

VARIAÇÃO NA PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS NUTRIENTES  
ACUMULADOS POR FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.),  
EM OXISOL E ALFISOL EM FUNÇÃO DA COMPACTAÇÃO \*

O. PRIMAVESI\*\*  
F.A.F. DE MELLO\*\*\*  
T. MURAOKA\*\*\*\*

*RESUMO*

Os dados analíticos relativos (porcentuais) de extração de macro e micronutrientes, na matéria seca de feijoeiro, cultivado sobre terra de Oxisol e Alfisol confinada em vasos de 3,8 litros, foram avaliados em relação à tendência de comportamento devida aos níveis de compactação dos solos e posteriormente comparados com os valores absolutos disponíveis.

- 
- \* Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.
- \*\* CPG de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP. Bolsista da EMBRAPA.
- \*\*\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
- \*\*\*\* Seção de Fertilidade do Solo, CENA/USP.

Verificou-se tendência genérica de aumento no acúmulo de Mg, Ca e Fe, e redução de K pela parte aérea e aumento de acúmulo de Mg, Ca, K além de redução de N pelas raízes.

Pode ser constatado um comportamento diferencial entre os valores relativos e absolutos, principalmente das raízes, ocorrendo inclusive inversão no comportamento genérico de K, Ca e Fe. Com a finalidade de poder comparar o comportamento dos nutrientes entre si, os dados relativos parecem ser os mais apropriados, quando considerados todos os nutrientes essenciais.

## INTRODUÇÃO

A maneira de apresentar os dados de acúmulo de nutrientes para posterior interpretação de sua variação em função dos diferentes fatores envolvidos pode trazer consigo resultados diversos, pois considera parâmetros distintos.

Os diversos autores (LABANAUSKAS et alii, 1968; CINTRA, 1980; BERGMANN, 1981, CASTILLO et alii, 1982) que trazem dados sobre o efeito da compactação ou anaerobismo do solo atuando sobre a absorção de nutrientes, baseiam-se nos valores absolutos dos nutrientes acumulados, ou por vaso (ou planta) ou por grama de matéria seca. A expressão de massa do elemento acumulado por grama de matéria seca seria a representação múltipla dos teores dos nutrientes na matéria seca. A expressão da massa do elemento acumulado por planta ou vaso já envolveria a massa de matéria seca produzida, além do teor do elemento na matéria seca

A expressão massa do elemento por planta, seria a mais adequada para estudos de extração e exportação de nutrientes, e do efeito de tratamentos sobre os nutrientes como um todo, mas não sobre o comportamento dos nutrientes entre si, quando sob efeito de algum tratamento, como a compactação artificial do solo. Para tanto seria conveniente o uso dos valores relativos (porcentuais) dos nutrientes, tanto expressos em teor na matéria seca, massa extraída por grama de matéria seca ou massa acumulada por planta (ou vaso).

Este trabalho visa, utilizando os valores relativos de nutrientes extraídos por dois cultivares de feijoeiro sobre dois solos, a verificar a influência de níveis de compactação sobre o comportamento destes nutrientes entre si, e posteriormente compará-lo com o comportamento dos valores absolutos já levantados anteriormente (PRIMAVESI, 1983).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os cultivares de feijoeiro Rico Pardo 896 e Aroana 80 foram cultivados sobre amostras de terra do Latossolo Roxo, Série Tracema (LR), e o Podzólico Vermelho Amarelo var. Piracicaba (PVp), sem e com adubo, sujeitas a três níveis de compactação.

A TFSA foi colocada em vasos metálicos cilíndricos sem dreno, com capacidade para 3,8 litros, e mantida numa faixa de umidade entre tensões de 100 a 300 mbares.

A adubação, baseada na análise química (PRIMAVESI, 1983), procurou atingir uma saturação em bases de 80% e elevar o nível de P disponível acima de 15 ppm.

A compactação visou atingir níveis de resistência à penetração de penetrôgrafo de cone de 0 - 8,8 - 17,6 kg/cm<sup>2</sup> (BRUCE, 1955; CINTRA, 1980; PRIMAVESI, 1983).

Foram cultivadas três plantas por vaso (plantadas em 23/12/82) até o final do ciclo (67 dias após a emergência). O material vegetal foi colhido, limpo, seco em estufa a 60°C, pesado e moído.

