

FATORES FÍSICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO, NUTRICIONAIS  
E VEGETAIS CORRELACIONADOS COM A PRODUÇÃO DE GRÃOS  
DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>1</sup>

O. Primavesi<sup>2</sup>  
F.A.F. de Mello<sup>3</sup>  
T. Muraoka<sup>4</sup>

INTRODUÇÃO

Existem informações sobre a influência de diferentes fatores na produção de feijoeiro. ROSENBERG & WILLITS (1962) observaram que, com o aumento na densidade do solo limo-argiloso, a produção decrescia continuamente, enquanto numa areia-barrenta ocorria um aumento a té certa densidade de solo para ocorrer posterior queda brusca de produção. GOEPFERT & FREIRE (1973), constataram que a calagem e a aeração do solo aumentavam o peso de matéria seca e o teor de N nas plantas. STONE (1982) obteve aumentos de 28 a 55% na produção de grãos de feijão com o afrouxamento do solo até 90 cm com ampliação da macroporosidade. LEGARDA & FORSYTHE (1978) encontraram um espaço macroporoso adequado para a máxima produção de feijoeiro em torno de 25%, sendo que FORSYTHE & HUERTAS (1979) observaram valores ótimos de condições físicas do solo com 6-10 bars de resistência à penetração radicular, e PRIMAVESI (1983) com resistência em torno de 8,6 bars em latossolo roxo, ou macroporosidade de 11%, que estava em torno de 14% para ROVIRA (1975).

Outras informações como as de CARDOSO (1984) e ZAMBOLIN *et alii* (1985), revelam o efeito favorável da presença de fungos MVA.

<sup>1</sup> Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP, Piracicaba, SP, com bolsa de estudo da EMBRAPA.

<sup>2</sup> Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

<sup>4</sup> Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, Bolsista do CNPq.

Normalmente a produção de uma cultura deve estar correlacionada com níveis de nutrientes dentro de uma faixa adequada. Ultimamente tem sido verificado, porém, que o nível crítico de um nutriente varia em função da presença de outros (BATES, 1971), e que relações entre nutrientes representam valores mais constantes na correlação com a produção da matéria seca (SFREDO et alii, 1978; KELLING et alii, 1985).

Com o intuito de encontrar o fator ou grupo de fatores que melhor se correlacionam com a produção de feijoeiro em dois solos representativos, foram conduzidos quatro experimentos em casa de vegetação.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Sobre amostras de terra dos horizontes A e B2 do Latossolo Roxo, Série Iracema (LR) e do Podzólico Vermelho Amarelo var. Piracicaba (PVp), com um gradiente de poros de aeração de 24 a 3%, sem e com calagem e adubação mineral, que visavam a uma saturação em bases de 80%, com uma relação Ca:Mg:K de 16:4:1, e um teor de P disponível de 15 ppm ( $H_2SO_4$  0,05N), foi conduzido o feijoeiro cv. Arana 80 até o final do ciclo. A adubação mineral foi completada pela aplicação de 40 kg de N-uréia/ha e 20 kg de  $ZnSO_4$ /ha.

A umidade do solo foi mantida entre 100 e 70% da capacidade de campo, pelo método de pesagem.

A faixa de macroporos foi obtida por compactação, de terminando-se previamente a massa de terra necessária para ocupar o volume de 2,5 litros em vasos metálicos cilíndricos com drenos basais (PRIMAVESI, 1986).

O plantio foi realizado em 18/07/84, mantendo-se 3 plantas por vaso até o final do ciclo, quando a matéria seca foi colhida, limpa, seca em estufa a 60°C, com ventilação forçada, e pesadas as diferentes partes vegetativas reprodutivas.

Os parâmetros físicos foram levantados segundo o método do anel volumétrico descrito por SCARDUA (1972) para a densidade do solo e a porosidade, e por KLUTE (1965) para a condutividade hidráulica saturada. A contagem de esporos de fungos MVA foi feita por metodologia descrita em CARDOSO (1984). Os teores de nutrientes na matéria seca se obtiveram pela metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974).

Foram realizados quatro experimentos, um para cada tipo de terra, num esquema fatorial 4x2, inteiramente casualizado, com quatro níveis de poros de aeração e dois níveis de fertilidade, e quatro repetições.

Os resultados das análises granulométricas e químicas das terras utilizadas se acham nos quadros I e II.

Quadro I. Análise granulométrica das amostras de terra.

