1	0,1	1,3	1,6

Continua...

QUADRO 4 – Continuação...

AVd	pH em água (1:2,5)	4,7	5	5,3	5,7	6,9	5,9	5,9	5,8	5,9
	P Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	112	121	121	116	118	113	119	87	101
	K Mehlich 1 (mg dm⁻³)	173	174	178	189	192	191	197	165	182
	Ca (mmol _c dm ⁻³)	12	24	37	60	88	42	59	55	56
	Mg (mmol_c dm⁻³)	2	8	6	10	10	30	11	11	24
	Ca:Mg	6	3	6,2	6	8,8	1,4	5,4	5	2,3
	Al (mmol_c dm⁻³)	4	1	1	0	0	0	0	0	0
	H + Al (mmol _c dm ⁻³)	58	37	30	22	14	25	25	24	22
	CTC efetiva – t (mmol_c dm⁻³)	15	21	32	46	74	62	59	57	72
	CTC a pH 7,0 – T (mmol _c dm ⁻³)	109	98	96	105	116	107	103	98	112
	Saturação por Al – (%)	36	8	1	0	0	0	0	0	0
	Saturação por bases – (%)	17	36	49	72	89	71	73	71	76
	Matéria orgânica (g dm⁻³)	23	32	33	31	30	32	32	33	32
	S – SO ₄ (mg dm ⁻³)	76	86	97	112	148	110	128	106	162
	B (mg dm⁻³)	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,3	0,5	0,8
	Cu (mg dm ⁻³)	0,6	1,4	0,6	1,7	0,4	0,5	0,3	0,5	1,1
	Fe (mg dm⁻³)	80	80	65	32	15	41	35	34	29
	Mn (mg dm ⁻³)	6,5	5,8	4,2	2,4	3,2	2,2	1,6	1,5	2,2
	Zn (mg dm⁻³)	2,7	2	1,1	0,6	0,5	1,3	0,2	0,7	0,9

¹ – Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, DCS/UFLA. ² T1 ao T5 = Doses de Lithothamnium, T6* = dose de calcário dolomítico V a 70%, T7 = Lithodose 3 sem micro, T8 = Lithodose 3 menos 20% NPK e T9 = Lithodose 3 + Mg.

Os solos apresentaram a mesma tendência de elevação de pH, neutralização do Al³⁺ trocável e incremento de Ca²⁺ e Mg²⁺. Entretanto, para o calcário dolomítico, na dose para V a 70%, o pH atingiu 6,3, valor próximo dos outros tratamentos no solo NQ, à exceção do tratamento T5.

Para a relação Ca:Mg apresentada no Quadro 4, para os três solos, houve uma tendência de aumento com as respectivas doses crescentes do Lithothamnium, tratamentos T2 a T5. Nos tratamentos com Lithothamnium, os valores dessa relação variaram de 1,3 a 10,6 no solo NQ, tratamentos T3 + Mg e T5. Vale ressaltar que, para o calcário dolomítico (V a 70%), a relação variou de 1,5; 1,2 e 1,9 nos solos NQ, LVd e AVd, respectivamente, sendo indiferentes para a cultura do feijoeiro (Bornman et al., 1998).

Na redução da saturação por alumínio (m%) também ocorreu a mesma tendência nos três solos, com valores menores em relação à testemunha (Quadro 4).

Produção de grãos (MSGRÃO)

Os tratamentos influenciaram significativamente (P<0,05) a produção de grãos nos solos NQ e LVd (Quadro 5).

Em todos os solos, a produção de matéria seca de grãos foi menor (ou mesmo ausente) no tratamento-testemunha, comprovando a grande sensibilidade do feijoeiro à acidez do solo. Os dados de MSGRÃO do feijoeiro no solo AVd não se ajustaram a nenhum modelo de regressão.

Na Figura 1 fica demonstrado que, nos solos NQ e LVd, o feijoeiro respondeu significativamente à aplicação do Lithothamnium, com elevados incrementos na produção de MSGRÃO, nas doses iniciais, seguido de um patamar de estabilização, após atingir o máximo.

