

EFEITOS DA POROSIDADE DE AERAÇÃO  
NA NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO  
(*Phaseolus vulgaris* L.)\*

O. Primavesi\*\*  
F.A.F. de Mello\*\*\*  
T. Muraoka\*\*\*\*

RESUMO

Foram realizados experimentos em casa de vegetação, na ESALQ-USP, em Piracicaba, SP, com amostras de terra do horizonte A e B2 de um Oxisol (LR) e um Alfisol (PVp) sem e com adubação mineral e calagem, para verificar a influência da variação na porosidade de aeração (de 24 a 3%) sobre parâmetros nutricionais do feijoeiro

---

\*Entregue para publicação em 17/11/86. Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor a ESALQ/USP, bolsista EMBRAPA.

\*\*Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, SP.

\*\*\*Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ/USP.

\*\*\*\*Seção Fert. Solo CENA/USP, Bolsista CNPq.

Aroana 80, conduzido até o final do ciclo.

Procurou-se alcançar a saturação do complexo de troca em 80% com bases, numa relação Ca:Mg:K de 16:4:1, e um nível de P disponível de 15 ppm. O conteúdo de água dos 2,5 litros de terra por vaso foi mantido entre 100 e 70% da capacidade de campo.

A redução na porosidade de aeração afetou genericamente o teor absoluto e relativo de P e a relação N/P. Alterou a eficiência nutricional do N no horizonte B2 de ambos os solos, de Cu no LR e de Mn no PVP, em ambos os horizontes. Ocorreram especificidades quanto ao tipo de solo e horizonte e interferência do nível de fertilidade.

## INTRODUÇÃO

Em trabalho anterior (PRIMAVESI, 1983) foi verificado que a compactação de solos alterava o estado nutricional de feijoeiro, também em função do nível de fertilidade. Como, porém, altas temperaturas durante o ciclo impediram a frutificação, tornou-se necessária a realização de nova série de experimentos, com o objetivo de colher informações sobre o estado nutricional da planta que leva à produção de grãos, inclusive sobre terra do horizonte B2 de solo e que frequentemente aflor

ra superficialmente por meios mecânicos ou erosivos.

PRIMAVESI *et alii* (1984a) informam sobre a conveniência da consideração dos teores relativos de nutrientes na planta, sobre os valores absolutos, na interpretação dos resultados AMARAL (1975) e ROSOLEM (1979) relatam sobre a importância da determinação da eficiência nutricional de cada nutriente para a seleção de cultivares mais produtivos, o que pode variar com o nível de fertilidade do substrato. PRIMAVESI *et alii* (1984c) verificaram a interferência também do nível de compactação.

PRIMAVESI *et alii* (1984b) constataram que a consideração da porosidade de aeração como fator físico interferente na nutrição de plantas é a mais adequada, de modo que neste trabalho procurou-se basear nela, e não na resistência à penetração, como feito anteriormente (PRIMAVESI, 1983).

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de terra dos horizontes A e B2 do Latossolo Roxo, Série Iracema (LR) e do Podzólico Vermelho Amarelo var Piracicaba (PVp), classificados por RANZANI *et alii* (1966) respectivamente como sendo um Haplacrox orthico e um Typustalf ochrultico.

A terra seca ao ar foi passada por peneira com malha de 2 mm de diâmetro, com posterior seleção a seco de agregados que permitissem o preparo de amostras de terra com porosidade de aeração de 24-17-10-3%, através de compactação. Foi determinada a massa de terra necessária para completar o volume de 15 cm de

altura de vasos metálicos com 16,5 cm de diâmetro e 18 cm de altura, apresentando drenos basais (PRIMAVESI, 1986).

A adubação visou alcançar uma saturação em bases de 80%, com uma relação Ca:Mg:K de 16:4:1, e elevar o nível de P disponível em torno de 15 ppm. Ainda foram aplicados 40 kg de N-urêia/ha e 20 kg de sulfato de zinco/ha (PRIMAVESI, 1986).

A umidade da terra foi mantida entre 100 e 70% da capacidade de campo.

Os vasos foram plantados no dia 18/7/84 com o feijoeiro cv. Arôana 50, inoculado com *Rhizobium phaseoli*, e colhido ao final do ciclo (3 plantas/vaso).

As amostras indeformadas para as determinações físicas foram coletadas com anel volumétrico e seguida a metodologia descrita por SCARDUA (1974) para a determinação da porcentagem de macroporos (acima de 50  $\mu$ m de diâmetro).

A matéria seca vegetal colhida, foi limpa, seca em estufa a 60°C com ventilação forçada, pesada em balança analítica, e moída. As determinações químicas da matéria seca da parte aérea seguiram as metodologias descritas por SARRUGE & HAAG (1974), para N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn.

Foram realizados quatro experimentos num esquema fatorial 4 x 2, inteiramente casualizado. Um experimento para cada tipo de amostra de terra, com 4 níveis de macroporos, 2 de adubação e 4 repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise granulométrica das 4 amostras de terra, considerando as peneiras específicas para cada nível de macroporosidade.

TABELA 1. Análise granulométrica de amostras de terra utilizadas.