As análises dos vegetais seguiram a metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974) para a digestão e determinação de N e K, e por RUTLEDGE & McCLURG (1980) para a determinação de P, Ca, Mg, Zn, B, Cu, Fe e Mn.

O delineamento estatístico foi um fatorial 3 x 2 x 2, em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo um experimento para cada solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se nos dados de acúmulo de macro e micronutrientes (PRIMAVESI *et alii*, 1984) por feijoeiro em Oxisol e Alfisol sujeitos à compactação, estabeleceram-se as tabelas 1 e 2, com os valores percentuais para o acúmulo de cada nutriente.

A Tabela 3 apresenta a tendência relativa de comportamento para os elementos em cada tratamento. E a Tabela 4 a tendência para os valores absolutos massa por planta, ou massa por grama de matéria seca (Tabela 5).

Analisando os dados das Tabelas 1 e 2 verificam-se diversas tendências de comportamento dos nutrientes, em função do aumento dos níveis de compactação, tipo de solo, adubação e cultivar.

Tabela 1. Participação porcentual dos nutrientes acumulados pela matéria seca do feijoeiro Rico Parbo.

Órgão	Solo	Adubo	MC	N	P	K	Ca	Mg	Total (mg)	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Total (ug)	
PA	LR	sem	0	32,3	3,8	25,3	30,5	8,2	221	6,35	5,24	0,91	68,55	18,95	2748	
		com	1	32,1	3,8	24,7	31,2	8,4	219	4,62	3,31	0,60	80,21	11,17	4046	
	PVV	sem	0	26,1	3,5	39,7	23,6	7,2	362	5,25	5,82	0,85	45,11	42,98	2947	
		com	1	26,2	3,9	37,2	24,6	8,1	409	9,73	8,92	1,62	48,38	31,35	2035	
	Raiz	LR	sem	0	35,6	2,5	25,7	28,6	7,6	96	6,22	3,11	0,97	71,91	17,78	1471
			com	1	42,4	2,1	21,7	26,6	7,3	101	5,92	2,45	0,93	74,96	15,73	1643
Raiz	LR	sem	0	22,9	3,7	38,1	27,4	7,9	294	5,74	2,21	0,71	44,35	47,00	4392	
		com	1	25,0	3,6	39,0	24,3	8,1	336	5,57	2,54	0,98	45,41	45,51	3840	
	PVV	sem	0	24,7	4,0	35,4	26,5	9,4	296	6,03	2,19	0,99	41,45	49,38	3374	
		com	1	50,7	5,0	8,9	29,8	5,6	41,9	0,40	0,07	0,28	98,02	1,23	24320	
	Raiz	LR	sem	0	53,1	4,5	5,6	30,9	3,9	53,0	0,40	0,07	0,28	98,02	1,23	24320
			com	1	50,7	5,0	8,9	29,8	5,6	41,9	0,51	0,07	0,36	97,99	1,07	15693
Raiz	LR	sem	0	52,3	5,2	6,9	30,1	5,6	38,1	0,40	0,06	0,34	98,17	1,03	15407	
		com	1	44,8	4,9	28,8	17,7	3,7	103,2	0,49	0,04	0,27	97,12	2,09	35616	
	PVV	sem	0	44,0	5,3	26,8	19,5	4,3	70,2	0,60	0,04	0,31	97,87	1,18	22761	
		com	1	44,0	5,3	26,8	19,5	4,3	70,2	0,60	0,04	0,31	97,87	1,18	22761	
	Raiz	LR	sem	0	55,9	3,7	10,7	23,2	6,5	25,0	2,16	0,25	1,10	92,91	3,57	3003
			com	1	57,4	3,8	10,1	22,7	6,0	23,2	1,67	0,20	0,89	94,70	2,54	3454
Raiz	LR	sem	0	50,4	3,7	9,8	27,2	8,9	19,3	1,81	0,18	0,77	94,27	2,91	2178	
		com	1	50,5	5,7	10,7	27,4	5,7	33,3	2,47	0,12	0,68	91,21	5,28	4190	
Raiz	LR	sem	0	46,2	6,1	11,3	29,6	6,9	26,3	1,78	0,20	0,56	88,62	8,84	4149	
		com	1	46,4	5,5	11,9	28,8	7,4	20,9	2,16	0,16	0,67	89,05	7,96	2690	

Obs.: PA = parte aérea; LR = Latossolo Roxo; PVV = Podzólico Vermelho Amarelo; sem/com = adubo; MC = nível de compactação; Total = massa/planta.