A produção de matéria seca de grãos em função das doses de Lithothamnium seguiu o modelo de resposta base raiz quadrada nos solos (Figura 1). Ela foi máxima nas doses de 5,06 e 17,04 g vaso⁻¹, para os solos NQ e LVd, respectivamente (Quadro 6). Para o solo NQ, a quantidade de Lithothamnium para 90% da pro-

dução máxima situou-se bastante próxima da primeira dose do produto (Quadro 3), a qual proporcionou pH de 6,0 e valor de saturação por bases (Quadro 4) abaixo do adequado para a cultura do feijoeiro, de acordo com Raij et al. (1996). Entretanto, para o solo LVd, a quantidade de Lithothamnium para 90% da produção máxima situou-se acima da primeira dose, mais próxima da segunda dose, a qual proporcionou valor de saturação por bases de 52% (Quadro 4). Essa dose, teste F ($P < 0,05\%$) não alterou a produção de matéria seca de grão (Figura 1). Os modelos indicam aumento na produção de matéria seca de grãos com aplicação das doses crescentes do

Lithothamnium até atingir um ponto máximo, o qual não varia a produção, mesmo com as doses mais altas.

As estimativas de produções de matéria seca de grãos (90% da produção máxima) corresponderam às doses de 612 e 1096 kg ha⁻¹ do produto, representando uma diminuição de 69,8% e 83,9% em relação à dose para máxima produção, nos solos NQ e LVd (Quadro 6). Esta redução em mais de um terço na quantidade de Lithothamnium pode significar expressiva redução de custos nas práticas corretivas do solo.

A taxa de benefício no solo NQ apresentou-se menor que o solo LVd por grama do Lithothamnium aplicado (Quadro 6), mas foi altamente expressiva.

QUADRO 5 – Resumo da análise de variância para a característica MSGRÃO.

F.V.	GL	Solo		
		NQ	LVd	AVd
Tratamento	8	54,4985**	66,52805*	140,9954**
Erro	27	5,7748	4,1164	18,3212
C.V. (%)	-	19,2	19,2	22,9

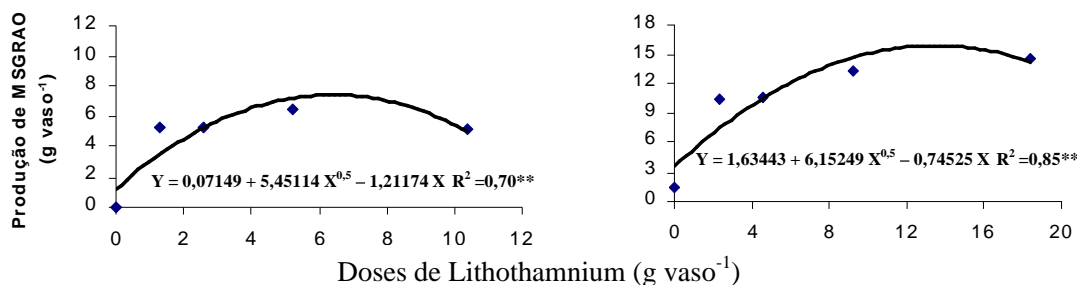


FIGURA 1 – Produção de matéria seca de grãos do feijoeiro em função das doses de Lithothamnium nos solos NQ, LVd (** significativo a 1%, teste t).

QUADRO 6 – Massa estimada da produção de matéria seca de grãos (MSGRÃO) do feijoeiro correspondente à produção máxima e 90% da máxima, doses de Lithothamnium estimadas para promover essas produções e taxa de benefício (g MSGRÃO/g Lithothamnium aplicado), na dose equivalente a 90% da MSGRÃO.

Solo	MSGRÃO 90%	Máximo	Dose de Lithothamnium 90%	Máxima	Taxa de Benefício
	g vaso ⁻¹			g MSGRÃO/ g Lithothamnium	
NQ	5,58	6,20	1,53	5,06	3,64
LVd	12,90	14,33	2,74	17,04	4,71

Pelo Quadro 7 pode-se comparar os tratamentos adicionais com a aplicação de Lithothamnium para V a 70%. O tratamento calcário dolomítico não foi significativo a 5% pelo teste t. A adição de Mg ao Lithothamnium, T9, apesar de fornecer relações Ca:Mg no solo similares às do calcário, não surtiu o mesmo efeito desse tratamento (Quadro 7).