Solo	peneira	E' meta %	Areia %	Limo %	Argila %	Classe Textural
LR-A	e. 2-1	24-17	22,8	36,4	40,8	argila
	p. 1	10-3	26,5	33,5	40,1	
LR-B <sub>2</sub>	p. 1	24-17	21,9	20,9	57,2	argila
	p. 0,5	10-3	21,5	22,4	56,1	
PVp-A	e. 2-1	24-17	32,8	54,0	13,2	franco siltos.
	p. 2	10-3	34,7	55,8	9,5	
PVp-B <sub>2</sub>	e. 2-1	24-17-10	17,9	40,8	41,3	F-A-S-
	p. 1	3	19,1	41,9	39,6	

Obs: e. = entre malhas com diâmetro de; p. = passa por malha de diâmetro (em mm); E' = macroporosidade; A/B<sub>2</sub> = horizontes; F-A-S- Franco-Argiloso-Siltoso.

A Tabela 2 traz as características químicas das amostras de terra antes da instalação dos experimentos.

TABELA 2. Características químicas das amostras de terra utilizadas.

Solo peneira	pH	C %	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	V %	m %
-----e.mg/100g terra-----										
LR-A	e.2-1	1,44	0,05	0,09	4,22	1,57	0,09	4,07	58,6	1,5
	p.1	1,47	0,04	0,08	3,60	1,42	0,11	3,65	57,6	2,1
LR-B2	p.1	0,90	0,02	0,01	1,82	0,25	0,21	4,43	31,0	9,2
	p.0,5	0,84	0,02	0,01	1,89	0,25	0,24	4,48	31,2	10,0
PVp-A	e.2.1	0,57	0,02	0,12	3,12	0,96	0,72	3,28	51,2	14,6
	p.2	0,51	0,02	0,01	2,92	1,08	0,96	2,64	52,7	19,3
PVp-B2	e.2-1	0,36	0,01	0,21	1,88	2,80	7,92	3,52	29,9	61,8
	p.1	0,39	0,01	0,21	1,90	2,81	8,00	3,76	29,5	61,9

OBS: m = % saturação em Al; V% = saturação em bases; A/B2 = horizontes; e. = retido entre peneiras de (mm); p. = passou por peneira de (mm).

A Tabela 3 mostra os resultados de macro porosidade após colheita, e o peso de matéria seca da parte aérea e grãos por planta de feijoeiro.

TABELA 3. Macroporosidade (%), matéria seca da parte aérea e peso de grão por planta.

Solo	Trat.	E' %	Ciclo (dias)	Parte aérea (g)	Grãos (g)		
LR <sub>A</sub>	S	24	26,75	92	3,3208	1,6175	
		17	20,90	92	3,6842	1,6808	
		10	14,46	96	4,4550	2,1475	
		3	5,43	94	4,0508	1,9375	
	C	24	28,75	86	10,3667	5,2050	
		17	22,14	86	8,3050	4,0142	
		10	18,55	92	8,9683	4,4592	
		3	6,76	92	6,0975	2,7092	
	LR <sub>B2</sub>	S	24	24,42	101	1,4442	0,3359
			17	17,69	99	1,3333	0,3158
10			11,61	98	1,2417	0,3109	
3			6,54	99	1,0933	0,3183	
C		24	23,58	94	5,1384	2,5592	
		17	19,59	92	5,4784	2,5504	
		10	12,28	92	4,5679	2,3446	
		3	7,87	98	3,3540	1,2873	
PV PA		S	24	27,05	99	2,0308	0,7917
			17	12,42	98	1,7367	0,7067
	10		11,66	98	2,0717	0,9575	
	3		11,70	101	2,5142	1,0575	

## Conclusão Tabela 3

Solo	Trat.	E' %	Ciclo (dias)	Parte aérea(g)	Grãos (g)
C	24	20,89	86	6,1425	2,9725
	17	17,50	88	6,2483	2,8250
	10	7,85	86	6,5750	3,2242
	3	9,75	90	6,6617	3,2367
PV PB2	S 24	12,23	53	0,1395	-
	17	9,36	53	0,1603	-
	10	5,75	53	0,1340	-
	3	6,59	53	0,1773	-
C	24	15,77	98	2,3000	0,9088
	17	7,54	98	1,7639	0,7244
	10	5,35	98	1,3069	0,4281
	3	5,08	94	1,8656	0,7303

OBS: A/B2 = horizonte; S/C = sem/com adubo;  
 24-17-10-3 = macroporosidade inicial;  
 E' = macroporosidade pós colheita.

A seguir são apresentados diversos dados relacionados com a nutrição mineral do feijoeiro Aroana 80, em função da variação na porosidade de aeração dos solos.

## TEOR ABSOLUTO DE NUTRIENTES

A Tabela 4 apresenta os teores absolutos dos nutrientes na parte aérea.