Tabela 2. Participação percentual dos nutrientes acumulados pela matéria seca do feijoeiro Arana.

Órgão	Solo	Adubo	NC	N	P	K	Ca	Mg	Total (mg)	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Total (µg)
PA	LR	sem	0	37,3	4,1	30,0	22,0	6,5	193	7,58	5,55	1,11	65,06	20,70	1672
		com	1	36,9	4,5	27,7	23,9	7,0	207	7,55	6,83	1,26	66,01	18,35	1724
	com	2	34,4	4,8	27,8	25,5	7,5	200	8,01	7,03	1,37	65,82	17,77	1592	
		0	28,8	4,2	39,5	21,5	6,0	351	6,45	5,05	1,05	42,86	44,60	2738	
	PVP	sem	0	41,2	2,8	28,7	20,4	6,8	108	9,82	5,11	1,77	63,06	20,23	987
		com	1	46,2	2,1	25,8	19,7	6,2	91	9,42	4,24	1,73	67,97	16,64	879
Raiz	sem	0	27,7	3,9	43,1	19,2	6,2	273	6,32	1,61	1,07	45,66	45,46	3676	
	com	1	28,2	3,7	41,2	20,8	6,2	307	6,46	1,65	1,18	50,41	40,30	3327	
Raiz	LR	sem	0	50,7	3,9	2,9	39,5	3,1	43,0	0,37	0,05	0,34	97,98	1,27	19742
		com	1	51,2	4,3	4,1	36,2	4,3	43,8	0,40	0,05	0,34	98,13	1,08	17644
	com	2	52,0	4,3	4,1	35,6	4,1	42,8	0,36	0,05	0,33	98,19	1,08	16990	
		0	55,3	5,2	9,0	27,5	3,6	44,0	0,46	0,05	0,32	96,82	2,35	19041	
	PVP	sem	0	60,3	3,9	5,5	25,6	4,8	25,9	2,07	0,27	0,95	92,46	4,25	3709
		com	1	53,2	3,1	8,6	29,3	5,9	25,5	2,25	0,30	1,08	93,65	2,72	3332
com	2	53,9	3,7	6,6	29,2	6,6	24,5	1,58	0,23	0,91	94,25	3,03	3875		
	0	56,2	5,4	6,4	26,7	5,4	25,0	1,73	0,17	0,32	90,38	7,40	4151		
com	1	53,1	6,0	7,8	37,7	5,5	18,2	1,56	0,21	0,24	92,14	5,84	3846		
	2	49,5	5,3	8,5	29,9	6,8	14,4	1,92	0,27	0,29	87,88	9,64	2426		

Obs.: PA = parte aérea; LR = Latossolo Roxo; PVP = Podzósolo Vermelho Amarelo; sem/com = adubo;  
 NC = nível de compactação; Total = massa/planta.

Tabela 3. Visão detalhada e geral da tendência de comportamento dos valores relativos (%) dos nutrientes acumulados na matéria seca de feijoeiro, em função da compactação do solo.

		LR		PVP	
		Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz
PA	R sem com	P, Ca, Mg K	M, K N, P, Ca, Mg Zn, B, Mn Zn, S, Cu, Mn	M, Ca, Mg N, P, H Zn, Cu, Mn Fe	P, K K, Ca Zn, B, Cu, Mn B, Fe
A	sem com	P, Ca, Mg Ca, Mg	N, K N, P, K Zn, B, Cu, Fe B, Fe Zn, Cu, Mn	N, Ca, Mg Fe Zn, B, Cu, Fe	P, K K Zn, B, Cu, Mn Mn
Ba	R sem com	P, K, Mg N, P, Ca, Mg Zn, B	N, Ca K Fe, Mn	Ca, Mg K, Ca, Mg B, Mn	M, P, K M, P Zn, B, Cu, Mn Zn, Cu, Fe
A	sem com	N, P, K, Mg P, K, Ca, Mg Zn, Fe	Ca N B, Mn	K, Ca, Mg K, Ca, Mg Zn, B, Cu, Mn	M, P M, P Zn, B, Cu, Mn Ca, Fe
PA	sem com geral	P, Ca, Mg - Ca, Mg	M, K N, P N, K	N, Ca, Mg N, P, Mg M, Ca, Mg Fe	P, K K K B, Mn
Ba	sem com geral	P, K, Mg P, Ca, Mg P, K, Mg Zn, Fe	Ca - - - B, Mn	Ca, Mg K, Mg, Ca K, Ca, Mg	M, P M, P Ca, Fe Zn, B, Cu, Mn
PA		Mg, Ca	K	Mn	Mn
Ba		Mg, Ca, K	N	Nn	Nn