A variabilidade dos resultados de MSGRÃO (Quadro 7) é um complicador para a discussão de causas e efeitos dos tratamentos. Por exemplo, Lithothamnium + Mg apresentou a maior produção de MSGRÃO no solo AVd e a menor no solo LVd. Já o tratamento T7, sem micronutrientes na adubação, inviabilizou a produção de grãos no solo NQ e provocou apenas ligeiros acréscimo e decréscimo de produção nos outros dois solos. Esse tratamento, T7, Lithothamnium sem micronutrientes e aumento da V% e do pH (Quadro 4), provavelmente reduziu a disponibilidade dos micronutrientes, pois o produto não foi capaz de suplementar esses nutrientes nesse tipo de solo. Deve-se ressaltar que nesse solo (NQ) o seu uso não dispensaria, porém, a aplicação de micronutrientes para a cultura do feijoeiro.

Com o incremento das doses de Lithothamnium, ocorreu aumento linear no teor de Ca e Mg nas folhas

do feijoeiro, ($P < 0,05$). Isso seria consequência do aumento nos teores de Ca e Mg trocável no solo, ocasionado pelo Lithothamnium, possibilitando o aumento de absorção pelo sistema radicular da cultura. As folhas do feijoeiro apresentaram teores de Ca mais elevados no tratamento T5, que representa o dobro da dose de Lithothamnium para se atingir um V a 70%, à exceção no solo AVd, em que o T4 foi maior, porém, não diferindo estatisticamente do T5 (Quadro 8).

Entretanto, no T6, calcário dolomítico, os teores de Ca foram menores que no T4 (Lithothamnium V a 70%), porém, não diferiram estatisticamente (Quadro 8). Maiores teores de Mg nas folhas estiveram associados ao T6, calcário dolomítico, e adicional T9, Lithothamnium mais Mg, nos três solos. De maneira oposta, os menores teores ocorreram no tratamento T1, com ausência de Lithothamnium. O aumento nos teores de Mg acompanha as doses de Lithothamnium. Ressalta-se que, no solo LVd, o adicional T9 apresentou a menor relação Ca:Mg, evidenciada pelo aumento no teor de Mg, sem, contudo, afetar o teor de Ca. O tratamento T8 (redução em 20% de NPK), quando comparado ao T4, não diferiu estatisticamente para esses nutrientes.

QUADRO 7 – Produção de matéria seca de grãos (MSGRÃO) do feijoeiro nos tratamentos com Lithothamnium para elevação da V a 70% e adicionais.

Descrição	MSGRÃO		
	NQ	LVd	AVd
g vaso ⁻¹		
Lithothamnium- V₇₀	6,4	13,3	18,2
Calcário dolomítico¹ V₇₀	7,7	14,9	25,9
teste t	0,29	0,12	0,06^o
Lithothamnium V ₇₀	6,4	13,3	18,2
Lithothamnium – micros	0,0	11,5	20,3
teste t	0,00**	0,03*	0,31
Lithothamnium V₇₀	6,4	13,3	18,2
Lithothamnium – 20% NPK	9,7	10,4	15,6
teste t	0,04*	0,00**	0,29
Lithothamnium V ₇₀	6,4	13,3	18,2
Lithothamnium + Mg	10,5	8,0	20,3
teste t	0,06 ^o	0,00**	0,31

¹Dose de calcário dolomítico (PN=102,9%). ^o, *, ** significativo a 10%, 5% e 1%, teste t.

QUADRO 8 – Teores foliares de nutrientes no feijoeiro por ocasião do florescimento.