TABELA 4 Teor absoluto e relativo de nutrientes na matéria seca da parte aérea, nos dois solos e dois horizontes, sem e com adubação. (Média de 4 repetições)

Solo	Trat.	Teor absoluto (macro, ppm - cro)														Teor relativo (%)						
		P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Si	smi	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn		
LRA1	5 24	2,29	0,24	2,10	2,59	0,67	49	26	223	05	0,0	383	26,49	2,97	27,46	32,20	6,31	0,061	0,033	0,370	0,106	
	17	2,75	0,23	2,15	2,51	0,60	45	21	224	04	0,2	384	33,26	2,15	25,90	30,39	7,23	0,055	0,026	0,272	0,118	
	10	2,66	0,26	1,68	2,14	0,64	40	30	316	103	7,4	469	36,01	3,19	22,69	20,67	7,49	0,054	0,041	0,424	0,127	
C 24	5 24	2,37	0,28	1,81	2,03	0,52	44	34	294	63	6,8	431	35,14	4,17	23,44	29,21	7,41	0,065	0,050	0,432	0,095	
	17	2,29	0,22	2,12	2,12	0,44	30	221	33	7,3	324	31,63	3,07	25,41	20,60	5,92	0,039	0,025	0,300	0,077		
	10	2,32	0,23	2,29	2,40	0,72	30	195	214	55	7,5	310	20,67	3,10	31,05	31,17	5,60	0,042	0,025	0,423	0,082	
LRA2	5 24	2,39	0,21	1,93	3,21	0,63	41	33	376	470	9,9	320	30,27	2,66	17,61	40,34	7,97	0,052	0,041	0,474	0,159	
	17	2,29	0,20	1,44	3,19	0,61	35	33	329	465	7,7	304	30,82	2,64	19,24	42,75	3,21	0,047	0,044	0,441	0,136	
	10	2,37	0,21	1,99	2,63	0,49	41	31	354	659	7,0	1005	32,99	2,67	15,40	36,45	6,78	0,057	0,044	0,494	0,195	
C 24	5 24	2,63	0,21	1,60	2,65	0,49	45	30	309	525	6,9	909	25,32	3,04	22,21	37,33	6,97	0,064	0,043	0,434	0,142	
	17	2,63	0,21	2,13	2,16	0,37	35	26	305	79	7,4	445	34,95	2,73	28,30	20,61	4,04	0,046	0,035	0,402	0,103	
	10	2,32	0,23	2,15	2,60	0,37	28	23	288	64	7,0	381	32,67	3,19	30,21	20,16	5,55	0,039	0,032	0,376	0,059	
PVpA	5 24	2,15	0,21	1,95	1,61	0,53	83	26	334	364	6,6	826	32,39	3,16	27,92	27,30	7,97	0,135	0,040	0,506	0,162	
	17	2,80	0,10	2,22	1,54	0,40	51	29	290	504	7,1	884	35,72	2,43	30,34	21,26	5,62	0,056	0,040	0,500	0,283	
	10	2,75	0,20	2,00	1,79	0,44	66	28	260	426	7,2	710	37,53	2,73	28,42	24,39	5,44	0,080	0,032	0,385	0,263	
C 24	5 24	2,31	0,22	1,82	1,53	0,41	70	31	286	284	6,5	671	36,72	3,12	28,05	22,91	6,18	0,106	0,040	0,537	0,259	
	17	2,06	0,29	1,54	1,80	0,42	50	23	228	133	6,6	433	37,01	3,96	23,07	25,21	6,30	0,076	0,034	0,343	0,201	
	10	1,85	0,27	1,66	1,70	0,30	55	23	250	185	5,9	526	31,06	4,22	27,44	20,50	6,32	0,032	0,030	0,329	0,167	
PVpB	5 24	2,52	0,13	3,12	0,51	0,42	32	20	271	50	6,7	633	34,35	4,12	24,86	25,31	6,42	0,060	0,038	0,473	0,344	
	17	2,27	0,12	3,04	0,56	0,41	39	24	295	59	6,5	416	34,72	3,92	24,42	24,42	7,01	0,059	0,040	0,406	0,276	
	10	2,11	0,13	2,53	0,46	0,41	30	15	256	26	6,6	300	37,36	2,86	24,31	20,50	7,66	0,054	0,036	0,451	0,290	
C 24	5 24	2,43	0,15	3,69	0,74	0,59	54	19	339	75	7,6	476	31,90	1,91	44,23	31,67	7,67	0,074	0,031	0,507	0,364	
	17	2,56	0,23	2,90	2,21	0,39	33	291	100,9	6,4	446	30,50	2,70	35,35	26,21	4,63	0,039	0,027	0,340	0,119		
	10	2,43	0,25	2,66	2,05	0,37	31	30	301	66	6,2	449	34,94	2,99	34,33	24,62	4,39	0,040	0,024	0,365	0,186	
Obs: S/C= sem/com adubação; 24-17-10-3 = níveis de macropositividade %; sma/smi = soma de macro/micronutrientes	5 24	2,50	0,29	2,63	2,52	0,42	40	33	354	131	6,4	516	29,77	3,97	31,34	25,03	4,58	0,079	0,026	0,350	0,197	
	17	2,43	0,29	2,63	2,52	0,42	40	33	354	131	6,4	516	29,77	3,97	31,34	25,03	4,58	0,079	0,026	0,350	0,197	
	10	2,43	0,29	2,63	2,52	0,42	40	33	354	131	6,4	516	29,77	3,97	31,34	25,03	4,58	0,079	0,026	0,350	0,197	

Pode ser verificado que a compactação afetou os teores principalmente do P e do K nos horizontes superficiais e do N nos horizontes B2 de ambos os solos.