Obs.: LR = Latossolo Roxo; PVP = Podzólito Vermelho Amarelo; N/A = Rico Pardo/Arossa; sem/com = adubo.  
Comportamentos obtidos comparando o nível de melhor e pior produção de matéria seca; PA = parte aérea; Ba = raízes.  
(Obs.: LR + PVP; R + A; sem + com)

Tabella A. Visão detalhada e geral da tendência de comportamento dos valores absolutos (mg ou µg/planta) dos nutrientes acumulados na matéria seca de feijoeiro, em função da compactação do solo.

		LR		Pfp	
		Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz
PA	R sem com	P, Ca, Mg	N, K	N, Ca, Mg	Fe P, K, Zn, B, Cu, Mn
		-	N, P, K, Ca, Mg	N, P, Mg	Cu K, Ca Zn, B, Fe, Mn
A	R sem com	P, Ca, Mg	N, K	-	Fe N, P, K, Ca, Mg Zn, B, Cu, Mn
		-	N	N, P, Ca, Mg	Cu K Zn, B, Fe, Mn
RA	R sem com	Mg	N, P, K, Ca	Mg	- N, P, K, Ca Zn, B, Cu, Fe, Mn
		-	N, P, K, Ca, Mg	-	- N, P, K, Ca, Mg Zn, B, Cu, Fe, Mn
A	R sem com	N, P, K, Mg	Ca	K, Ca, Mg	Fe N, P Zn, B, Cu, Fe, Mn
		K	N, P, Fe, Mg	-	- N, P, K, Ca, Mg Zn, B, Cu, Fe, Mn
PA	R sem com	P, Ca, Mg	N, K	-	Fe P, K Zn, B, Cu, Mn
		-	N	N, P, Mg	Cu K Zn, B, Fe, Mn
geral		P, Ca, Mg	N, K	N, Mg	- K Zn, B, Mn
RA	R sem com	Mg	Ca	Mg	- N, P Zn, B, Cu, Mn
		-	N, P, Ca, Mg	-	- N, P, K, Ca, Mg Zn, B, Cu, Fe, Mn
geral		-	N, P, Ca	-	- N, P, K, Ca Zn, B, Cu, Fe, Mn
PA		Mg	K	(Obs.: LR + Pfp)	R + A; sem + com)
RA		-	N, P, Ca		Zn, Mn Zn, B, Cu, Fe, Mn

Obs.: LR = Latossolo Roxo; Pfp = Podzólico Vermelho Amarelo; M/A = Rico Partido/Arcauto; sem/com = adubo  
Comportamentos obtidos comparando o nível de melhor e pior produção de matéria seca; PA = parte aérea; RA = raízes.

Tabla 5. Visión detallada e geral da toxicidade de comportamento dos valores absolutos (mg ou µg/g) dos nutrientes acumulados na matéria seca de feijão, em função da compactação do solo.