Solo	Trat.	Dose Litho (g vaso ⁻¹)	Teor de nutrientes no tecido foliar											
			N	P	K	Ca	Mg	S	Ca:Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----					
	T1	0,0	34,1a	2,51abc	30,28a	0,64f	0,7c	2,97ab	0,9	51,96a	5,03a	173,95ab	559,63a	78,04a
	T2	1,3	16,3bc	2,81ab	18,49b	11,34e	1,14bc	3,47a	9,9	55,3a	4,11b	205,42a	203,11b	50,31b
	T3	2,6	16,7bc	3,41a	14,98bc	16,73bcd	1,4bc	2,22bc	12	49,11a	4,18ab	153,52bc	107,14bc	42,87b
	T4	5,2	20,15b	1,65c	11,48c	17,55bcd	1,32bc	1,21d	13,3	50,91a	2,1cd	113,33cd	78,51c	12,77c
NQ	T5	10,4	19,9b	1,76c	15,3bc	26,37a	1,89b	1,38cd	14	45,58a	2,77c	123,71cd	54,29c	10,17c
	T6*	4,6	20,3b	1,95bc	12,43c	13,83de	4,39a	1,64cd	3,15	48,83a	2,4c	110,67cd	49,59c	17,45c
	T7	5,2	13,95c	2,39bc	14,34bc	18,67bc	2,07b	1,03d	9	16,01b	1,5d	140,24bcd	57,24c	8,21c
	T8	5,2	19,9b	1,69c	13,39c	21,15b	1,85b	1,19d	11,4	52,49a	2,39c	103,33d	74,28c	14,09c
	T9	5,2	19,5b	1,81c	13,07c	16,26cd	4,83a	1,33d	3,4	45,25a	2,42c	97,12d	55,7c	13,72c
	T1	0,0	28,7ab	1,22d	25,18a	2,58d	0,98e	2,24b	2,6	23,75cd	2,25c	211,52ab	245,97a	24,96ab
	T2	2,3	23,7ab	1,59cd	17,21b	10,06cd	1,39de	1,43c	7,2	23,33cd	2,39c	161,88ab	125,54b	27,32ab
	T3	4,6	17,2b	1,67bc	13,39bc	16,65bc	1,73ede	1,37c	9,6	33,4abc	2,49c	150,41b	108,15bc	33,92a
	T4	9,2	18,8ab	1,77abc	12,11bc	21,88bc	2,17cde	1,02c	10,1	28bcd	2,9abc	203,34ab	92,61bcd	21,82b
LVd	T5	18,4	26,5ab	2,07ab	16,26bc	43,6a	3,25c	1,55bc	13,4	33,21abc	3,77a	232,93a	59,78d	20,54bc
	T6*	8,0	19,5ab	2,15a	11,79bc	18,92bc	4,92b	1,05c	3,8	31,59bc	2,83abc	166,44ab	81,12cd	23,09b
	T7	9,2	16,7b	1,80abc	11,47c	24,68b	2,63cd	1,21c	9,4	19,22d	2,13c	176,6ab	79,27cd	10,73c
	T8	9,2	19,7ab	1,77abc	12,75bc	22,47bc	2,48cde	1,12c	9,1	38,7ab	2,6bc	142,13b	80,01cd	24,3ab
	T9	9,2	31,5a	1,46cd	14,98bc	26,45b	9,09a	4,46a	2,9	44,8a	3,5ab	162,49ab	72,5cd	29,75ab
	T1	0,0	19,9ab	1,81cd	15,62a	8,43c	1,62d	1,09a	5,2	22,68c	1,67b	226,26abc	258,5a	30,71a
	T2	2,9	14,8b	3,14a	13,39a	17,53bc	1,81cd	1,22a	9,7	31,92a	2,76a	190,44bcd	235,13a	37,47a
	T3	5,8	17,65ab	1,89cd	15,31a	18,92ab	2,31bcd	0,91a	8,2	33,17a	2,58ab	239,61ab	140,26b	32,07a
	T4	11,7	21,1a	1,83cd	16,56a	27,27a	3,05b	1,08a	8,9	29,7abc	2,61ab	171,48bcd	63,93c	20,62b
AVd	T5	23,4	19,55ab	1,89cd	14,06a	25,15ab	2,86bc	0,83a	8,8	30,36ab	2,57ab	269,32a	46,22c	13,06cd
	T6*	10,4	18,55ab	2,15bc	14,06a	18,42ab	5,12a	0,86a	3,6	30,94a	2,90a	150,53d	48,33c	21,31b
	T7	11,7	19,4ab	2,51b	15,0a	23,85ab	3,23b	0,77a	7,4	23,16bc	2,07ab	178,34bcd	57,71c	8,83d
	T8	11,7	18,05ab	1,53d	14,37a	24,16ab	2,86bc	1,23a	8,4	27,24abc	2,35ab	162,26cd	43,33c	17,41bc
	T9	11,7	20,45ab	1,91cd	13,44a	19,99ab	5,24a	1,09a	3,8	28,91abc	2,45ab	166,9cd	39,61c	20,3bc