Ocorreram especificidades entre solos. O LR-Ap teve afetados os teores de Cu e Fe e uma interação macroporosidade x adubação para o Mn. O LR-B2 apresentou uma interação macroporos x adubação para Mg, e o PV-P-Ap para N, P, Mg, Fe e Mn. O PVp-B2 teve alterados os teores de Mg, Zn e Mn, além de K nas parcelas sem adubo. O Ca não foi afetado em nenhuma das terras utilizadas.

Comparando os tratamentos de maior (10,3667 g; LR-Ap adubado; 24% macroporos) e menor (1,0933 g; LR-B2 sem adubo; 3% macroporos iniciais) produção de matéria seca da parte aérea, verifica-se os seguintes teores : 2,09/2,01% N; 0,22/0,22% P; 2,12/1,60% K ; 2,12/2,65% Ca; 0,44/0,49% Mg; 30/45 ppm Zn ; 20/30 ppm Cu; 221/309ppm Fe; 53/525 ppm Mn. Verifica-se por parte dos nutrientes somente uma maior concentração de micronutrientes, principalmente de Mn, com uma soma de macro e micro nutrientes respectivamente de 7,3/6,9% 3247 909 ppm.

### TEOR RELATIVO DE NUTRIENTES

A Tabela 4 traz os valores relativos de nutrientes. Os teores relativos acusam uma influência menor da macroporosidade que os valores absolutos. Assim acusam variação significativa: no LR-A1, de P, Cu e Fe contra P, K, Cu e Fe; no LR-B2, de P e Mn contra N e P ;

no PVp-Ap, de K e Mg em maior intensidade; no PVp-B2 de P e Mn contra N, P, Mg, Zn e Mn. Ocorreu a eliminação da interferência da variação na macroporosidade sobre o teor de N, Mg e Zn no PVp-B2, e do K no LR-A1. A influência da interação macroporosidade x adubação continua a mesma exceto para os valores de Zn (aparece) e Mn (desaparece) no PVp-Ap. A ausência de interferência no teor de Ca continua.

Pode ser verificado, com a redução da macroporosidade, um aumento nos teores de P em todos os solos, de Cu e Fe nas parcelas adubadas, de N nos horizontes A sem adubo, de Zn e Mn nos horizontes B adubados.

Nos experimentos a variação na participação relativa dos nutrientes foi de: 28,32 a 38,78% N; 2,43 a 4,55% P; 17,61 a 35,83% K ; 21,26 a 42,75% Ca; 4,39 a 8,49% Mg; 0,0382 a 0,1251% Zn; 0,0244 a 0,0500% Cu; 0,2716 a 0,5072% Fe; 0,0644 a 0,9251% Mn.

Comparando os tratamentos maior/menor produção de matéria seca da parte aérea, encontraram-se os seguintes valores: 31,63/28,32%N; 3,07/3,04% P; 29,41/22,81% K; 28,60/37,33% Ca; 5,98/6,97% Mg; 0,039/0,064% Zn; 0,028/0,043% Cu; 0,300/0,434% Fe; 0,072/0,747 Mn.

## RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES

Frequentemente a razão entre nutrientes explica melhor o comportamento das plantas que o teor absoluto isolado de um nutriente. Assim as Tabelas 5 e 6 trazem as médias das diversas relações entre os teores absolutos de nutrientes.

TAB. 5. Razões entre nutrientes, na parte aérea, e que correlacionaram em mais de 75% com a produção de grãos.

Solo	Trat	N/P	N/Cu	N/Co	Mg/P	P/Fe	Ca/P	N/Fe	P/Zn	Zn/Cu	
LR-A1	S 24	9,7	881	0,89	2,8	10,7	10,9	103	55	1,8	
	17	12,1	1310	1,11	2,6	10,5	11,1	121	51	2,1	
	10	10,3	825	1,28	2,4	8,7	8,3	90	70	1,3	
	3	8,6	707	1,23	1,8	10,0	7,3	53	67	1,2	
	C 24	10,9	1133	1,15	2,0	10,6	10,2	107	122	1,5	
	17	9,8	1154	1,06	1,9	11,2	11,2	102	92	1,5	
	10	9,3	801	1,26	1,7	11,0	7,8	101	95	1,0	
	3	6,8	636	0,99	1,3	10,2	7,1	70	80	1,2	
	LR-B2	S 24	11,4	740	0,76	3,0	5,8	15,3	66	54	1,3
		17	11,7	707	0,74	3,1	6,0	16,5	70	56	1,1
		10	11,5	759	0,93	2,4	5,9	13,0	66	53	1,3
		3	9,4	669	0,79	2,3	7,2	12,3	60	51	1,5
C 24		12,8	1008	1,22	1,8	7,1	10,5	90	67	1,3	
17		12,1	1051	1,22	1,9	8,2	10,0	99	75	1,2	
10		10,3	1042	1,16	1,6	8,5	8,8	87	63	1,2	
3		8,5	830	0,88	1,8	7,6	9,0	65	89	1,1	
PVp-Ap		S 24	10,2	823	1,20	2,5	6,5	8,6	66	26	3,1
		17	15,9	977	1,90	2,3	6,2	8,9	99	30	2,1
		10	13,8	1007	1,54	2,1	7,9	8,9	100	31	2,4
		3	12,4	821	1,74	2,0	7,2	7,5	90	30	2,2
	C 24	9,7	1135	1,35	1,6	11,7	7,2	111	53	2,2	
	17	7,2	924	1,12	1,5	11,8	6,5	84	50	2,2	
	10	6,6	834	1,07	1,4	10,0	6,6	73	51	2,4	
	3	8,4	1008	1,20	1,5	6,9	7,1	75	48	2,2	
	PVp-B2	S 24	19,9	1260	5,14	3,3	4,7	3,9	93	42	1,6
		17	18,9	1106	4,15	4,2	4,2	4,6	80	35	1,6
		10	16,0	1230	4,60	3,0	4,7	3,5	74	46	1,8
		3	16,8	1318	3,40	4,1	4,6	5,2	76	27	2,9
C 24		11,0	1163	1,19	1,6	8,0	9,6	89	74	1,5	
17		12,0	1351	1,36	1,5	8,3	8,3	91	60	1,6	
10		9,1	1100	1,29	1,4	10,0	10,0	90	89	1,4	
3		8,6	1122	1,01	1,4	9,4	9,4	80	76	1,8	