Solo	Areia (%)	Limo (%)	Argila (%)	Classe textural
LR-A	22,8	36,4	40,8	Argila
LR-B <sub>2</sub>	21,9	20,9	57,2	Argila
PVp-A	34,7	55,8	9,5	Franco-siltoso
PVp-B <sub>2</sub>	17,9	40,8	41,3	Franco-argiloso-siltoso

Obs.: LR/PVp = Latossolo Roxo/Podzólico Vermelho Amarelo; A/B<sub>2</sub> = horizontes.

Quadro II. Características químicas das amostras de terra, antes da instalação dos experimentos.

Solo	pH água	C (%)	$PO_4^{3-}$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Al^{3+}$	$H^+$	V (%)	m (%)
			-----	-----	emg/100 g TFSA			-----		
LR-A	5,9	1,46	0,05	0,09	3,91	1,50	0,10	3,86	58,1	1,8
LR-B <sub>2</sub>	5,3	0,87	0,02	0,01	1,86	0,25	0,23	4,46	31,1	9,6
PVp-A	5,0	0,54	0,02	0,02	3,02	1,02	0,84	2,96	52,0	17,0
PVp-B <sub>2</sub>	4,7	0,38	0,01	0,21	1,89	2,81	7,96	3,64	29,7	61,9

Obs.: V = saturação em bases;

m = saturação em Al trocável.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos se encontram nos quadros III, IV e V.

De uma maneira geral, a produção de grãos se correlacionou melhor com a de matéria seca da parte aérea, principalmente nas parcelas adubadas.

Os fatores físicos apresentaram a macroporosidade como fator de maior estabilidade, quando consideradas diferentes situações de solos e fertilidade. A macroporosidade efetiva (macroporos menos os poros bloqueados) mostrou certa vantagem nos horizontes superficiais adubados (PRIMAVESI, 1986).

A macroporosidade como fator físico padrão (PRIMAVESI *et alii*, 1984), quando comparados diferentes solos e horizontes, mostra um coeficiente de correlação preferencial nos casos de terras que apresentem grau de saturação de bases acima de 70%, embora a variação na porosidade de de aeração possa afetar significativamente a produção de grãos abaixo deste valor de fertilidade química.

Abaixo de uma saturação de bases de 70%, os fatores químicos mostraram-se primordiais na explicação da produção de grãos. A maioria dos fatores químicos (nutricionais) referiram-se a relações entre nutrientes, tanto nas parcelas adubadas como nas sem adubo. Nas terras superficiais adubadas ocorreu maior intensidade de relações com micronutrientes, só ou participando de relações.

Esta constatação confirma a informação de outros autores (BATES, 1971; KELING *et alii*, 1985), que sugerem seja dada mais atenção às relações entre nutrientes que à procura de níveis críticos, com exceções ocasionais, como neste trabalho o caso do P nas terras de ambos os horizontes do Latossolo Roxo adubado.

Quadro III. Propriedades e parâmetros físicos do solo pós-colheita, produção de grãos (g) e matéria seca da parte aérea (g), número de grãos por planta e número de esporos de MVA.