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada solo, não diferem entre si (Teste de Tukey 5%).

* Dose de calcário dolomítico para V a 70%.

Na ausência de Lithothamnium, T1, os teores foliares de Ca e Mg encontram-se abaixo do adequado, segundo Malavolta et al. (1997), e tendem a tornar-se adequados com a aplicação do corretivo de origem marinha.

No solo NQ, os teores de Ca e Mg mostraram incrementos de 97,6% e 63%, entre a testemunha (dose 0)

e a dose mais elevada T5, respectivamente. Tais incrementos foram da ordem de 94% e 69,8% no solo LVd e de 66,5% e 43,4% no solo AVd, para os mesmos nutrientes. No Quadro 9, encontram-se as equações de regressão ajustadas para os teores foliares de Ca e Mg do feijoeiro, em função das doses de Lithothamnium e os níveis críticos calculados.

QUADRO 9 – Equações de regressão ajustadas para teores foliares de Ca (Y em g kg⁻¹) e Mg (Z em g kg⁻¹) na época do florescimento, como variável dependente das doses do Lithothamnium aplicadas (X em g vaso⁻¹) e níveis críticos foliares de Ca e Mg na dose para produção máxima econômica do feijoeiro.

Solo	Equação	R ²	Níveis críticos (g kg ⁻¹)
NQ	Ca Y = 3,3625 + 4,5821 X - 0,2335 X ²	0,90**	8,4
	Mg Y = 0,8373 + 0,1608 X - 0,0061 X ²	0,86**	1,0
LVd	Ca Y = 4,0786 + 2,226 X - 0,0054 X ²	0,98**	7,4
	Ca Y = 1,0277 + 0,1427 X - 0,0012 X ²	0,99**	1,2
AVd	Ca Y = 9,2067 + 2,3609 X - 0,0718 X ²	0,96**	14,3
	Mg Y = 1,4856 + 0,1861 X - 0,0054 X ²	0,95**	1,9

** significativo a 1% (teste t).

Os valores de nível crítico foliar (Quadro 9) para o Ca, em função de doses de Lithothamnium, variaram de 7,4 a 14,3g kg⁻¹, nos três solos. Esses valores que foram determinados por uma equação quadrática encontram-se abaixo da faixa preconizada por Malavolta et al. (1997). Para o Mg, também em função das doses, os valores variaram de 1,0 a 1,9 g kg⁻¹, portanto, dentro da faixa adequada, considerada por esse autor.

O aumento da dose de Lithothamnium ocasionou redução nos teores foliares de Mn e Zn, principalmente na maior dose, T5 (Quadro 8). Esse fato está ligado à reação do corretivo, provocando aumentos nos valores de pH, originando formas insolúveis desses nutrientes em detrimento das formas solúveis absorvidas pela plantas (Mn⁺² e Zn⁺²). Esse aspecto é frequentemente associado às perdas de produtividade devido à supercalagem (Raij, 1991) e, possivelmente, explique os resultados obtidos com o feijoeiro.