Obs: S/C = sem/com adubação; 24-17-10-3 = níveis de macroporosidade 3.

TABELA 6. Valores de razões que correlacionaram entre 75 e 60% com a produção de grãos, nas 4 terras.

Solo	Trat.	N/Mn	Ca/Cu	N/Mg	Ca/Fe	P/Cu	Ca/Zn	K/Fe	Ca/K	Ca/Mg	Hg/K	N/Zn	N/K	
LR <sub>A1</sub>	S 24	268	1009	3,4	117	93	601	99	1,2	3,9	0,30	515	1,1	
	17	294	1181	4,6	114	108	564	99	1,2	4,2	0,29	614	1,3	
	10	261	712	4,5	69	86	562	56	1,3	3,5	0,38	735	1,6	
	3	379	601	4,9	70	03	480	58	1,3	4,0	0,33	572	1,6	
	C 24	439	1058	5,3	95	109	940	101	1,0	4,8	0,21	1156	1,1	
	17	397	1316	5,2	109	122	1096	112	1,1	5,5	0,19	879	0,9	
	10	501	682	5,7	86	87	778	89	1,0	4,6	0,21	886	1,2	
	3	362	655	5,2	72	94	585	70	1,0	5,3	0,20	556	1,0	
	LR <sub>B2</sub>	S 24	51	995	3,0	86	65	807	38	2,3	5,0	0,45	620	1,7
		17	49	975	3,0	98	60	956	44	2,2	5,2	0,43	675	1,6
		10	36	846	5,0	74	66	659	40	1,9	5,3	0,36	605	1,7
		3	38	862	4,1	86	72	618	55	1,6	5,3	0,31	464	1,2
C 24		338	830	7,9	73	79	692	80	1,0	6,3	0,17	648	1,2	
17		363	869	6,3	82	87	747	60	1,0	5,2	0,20	907	1,2	
10		366	898	6,3	75	101	731	81	0,9	5,4	0,18	846	1,0	
3		217	963	4,8	75	99	672	65	1,1	5,4	0,22	754	1,0	
PVP <sub>AP</sub>		S 24	56	690	4,1	55	80	222	57	1,0	3,4	0,29	268	1,2
		17	56	538	7,1	53	61	255	77	0,7	3,8	0,18	476	1,3
		10	64	654	6,3	70	74	206	62	0,9	4,1	0,21	416	1,3
		3	90	493	6,4	55	66	219	66	0,8	3,7	0,22	366	1,4
	C 24	188	855	6,0	83	110	370	60	1,2	4,5	0,27	504	1,7	
	17	175	836	4,9	75	129	361	67	1,2	4,4	0,26	425	1,3	
	10	101	791	5,0	69	122	329	65	1,1	4,7	0,23	344	1,1	
	3	100	875	5,6	62	120	347	54	1,2	4,6	0,25	390	1,4	
	PV <sub>B2</sub>	S 24	498	255	6,2	19	64	167	117	0,2	1,2	0,14	640	0,8
		17	386	259	4,6	19	59	155	105	0,2	1,1	0,17	665	0,7
		10	580	270	5,2	16	70	150	89	0,2	1,2	0,16	729	0,9
		3	327	399	4,2	23	79	137	114	0,2	1,3	0,16	456	0,7
C 24		255	985	6,7	76	105	725	103	0,8	5,7	0,13	826	0,9	
17		312	1024	7,6	69	123	672	95	0,7	5,6	0,13	881	1,0	
10		316	916	7,4	70	119	704	100	0,7	5,8	0,12	600	0,8	
3		192	1134	6,0	79	131	639	84	1,0	6,0	0,16	647	1,0	

Obs.: S/C = sem/com adubação; 24-17-10-3 = níveis de macroporosidade %.