		LR		PVP			
		Aumenta		Reduz			
		Aumenta		Reduz			
		Aumenta	Reduz	Aumenta	Reduz		
PA	R sem	P, Mg	Cu, Fe	H, K, Ca	Zn, S, Mn	P, K	Zn, B
	com	H, P, K, Ca, Mg	Zn, S, Cu, Fe, Mn	-	-	K	Zn, S, Fe, Mn
A	sem	P, Ca, Mg	Zn, S	H, K	Fe, Mn	P, K	B
	com	H, P, K, Ca, Mg	Zn, S, Fe, Mn	-	-	K	Zn, S, Fe, Mn
RA	R sem	P, K, Mg	-	H, Ca	Zn, S, Fe, Mn	H, K	Zn, S, Cu, Mn
	com	H, Ca, Mg	Zn, S	P, K	Fe, Mn	K	Zn
A	sem	H, P, K, Mg	-	Ca	Zn, S, Cu, Fe, Mn	H, P	Zn, S, Mn
	com	K	Zn	H, Ca	S, Fe, Mn	H	Cu
FA	sem	P, Mg	Cu	H, K	Mn	P, K	B
	com	H, P, K, Ca, Mg	Zn, S, Cu, Fe, Mn	-	-	K	Zn, S, Fe, Mn
	geral	P, Ca, Mg	Zn, S, Cu, Fe	-	-	K	Zn, B
RA	sem	P, K, Mg	-	Ca	Zn, S, Cu, Fe, Mn	H	Zn, S, Mn
	com	-	Zn	P	Fe, Mn	K	-
	geral	P, K, Mg	-	Ca	Zn, Cu, Fe, Mn	H	Mn
PA	Mg, Ca, N, P	Cu	-	K	-	(Obs.: LR + PVP; R + A; sem + com)	
RA	Mg, K	-	-	M	Mn		

Obs.: LR = Latossolo Roxo; PVP = Podzólico Vermelho Amarelo; R/A = Rizo Paralelo/Arossa; sem/com = adubo.  
Comportamentos obtidos comparando o nível de melhor e pior produção de matéria seca; PA = parte aérea; RA = raízes.

## Macronutrientes

### Nitrogênio

Na parte aérea sua participação tem a tendência de reduzir no LR e de aumentar no PVp.

No sistema radicular tem a tendência de reduzir sua participação, principalmente no PVp.

Participa com 22,9 a 46,2% na parte aérea e com 44,0 a 60,3% nas raízes, do total de macronutrientes.

### Fósforo

Na parte aérea sua participação tende a aumentar, principalmente nas parcelas sem adubo no LR e nas adubadas no PVp, e reduzir nas outras.

Nas raízes ocorre a tendência genérica de aumento no LR e redução no PVp.

Participa com 1,7 a 4,8% na parte aérea e com 3,7 a 6,1% nas raízes.

### Potássio

Sua participação na parte aérea tem a tendência genérica de redução, mais intensamente nas sem adubo.

Nas raízes tende a aumentar.

Participa com 18,6 a 43,1% na parte aérea e com 2,9 a 28,8% nas raízes.

### **Cálcio**

Sua participação porcentual na parte aérea tem a tendência genérica de aumentar.

Nas raízes a tendência é aumentar nas parcelas adubadas do LR e no PVp, e a reduzir nas parcelas sem adubo no LR.

Participa com 19,2 a 31,7% na parte aérea e com 17,7 a 39,5% nas raízes.

### **Magnésio**

Na parte aérea sua participação porcentual tem a tendência genérica de aumentar.

Nas raízes a tendência também é aumentar.

Participa com 6,2 a 9,4% na parte aérea e com 3,1 a 8,9% nas raízes, do total de macronutrientes.

### **Micronutrientes**

#### **Zinco**

A tendência de sua participação porcentual na parte aérea é a de reduzir no LR, principalmente nas parcelas adubadas, e no PVp sem adubo, aumentando no PVp adubado.

No sistema radicular a tendência é reduzir, exceto no LR adubado onde pode aumentar.

Sua participação vai de 4,7 a 9,9% na parte aérea e de 0,36 a 2,48% no sistema radicular, do total de micronutrientes.

### **Boro**

A tendência geral de sua participação porcentual na parte aérea é variável em função do cultivar, sendo geralmente a de reduzir, principalmente nas parcelas sem adubo.

Nas raízes a tendência é reduzir nas parcelas sem adubo e aumentar nas adubadas, principalmente no PVp.

Sua participação varia de 4,6 a 9,8% na parte aérea e de 0,03 a 0,30% nas raízes.

### **Cobre**

Na parte aérea a tendência geral de sua participação é variada mais intensamente no PVp, onde reduz nas parcelas sem adubo e aumenta nas adubadas, ocorrendo o contrário no LR.

Nas raízes a tendência geral é a de reduzir.