Absorção e acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea

Os tratamentos provocaram alterações significativas na absorção de alguns macro e micronutrientes (Quadro 10). As maiores absorções de Ca estão associadas ao T5 e, para o Mg, aos tratamentos T6 e T9, nos três solos. Já as menores absorções de Ca e Mg ocorreram no nível zero de Lithothamnium (T1), nos três solos. Isso sugere que uma maior absorção de tais nutrientes é atingida

com o suprimento de Ca e Mg, fornecido pela aplicação de Lithothamnium.

A baixa produção de matéria seca na ausência de Lithothamnium (T1) contribuiu para um menor acúmulo dos nutrientes Ca e Mg na planta. Por outro lado, a dose de Lithothamnium para se atingir um V a 70% (T4) não diferiu estatisticamente (P<0,05) da dose equivalente de calcário dolomítico (T6), para um V a 70%.

A relação Ca:Mg na matéria seca da parte aérea apresentou grande variação entre os tratamentos na presença do Lithothamnium. Esses valores variaram desde 7,5 até 15:1, sendo menores nos tratamentos com calcário dolomítico (T6) e adição de magnésio ao Lithothamnium (T9), com valores de 3 até 3,9:1 (Quadro 10).

A relação entre Ca e Mg para o feijoeiro parece não ter tamanha importância, pois, nos tratamentos T4 e T6 (Quadro 10), a relação foi de 12 e 3,5:1 no solo NQ; de 10,6 e 3,9:1 no solo LVd e de 8,4 e 3,7:1 no solo AVd, característico de planta calcícola.

Peñalosa et al. (1995) constataram uma relação direta em plantas de feijão entre absorção de Ca e K com a relação Ca:K da solução. Resultados obtidos por Fernandes (2000), em que a equivalência na solução entre Ca e K foi de 1:2 mmol L⁻¹, proporcionaram maiores acúmulos de K, Ca e S na planta. Os resultados obtidos não corroboram com Fernandes (2000), pois com o aumento na absorção de Ca, os acúmulos de K e S praticamente não se alteraram (Quadro 10).

QUADRO 10 – Acúmulo de macronutriente na matéria seca da parte aérea do feijoeiro nos diferentes solos e doses do Lithothamnium.

Solo	Trat.	Dose	N	P	K	Ca	Mg	S	Ca:Mg
-----g vaso ⁻¹ -----									
NQ	T1	0,0	0,30a	0,023c	0,27a	0,06c	0,01f	0,02c	6
	T2	1,3	0,29a	0,050abc	0,33a	0,20b	0,02ef	0,06a	10
	T3	2,6	0,31a	0,066a	0,28a	0,31ab	0,03de	0,04b	10
	T4	5,2	0,41a	0,034bc	0,23a	0,36ab	0,03de	0,02c	12
	T5	10,4	0,31a	0,028bc	0,23a	0,45a	0,03de	0,02c	15
	T6 *	4,6	0,41a	0,041abc	0,25a	0,28ab	0,08b	0,03bc	3,5
	T7	5,2	0,33a	0,058ab	0,35a	0,45a	0,05c	0,02c	9
	T8	5,2	0,44a	0,037abc	0,29a	0,46a	0,04cd	0,02c	11,5
	T9	5,2	0,48a	0,044abc	0,32a	0,40a	0,12a	0,03bc	3,3
LVd	T1	0,0	0,47a	0,02d	0,41a	0,04f	0,01e	0,04b	4
	T2	2,3	0,55a	0,04bcd	0,41a	0,24e	0,03de	0,03b	8
	T3	4,6	0,47a	0,05abc	0,36ab	0,45d	0,05cd	0,04b	9
	T4	9,2	0,55a	0,05abc	0,35ab	0,64bc	0,06bc	0,03b	10,6
	T5	18,4	0,60a	0,05abc	0,36ab	0,97a	0,07b	0,04b	13,8
	T6 *	8,0	0,60a	0,07a	0,36ab	0,58bcd	0,15a	0,03b	3,9
	T7	9,2	0,44a	0,05abc	0,31ab	0,66b	0,07bc	0,03b	9,4
	T8	9,2	0,51a	0,05abc	0,33ab	0,59bcd	0,06bc	0,03b	9,8
	T9	9,2	0,57a	0,03cd	0,27b	0,48cd	0,16a	0,08a	3
AVd	T1	0,0	0,34b	0,03d	0,27b	0,15c	0,03d	0,02a	5
	T2	2,9	0,35ab	0,07ab	0,32ab	0,42bc	0,04cd	0,03a	10,5
	T3	5,8	0,50ab	0,06abcd	0,44ab	0,55ab	0,06bcd	0,02a	9,2
	T4	11,7	0,49ab	0,04bcd	0,37ab	0,59ab	0,07bcd	0,02a	8,4
	T5	23,4	0,58ab	0,06abcd	0,41ab	0,75a	0,08bc	0,03a	9,4
	T6 *	10,4	0,57ab	0,07ab	0,43ab	0,60ab	0,16a	0,03a	3,7
	T7	11,7	0,61a	0,08a	0,47a	0,75a	0,10b	0,02a	7,5
	T8	11,7	0,44ab	0,04cd	0,35ab	0,59ab	0,07bcd	0,03a	8,4
	T9	11,7	0,61a	0,06abcd	0,40ab	0,59ab	0,16a	0,03a	3,7