Verifica-se que a variação na macroporosidade afeta principalmente a relação N/P em todos os solos, embora no PVp-Ap através da interação adubação x macroporosidade. As razões N/Cu, Mg/P, N/K, P/Cu ocorrem no LR, e Ca/K no PVp em ambos os horizontes. Especificamente ainda encontra-se a interferência sobre as relações Ca/P, N/Fe, Fe/Mn, Ca/Fe, Ca/Cu, Mg/Fe, Mg/Cu e K/Fe no LR-A<sub>1</sub>; Ca/Mg, Mg/Mn no PVp-Ap; Zn/Cu, Fe/Mn, N/Zn, N/Mn no PVp B<sub>2</sub>. A interação adubação x macroporosidade ainda altera as relações K/Fe, Mg/P e N/K no LR-B<sub>2</sub>; N/Cu, N/Ca, N/Fe, N/Zn, N/K, Ca/Mn, N/mg, Ca/Fe, Mg/Mn, N/mn, P/Mn, K/Mn, Fe/Cu e Mn/Zn no PVp-Ap.

As relações P/Fe, P/Zn e Ca/Zn não foram alteradas em nenhuma terra.

A variação das razões foi de: 6,8 a 15,9 para N/P; 636 a 1351 para N/Cu; 0,74 a 1,90 para N/Ca; 1,3 a 3,1 para Mg/P; 5,8 a 11,8 para P/Fe; 6,5 a 16,5 para Ca/P; 65 a 121 para N/Fe; 26 a 122 para P/Zn; 1,0 a 3,1 para Zn/Cu; 36 a 501 para N/Mn; 493 a 1316 para Ca/Cu; 3,8 a 7,9 para N/Mg; 62 a 117 para Ca/Fe; 60 a 131 para P/Cu; 206 a 1096 para Ca/Zn; 38 a 112 para K/Fe; 0,7 a 2,3 para Ca/K; 3,4 a 6,3 para Ca/Mg; 0,12 a 0,45 para Mg/K; 268 a 1158 para N/Zn; 0,8 a 1,7 para N/K; 12 a 30 para Mg/Fe; 126 a 282 para Mg/Cu; 8 a 15 para Fe/Cu; 1,5 a 17,5 para Mn/Zn; 33 a 429 para Ca/Mn; 0,5 a 5,5 para Fe/Mn; 3 a 57 para P/Mn; 23 a 469 para K/mn; 8 a 93 para Mg/Mn.

Comparando os tratamentos de maior/ menor produção de matéria seca da parte aérea, independente do solo, verifica-se os seguintes valores: 10,9/9,4 para N/P; 1133/669 para

N/Cu; 1,15/0,79 para N/Ca; 2,0/2,3 para Mg/P; 10,6/7,2 para P/Fe; 10,2/12,3 para Ca/P; 107/68 para N/Fe; 122/51 para P/Zn; 1,5/1,5 para Zn/Cu; 439/38 para N/Mn; 1058/882 para Ca/Cu; 5,3/4,1 para N/Mg; 95/86 para Ca/Fe; 109/72 para P/Cu; 940/618 para Ca/Zn; 101/55 para K/Fe; 1,0/1,6 para Ca/K; 4,8/5,3 para Ca/Mg; 0,21/0,31 para Mg/K; 1158/484 para N/Zn; 1,1/1,2 para N/K; 20/16 para Mg/Fe; 218/164 para Mg/Cu; 11/10 para Fe/Cu; 2,5/12,5 para Mn/Zn; 397/50 para Ca/Mn; 4,2/0,6 para Fe/Mn; 43/4 para P/Mn 417/31 para K/Mn; 84/10 para Mg/Mn.

### EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES

Na Tabela 7 encontram-se os valores acumulados de nutrientes/planta, nas diferentes terras e níveis de fertilidade e macroporosidade.

A variação da macroporosidade afetou significativamente a extração de todos os nutrientes no PVp-B<sub>2</sub>, seguido do LR para N, K, Mg, Cu em ambos os horizontes, além de Mn no horizonte A<sub>1</sub>, e se a interação adubação x macroporosidade no LR-A<sub>1</sub> e PVp-B<sub>2</sub> para P, Mg, Cu, Fe e Mn, incluindo LR-B<sub>2</sub> para N e K. Ocorreu influência da interação sobre todos os nutrientes no PVp-B<sub>2</sub>.

A variação na extração dos nutrientes nos 4 experimentos foi de: 22 a 236 mg N; 2 a 23 mg P, 17 a 219 mg K; 27 a 217 mg Ca; 5 a 45 mg Mg; 41 a 406 µg Zn; 29 a 247 µg Cu; 336 a 2270 µg Fe; 102 a 1543 µg Mn/planta.

A comparação dos tratamentos de maior/menor produção de matéria seca da parte aérea ,

TABELA.7. Extração (por planta) e eficiência nutricional dos nutrientes (médio de 4 repetições)