Solo	Trat.	ds	Porosidade		K <sub>0</sub>	MVA	Grãos	Parte aérea	nº grãos
			macro	micro					
LA	S 24	1,14c	26,7a	34,0d	30,15a	8c	1,62b	3,32b	7,2
	17	1,25b	20,9b	36,3c	7,00b	18b	1,68ab	3,68ab	7,8
	10	1,26b	14,5c	40,3b	5,36b	24a	2,15a	4,46a	9,2
C 24	3	1,42a	5,4d	43,7a	2,22b	15b	1,94ab	4,05ab	8,3
	17	1,14d	28,8a	33,2d	35,84a		5,21a	10,37a	20,8a
	10	1,25b	22,1b	35,5c	7,04b		4,01b	8,31b	17,7b
LB	3	1,42a	6,8d	46,3a	8,47b		4,46b	8,29b	10,6b
	17	1,09d	24,4a	36,3c	24,97a	29a	0,34	1,44	2,1
	10	1,18c	17,7b	40,4b	12,15b	7c	0,32	1,33	1,5
C 24	3	1,40a	6,5d	44,0a	1,36c	18b	0,31	1,24	2,2
	17	1,09d	23,6a	36,9c	25,15a		0,32	1,09	2,3
	10	1,18c	19,6b	38,7b	14,40b		2,56a	5,14a	12,5a
PA	3	1,40a	7,9d	43,9a	2,38c		2,53a	5,48a	11,8a
	17	1,22c	12,4b	30,2a	5,91b	66b	0,71	1,74	3,2
	10	1,33bc	11,7b	30,6a	12,02b	29c	0,96	2,07	4,1
C 24	3	1,47a	9,8b	31,5a	5,14b	66b	1,06	2,51	4,8
	17	1,41ab	27,1a	19,6b	37,90a	99a	0,69	2,03	3,6
	10	1,22c	12,4b	30,2a	5,91b	66b	0,71	1,74	3,2
PB	3	1,47a	9,8b	31,5a	7,21b		2,97ab	6,14	11,8b
	17	1,07b	12,2a	40,5	3,36	0b	2,83b	6,25	11,3b
	10	1,36a	5,8c	40,6	0,25	1b	3,22ab	6,58	13,2ab
C 24	3	1,44a	6,6bc	40,6	0,12	3a		6,66	13,6a
	17	1,07c	15,8a	39,6c	20,15a		0,91a	2,30	4,3a
	10	1,36b	5,4b	43,1a	2,13b		0,72a	1,76b	3,8a
C 24	3	1,44a	6,6bc	40,6	0,23b		0,43b	1,31c	2,4b
	17	1,22b	7,5b	42,7ab	2,59b		0,73a	1,87b	3,5ab
	10	1,36a	5,4b	43,1a	2,13b		0,16	0,13	-

Obs.: L/P = Latossolo Roxo/Podzólico Vermelho Amarelo; A/B = horizontes A/B2; S/C = sem com adubo; ds = densidade do solo; K<sub>0</sub> = condutividade hidráulica saturada (cm/h); MVA = micortiza vesicular-arbuscular (nº/100 ml terra); 24-17-10-3 = macroporosidade inicial (%).  
Letras diferentes indicam diferenças significativas a 5%.

Quadro IV. Teor absoluto de nutrientes na matéria seca da parte aérea.

Solo	Tratamento	N	P	K %	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe ppm	Mn		
LA	S 24	2,29	0,24ab	2,20	2,59	0,67	49	26c	223	85ab		
		17	2,75	0,23b	2,15	2,51	0,60	45	21d	224	94a	
		10	2,66	0,26ab	1,68	2,14	0,64	40	30b	316	103a	
		3	2,37	0,28a	1,61	2,03	0,52	44	34a	294	63b	
	C 24	2,29	0,22b	2,12	2,12	0,44	30	20c	221	53		
		17	2,15	0,23b	2,29	2,40	0,42	30	19c	214	55	
		10	2,38	0,26b	2,07	1,99	0,43	30	30b	238	48	
		3	2,15	0,32a	2,15	2,23	0,42	41	34a	311	60	
	LB	S 24	2,39a	0,21	1,39	3,21	0,63a	41	33	376	470	
			17	2,29a	0,20	1,44	3,19	0,61ab	35	33	329	468
			10	2,37a	0,21	1,39	2,63	0,49b	41	31	354	659
			3	2,01b	0,22	1,60	2,65	0,49b	45	30	309	525
C 24		2,63a	0,21b	2,13	2,16	0,37	35	26	305	79		
		17	2,63a	0,22b	2,13	2,17	0,42	30	25	271	73	
		10	2,32b	0,23ab	2,15	2,00	0,37	28	23	268	64	
		3	2,08c	0,25a	2,07	2,41	0,44	29	25	320	96	
LA	S 24	2,15b	0,21	1,85c	1,81	0,53	83	26	334	384		
		17	2,80a	0,18	2,22a	1,54	0,40	51	29	290	504	
		10	2,75a	0,20	2,08b	1,79	0,44	66	28	260	426	
		3	2,55ab	0,21	1,82c	1,53	0,41	70	31	286	284	
	C 24	2,51a	0,26	1,54b	1,88	0,42	50	23	228b	133		
		17	2,06ab	0,29	1,64a	1,86	0,42	50	23	251nb	118	
		10	1,85b	0,27	1,66a	1,78	0,38	55	23	258nb	185	
		3	2,31ab	0,28	1,68a	1,99	0,43	60	24	321a	228	
PB	S 24	2,52a	0,13ab	3,12ab	0,51	0,42b	32b	20	271	50b		
		17	2,27b	0,12b	3,04ab	0,56	0,51ab	39b	24	295	59ab	
		10	2,11b	0,13ab	2,53b	0,46	0,41b	30b	18	286	36b	
		3	2,43ab	0,15a	3,69a	0,74	0,59a	54a	19	329	75a	
	C 24	2,56ab	0,23b	2,98	2,21	0,39	33	23	291	100b		
		17	2,70a	0,25b	2,86	2,05	0,37	31	20	301	86b	
		10	2,43b	0,27ab	2,88	2,06	0,36	30	23	276	78b	
		3	2,50ab	0,29a	2,63	2,52	0,42	40	23	324	131a	