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada solo, não diferem entre si (teste de Tukey 5%), * calcário dolomítico para V a 70% (PN=102,9%),

De maneira geral, os acúmulos dos macronutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas do feijoeiro, à exceção do Ca e Mg, apresentaram pequena ou nenhuma variação com as doses do Lithothamnium (Quadro 10). Isso provavelmente se deve ao efeito de diluição de nutrientes nos tratamentos que favoreceram maior produção de matéria seca (Jarrel & Beverly, 1981).

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado esse experimento, conclui-se que:

O Lithothamnium promoveu efeito na correção da acidez do solo;

b) Para atingir as melhores respostas, o feijoeiro não necessitou de condições elevadas na saturação por bases, dado por modelo raiz quadrada;

c) Houve efeito de doses de Lithothamnium no crescimento e produção do feijoeiro;

d) A melhor dose para se atingir 90% da produção máxima de grãos no solo NQ foi de 0,61 t ha⁻¹e, no solo LVd, de 1,09 t ha⁻¹, bem abaixo das doses para V a 70%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.
- BERGER, K. C.; TRUOG, E. Boron determination in soils and plants. **Industrial and Engineering Chemistry**, Washington, v. 11, p. 540-545, 1939.
- BORNMAN, J. J.; BORNMAN, L.; BARNARD, O. The effects of calcium carbonate and calcium hydroxide on plant growth during overliming. **Soil Science**, Baltimore, v. 163, n. 6, p. 498-507, June 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília: LANARV/SNAD, 1983. 104 p.
- FEITOSA, C. T. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 156-159, 1980.
- FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. E. Resposta do milho cultivado em casa-de-vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 5, p. 5-8, jan./abr. 1980.
- FERNANDES, A. R. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade**. 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 197-224, 1981.
- KEMPF, M. **Perspectivas de exploração econômica dos Fundos de algas calcárias da plataforma continental do Nordeste do Brasil**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1974. 22 p. (Trabalho oceanográfico, 14).
- LE BLEU, P. **Contribution à l'étude des algues marines en Bretagne: bilan de leur utilisation em milieu agricole**. France: Tours, 1983. 103 p.
- LOPEZ-BENITO, M. Estudio de la composición química del *Lithothamnium calcareum* (Aresch) y su aplicación como corrector de terrenos de cultivo. **Inv. Pesq.**, [S.l.], v. 23, p. 53-70, jun. 1963.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Ceres, 1997. 319 p.
- MIRANDA, L. N. Utilização de calcários marinhos como corretivos de acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 245-248, jan./mar. 1985.
- PEÑALOSA, J. M.; CÁCERES, M. D.; SARRO, M. J. Nutrition of beans plants in sand culture: influence of calcium/potassium ratio in the nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 10, p. 2023-2032, 1995.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERS/POTAFOS, 1991. 342 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. 93 p.