Solo	Trat	Extração										Eficiência Nutricional									
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Se	S	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Se	Mn	
L <sup>9</sup> A <sup>1</sup>	S 24	75	8	73	86	22	157	86	734	203	264	1260	0.48	4.6	0.50	0.42	1.9	259	430	49	130
	17	101	8	78	93	22	166	79	234	349	333	1428	0.40	4.0	0.51	0.44	1.0	243	517	50	120
	10	116	11	75	95	28	181	134	1417	454	325	2185	0.39	4.1	0.62	0.50	1.7	201	348	32	105
	3	97	11	65	62	21	165	136	1199	254	276	1753	0.45	3.9	0.69	0.55	2.2	282	316	30	172
C 24	236	23	219	217	45	300	207	2270	542	765	3319	0.451	5.5	0.55	0.57	2.7	614	571	56	229	
	179	19	190	199	35	249	156	1781	459	622	2645	0.55	5.3	0.51	0.56	2.6	489	630	57	235	
	10	197	21	171	166	36	242	249	1954	396	592	2850	0.46	4.3	0.53	0.56	2.7	409	368	46	232
	3	119	17	118	122	23	229	166	1728	333	399	2476	0.51	3.5	0.51	0.51	2.6	277	325	36	195
L <sup>9</sup> B <sup>2</sup>	S 24	35	3	20	46	9	59	47	540	672	113	1317	0.41	4.7	0.71	0.31	1.6	253	309	27	24
	17	30	3	19	42	6	47	43	434	631	102	1155	0.44	5.2	0.71	0.32	1.7	300	310	31	23
	10	30	3	17	32	6	50	39	437	826	80	351	0.44	5.0	0.75	0.40	2.1	265	330	29	16
	3	22	2	18	29	5	49	33	336	571	76	989	0.50	4.8	0.63	0.39	2.1	243	337	35	20
C 24	135	11	109	111	19	100	135	1571	402	385	2293	0.40	5.2	0.49	0.49	3.2	345	408	37	150	
	17	103	12	113	118	23	160	137	455	204	409	2136	0.41	5.0	0.51	0.50	2.6	374	435	41	156
	10	106	10	99	91	17	127	104	1219	205	223	1735	0.47	4.8	0.51	0.55	3.0	400	436	41	170
	3	70	8	70	80	15	95	84	1071	335	243	1565	0.49	4.2	0.49	0.46	2.4	375	410	32	114
PVP <sup>9</sup> P	S 24	44	4	37	37	11	169	53	684	777	32	1603	0.47	4.9	0.55	0.56	1.9	124	382	31	34
	17	47	3	39	27	7	106	50	504	546	124	1505	0.37	5.9	0.46	0.60	2.6	174	359	36	22
	10	57	4	43	37	9	137	57	539	601	150	1615	0.37	5.2	0.49	0.57	2.4	156	375	40	27
	3	64	5	47	38	10	176	71	721	712	164	1600	0.39	4.8	0.53	0.67	2.5	143	310	35	36
C 24	155	16	95	116	26	309	138	1401	811	407	2658	0.46	4.5	0.76	0.62	2.8	233	522	51	91	
	17	129	18	101	116	26	307	141	1582	739	391	2769	0.55	4.0	0.69	0.61	2.7	232	510	46	99
	10	122	18	109	117	25	362	140	1695	1220	291	2425	0.63	4.3	0.71	0.66	3.1	217	523	46	66
	3	156	18	111	130	20	406	160	2099	1543	443	4228	0.40	4.0	0.56	0.57	2.7	192	479	35	52
PVP <sup>9</sup> B <sup>2</sup>	S 24	4	0.1	4	0.7	0.6	5	3	30	7	9	52	0.74	15.7	0.62	3.83	4.5	604	962	70	435
	17	4	0.2	5	0.9	0.8	5	4	48	10	10	68	0.83	12.6	0.62	3.34	3.0	564	807	65	372
	10	3	0.2	3	0.6	0.5	4	2	39	5	8	49	0.90	2.6	0.76	4.09	4.6	701	1151	67	580
	3	4	0.2	7	1.3	1.0	10	4	59	13	13	84	0.77	13.9	0.51	2.163	3.2	354	975	60	270
C 24	59	5	68	51	9	75	52	670	231	192	1020	0.40	4.4	0.34	0.47	2.7	334	465	35	104	
	17	48	4	51	37	7	55	35	585	151	146	775	0.38	4.2	0.36	0.51	2.9	279	514	35	120
	10	32	3	38	28	5	41	29	357	102	106	520	0.42	3.9	0.36	0.53	3.1	345	463	30	133
	3	47	5	49	47	8	74	47	603	224	155	801	0.42	3.7	0.37	0.44	2.7	277	377	34	114

Obs.: extração em mg de macronutrientes/planta; mg de micronutrientes/planta; valor em mg de matéria seca/planta; eficiência nutricional (LN) = mg de nutriente/mg de matéria seca/mg de nutriente x dia; LN = matéria seca/5g nutriente x dia.



revela os seguintes valores acumulados: 236/22 mg N; 23/2 mg P; 219/18 mg K; 217/29 mg Ca ; 45/5 mg Mg; 300/49  $\mu$ g Cu; 2270/336  $\mu$ g Fe ; 542/571  $\mu$ g Mn/planta.

## EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

A Tabela 7 apresenta os dados de eficiência nutricional para cada nutriente em função do nível de fertilidade e macroporosidade nas 4 terras.

Destaca-se a influência da variação na macroporosidade sobre a eficiência do N nos horizontes B<sub>2</sub> dos solos, do Cu no LR e do Fe no PVP em ambos os horizontes. Especificamente verifica-se interferência sobre o P e Fe no LR-A<sub>1</sub>, sobre o Ca, Mg e Zn no PVP-B<sub>2</sub>. Além da influência das interações adubação x macroporosidade sobre o K no LR-A<sub>1</sub>, sobre N, P e Mn no PVP-Ap e sobre o N, K e Ca no PVP-B<sub>2</sub>.