Obs.: L/P = Latossolo Roxo/Podzólico Vermelho Amarelo;

A/B = Horizontes A/B<sub>2</sub>;

S/C = sem/com adubo;

24-17-10-3 = macroporosidade inicial %.

Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 5%.

Quadro V. Coeficientes de correlação para os fatores que melhor se correlacionam com a produção de grãos.

Solo	Fator físico			Fator químico			Fator microbiológico			Fator vegetal		
	S	C	S	S	C	S	S	C	S	S	C	
LA	0,66	micro	0,92	ds	0,77	Zn/Cu	0,80	P	0,73	MVA	0,93	PA
	0,62	E'	0,87	E'	0,75	P/Cu	0,67	N/Fe	0,88	nº grãos	0,91	nº grãos
	0,55	ds	0,82	K0	0,70	K	0,65	Cu				
	0,43	K0	0,77	micro	0,68	Ca/Fe	0,63	N/Cu				
LB	0,45	K0	0,83	ds	0,82	N/Cu	0,86	P	0,88	nº grãos	0,98	PA
	0,42	E'	0,76	E'	0,80	N/Ca	0,81	N/P	0,58	PA	0,93	nº grãos
	0,42	micro	0,63	micro	0,80	Ca/P	0,80	N/Ca				
	0,39	ds	0,60	K0	0,80	P/Fe	0,76	N/Fe				
PA	0,34	E'	0,55	ds	0,80	Mg/P	0,80	Mn	0,61	MVA	0,95	nº grãos
	0,34	ds	0,41	E'	0,73	Ca/P	0,79	P/Zn	0,84	PA	0,73	nº grãos
	0,33	micro	0,37	micro	0,71	Ca	0,68	P/Cu				
	0,31	K0	0,35	K0	0,71	Ca/Cu	0,67	Zn				
PB			0,88	K0							0,93	nº grãos
			0,70	E'							0,90	PA
			0,66	micro								
		0,55	ds									

Obs.: L/P= Latossolo roxo/Podzólico Vermelho Amarelo; A/B = Horizontes A/B2; micro = microporosidade; E' = macro porosidade; K0 = condutividade hidráulica saturada; ds = densidade do solo; MVA = microrrizas visculares-arbusculares; PA = matéria seca da parte aérea total; S/C = sem/com adubo.



A ausência de coeficientes de correlação maiores, pode ser devido à não consideração dos níveis e relações que incluem boro e enxofre, principalmente nos solos com baixo teor em matéria orgânica, bem como de alumínio, principalmente no horizonte B<sub>2</sub> do PVp. E também porque os níveis e relações referem-se aos encontrados na parte aérea total e não nas folhas, que refletem melhor o estado nutricional da planta.

O levantamento de esporos de micorriza VA nas parcelas sem adubo, mostrou promissor, no auxílio à explicação da produção de grãos, embora, em última análise, o seu efeito final já esteja sendo avaliado com a interpretação dos níveis e relações de nutrientes na planta, principalmente no tocante aos elementos P, Zn e Cu (CARDOSO, 1984).

## CONCLUSÕES

Nas condições térmicas, hídricas, de fertilidade, genotípicas e de época de plantio, os resultados permitem concluir que:

a. Os fatores físicos, representados preferencialmente pela macroporosidade, têm efeito primordial em solo com saturação em bases superior a 70%, embora seu efeito possa ser significativo abaixo deste índice de fertilidade química, ressaltando, porém, os fatores químicos.

b. Dos fatores químicos (nutricionais) destaca-se a importância da consideração de relações entre nutrientes, e dos micronutrientes essenciais.

c. A produção de grãos se correlaciona preferencialmente com a matéria seca da parte aérea e com o número de grãos.