A fertilidade do substrato apresenta interferência muito maior sobre a eficiência nutricional que a redução na macroporosidade, com o nível de umidade existente nos experimentos.

A variação da eficiência nutricional (EN) foi de:

- a. mg matéria seca/mg elemento x dia: 0,37 a 0,63 para N; 3,5 a 5,9 para P; 0,39 a 0,76 para K; 0,31 a 0,68 para Ca; 1,6 a 3,2 para Mg;
- b.  $\mu$ g matéria seca/ $\mu$ g elemento x dia: 124 a 614 para Zn; 309 a 630 para Cu; 31 a 57 para

ra Fe; 22 a 235 para Mn.

Comparando os tratamentos de maior/menor produção de matéria seca da parte aérea, encontram-se os seguintes valores:

- a. em mg de matéria seca/mg do elemento x dia: 0,51/0,50 para N; 5,5/4,8 para P; 0,55/0,63 para K; 0,57/0,39 para Ca; 2,7/2,1 para Mg;
- b. em  $\mu\text{g}$  de matéria seca/ $\mu\text{g}$  do elemento x dia: 614/243 para Zn; 571/337 para Cu; 56/35 para Fe; 229/20 para Mn.

## CONCLUSÕES

Considerando o genótipo, o tipo de adubo, a época de plantio, as condições hídricas e de fertilidade das 4 terras, pode ser concluído que a variação na macroporosidade afeta significativamente:

- a. genericamente o teor absoluto e relativo de P, e não do Ca. Para os outros elementos ocorreram especificidades em função de solo e nível de fertilidade.
- b. genêricamente a relação N/P, e não a de P/Fe, P/Zn e Ca/Zn. No LR ainda de N/Cu, Mg/P, N/K, P/Cu, e no PVp de Ca/K. Ocorreram especificidades quanto ao tipo de solo e horizonte, e alguma interferência da adubação.

- c. a extração de todos os nutrientes no PVp-B<sub>2</sub>; de N, K, Mg, Cu no LR e do Ca no horizonte B<sub>2</sub> de ambos os solos.
- d. a eficiência nutricional de N no horizonte B<sub>2</sub> de ambos os solos, de Cu no LR e de Mn no PVp em ambos os horizontes.

## SUMMARY

ABSOLUTE AND RELATIVE CONCENTRATION, RELATIONS, ACCUMULATION AND NUTRITIONAL EFFICIENCY OF THE NUTRIENTS IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.), AS AFFECTED BY THE AERATION POROSITY OF SOILS.

Experiments were carried out in greenhouse, at ESALQ/USP, in Piracicaba, SP, Brazil, with soil samples of the A and B<sub>2</sub> horizon of an Oxisol (LR) and an Alfisol (PVp), without and with mineral fertilizer and lime to achieve a CEC saturation of 80% and a Ca:Mg:K relation of 16:4:1, besides a disponible P level of 15 ppm, to verify the influence of the variation of the aeration porosity (from 24 to 3%) on the behavior of the nutrients in common bean, cultivar Aroana 80. The water content in the 2,5 liter soil per pot, was maintained between 100 and 70% of the field capacity.

The decrease of aeration porosity affected in general the absolute and relative level of P, and the N/P relation. Changed the nutritional efficiency of N in the B<sub>2</sub> horizon of both soils, of the Cu in the Oxisol and of

the Mn in the Alfisol, in both horizons.

The occurrence of specific behavior of the soil type and horizon, and the interference of the fertility level was noted.

#### LITERATURA CITADA

- AMARAL, F.A.L., 1975. Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio de 104 variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 111p. (Tese de Doutorado).
- PRIMAVESI, O., 1983. Nutrição mineral de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em dois solos sujeitos à compactação. Piracicaba, ESALQ/USP, 142p. (Dissertação de Mestrado).
- PRIMAVESI, O.; MELLO, F.A.F. de; MURAOKA, T., 1984a. Variação na participação relativa dos nutrientes acumulados por feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Oxisol e Alfisol em função da compactação. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz" 41(1):413-432.
- PRIMAVESI, O.; MELLO, F.A.F. de; LIBARDI, P. L., 1984b. 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.). Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz" 41(1):449-463.

- PRIMAVESI, O.; MELLO, F.A.F. de; MURAOKA, T., 1984c. Eficiência nutricional de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Oxisol e Alfisol, em função de níveis de compactação. Anais E.S.A. "Luiz de Queiroz" 41(2): no prelo.
- PRIMAVESI, O., 1986. Produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em função da porosidade de aeração de solos. Piracicaba, ESALQ/USP, 85p. (Tese de Doutorado).
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T., 1966. Carta de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, CES/ESALQ/USP, 85p. (mimeografado).
- ROSOLEM, C.A., 1979. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e adubação do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Piracicaba, ESALQ/USP, 137p. (Tese de Doutorado).
- SARRUGE, J.R. e HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Departamento de Química, ESALQ/USP, 56p.
- SCARDUA, R., 1972. Porosidade livre de água em dois solos do Município de Piracicaba, SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 83p. (Dissertação de Mestrado).