## SUMMARY

SOIL PHYSICAL AND MICROBIOLOGICAL, NUTRITIONAL AND VEGETATIVE FACTORS CORRELATED WITH THE COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) YIELD

Experiments with common bean cv. Aroana 80 were carried out in greenhouse, at ESALQ-USP, in Piracicaba, Brazil, with soil samples of the A and B<sub>2</sub> horizon of an Oxisol (LR) and an Alfisol (PVp), presenting four levels as aeration porosity, without and with lime and mineral fertilizer, to get a base saturation of 70% and a relation between Ca:Mg:K of about 16:4:1, besides an available P level of 15 ppm (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05N). 40 kg N-urea/ha and 20 kg ZnSO<sub>4</sub>/ha were applied also. The water content in the 2,5 liter soil per pot was maintained between 100 and 70% of the field capacity.

It could be verified that with a base saturation above 70% the soil physical factors, represented by the aeration porosity, were correlated with the bean yield. Below this saturation value, inspite the significative influence of the variation in the aeration porosity on the grain yield, the nutritional factors were preferentially correlated. These nutritional factors were represented principally by the relations between nutrients, and, in the pots with highest grain yield, also by the micronutrients.

From the vegetative factors, the dry matter of the above ground part, followed by the grain number, were better correlated with the grain production.

## LITERATURA CITADA

- BATES, T.E., 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation. **Soil Sci.** 112:118-130.

- CARDOSO, E.J.B.N., 1984. Efeito da micorriza vesículo-arbuscular e de fosfato de rocha nas culturas da soja e do feijão, Piracicaba, ESALQ/USP, 220 p. (Livre Docência).
- FORSYTHE, W.M. & HUERTAS, A., 1979. Effect of soil penetration resistance on the growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) 27-R variety. *Turrialba* 29(4):293-298.
- GOEPFERT, C.F. & J.R.J. FREIRE, 1973. Influência da aeração do solo e da calagem sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em três solos ácidos do Rio Grande do Sul. *Agron.Sulriogradense* 9(2):143:149.
- KELLING, K.A., E.E. SCHULTE, & T. ERICKSON, 1985-86. Adapting DRIS for alfafa: what are the diagnostic norms? *Better Crops* 70 (winter):18-20.
- KLUTE, A., 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A., ed., *Methods of soil analysis*, Madison, *Am.Soc. Agronomy*, p. 210-211. (Agronomy, 9).
- LEGARDA, L. & W.M. FORSYTHE, 1978. Soil water and aeration and bean production. II. Effect of soil aeration. *Turrialba* 28:175-178.
- PRIMAVESI, O., 1983. Nutrição mineral de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em dois solos sujeitos à compactação, Piracicaba, ESALQ/USP, 142 p. (Mestrado).
- PRIMAVESI, O., F.A.F.de MELLO & P.L. LIBARDI, 1984. Seleção preliminar de parâmetros físicos mais adequados para estudar o efeito da compactação de amostras de solo sobre a produção de matéria seca vegetal de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* 41:449-461.
- PRIMAVESI, O., 1986. Produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da porosidade de aeração de solos. Piracicaba. ESALQ/USP 85 p. (Doutoramento).

- ROSENBERG, N.J. & N.A. WILLITS, 1962. Yield and Physiological response of barley and beans in artificially compacted soils. **Soil Sci.Soc.Am.Proc.** 26:78-82.
- ROVIRA, L.A.A., 1975. Estudo do sistema radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Carioca, Piracicaba, ESALQ/USP, 86 p. (Doutoramento).
- SARRUGE, J.R. & H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas, Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Química, 56 p.
- SCARDUA, R., 1972. Porosidade livre de água de dois solos do Município de Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 83 p. (Mestrado).
- SFREDO, F.J., B.V. DEFELIPO, V.V.H. ALVAREZ & J.M. BRAGA, 1978. Equilíbrios Ca/Mg na correção da acidez e produção de matéria seca de sorgo num Latossolo Bruno distrófico. **Rev.Ceres** 25(142):491-498.
- STONE, D.A., 1982. The effects of subsoil loosening and deep incorporation of nutrients on yield of broad beans, cabbage, leek, potatoes and red beet. **J.Agric. Sci** 98:297-306.
- ZAMBOLIM, L; A.A.R. OLIVEIRA & A.C. RIBEIRO, 1985. Efeito da infecção de fungos micorrízicos do tipo vesicular-asbuscular sobre o desenvolvimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev.Ceres** 32(181):252-258.