Sua participação varia de 0,6 a 1,8% na parte aérea e de 0,24 a 1,10% nas raízes.

### **Ferro**

A tendência geral de participação porcentual na parte aérea é a de aumentar. Nas raízes, ocorre redução nas parcelas adubadas.

A participação do Fe na matéria seca varia de 41,5 a 80,2% na parte aérea e de 88,62 a 98,19% nas raízes.

### Manganês

Na parte aérea a tendência de sua participação é a de reduzir. Nas raízes a tendência é a de reduzir, exceto nas parcelas adubadas do PVp, onde aumenta.

Sua participação é de 11,2 a 49,3% na parte aérea e de 10,3 a 9,64% nas raízes, do total de micronutrientes.

Não considerando a influência específica do cultivar, solo ou adubação, verifica-se que são poucos os nutrientes com tendência geral bem definida, em função do aumento da compactação do solo.

Em termos genéricos, na parte aérea, verifica-se uma tendência de aumento no acúmulo de Mg seguido do Ca e do Fe. Ao mesmo tempo, nota-se uma tendência de redução na extração porcentual do K e Mn.

Considerando as raízes, observa-se uma tendência de aumento na extração de Mg, de Ca e de K, bem como uma redução de N, Cu e Mn.

Comparando estas tendências genéricas dos valores relativos com a dos absolutos (PRIMAVESI, 1983) da parte aérea, com o aumento da compactação, verifica-se que os valores relativos ressaltam mais a tendência de aumento no acúmulo de Mg, Ca e Fe, mantendo iguais as tendências de K e Mn, e diminuindo a tendência de redução no acúmulo de N e Zn, e de aumento do P e Cu (Tabela 6).

No tocante ao sistema radicular os valores relativos ressaltam a tendência de aumento na extração de Mg, diminuem (chegando a anular) a tendência de redução do P e N, bem como, praticamente, invertem a tendência de com

Tabela 6. Resumo comparativo dos comportamentos genéricos da acumulação de nutrientes em função da compactação do solo e do modo de apresentação dos dados para fins de interpretação.

Parte da planta	Modo de apresentação	Macronutrientes			Micronutrientes		
		Aumenta	+/-	Reduz	Aumenta	+/-	Reduz
PA	$\xi$	$\underline{Mg} > \underline{Ca}$	P = N	<u>K</u>	$\underline{Fe} > \underline{B}$	Cu	Zn = Mn
	massa elemento/planta	$\underline{Mg} > \underline{Ca} = \underline{P}$	-	N < <u>K</u>	Fe = Cu	-	B < <u>Zn</u> <u>Mn</u>
	massa elemento/g m.s.	$\underline{Mg} > \underline{Ca} > \underline{N} = \underline{P}$	-	<u>K</u>	$\underline{Cu} > \underline{Fe}$	Zn = Mn	B
Ra	$\xi$	$\underline{Mg} > \underline{Ca} = \underline{K}$	P	<u>N</u>	Fe	Cu	Zn = B = Mn
	massa elemento/planta	-	Mg	K < <u>N</u> = <u>P</u> = <u>Ca</u>	-	-	<u>Zn</u> < <u>B</u> = <u>Fe</u> < <u>Cu</u> = <u>Mn</u>
	massa elemento/g m.s.	$\underline{Mg} > \underline{K} > \underline{Ca} = \underline{P}$	-	<u>N</u>	-	Fe	Cu < Zn = B < <u>Mn</u>

Obs.: PA = parte aérea; Ra = raízes;  $\xi$  = valor relativo, tanto da massa do elemento/planta como /grama de matéria seca (os resultados são os mesmos). Elementos sublinhados apresentam o comportamento mais marcante (genérico).

portamento no acúmulo de K, Ca e Fe (de redução para aumento na participação).

Os valores relativos em relação aos absolutos têm seu comportamento mais afetado quando é considerado o sistema radicular, em relação à parte aérea. Comparativamente, os valores absolutos que consideram massa do elemento acumulado por grama de matéria seca, também apresentam comportamentos particulares diferentes (não consideram a matéria seca total) (Tabela 6).

Analisando os dados obtidos na literatura pelo prisma dos valores relativos, constata-se que os dados de LABANAUSKAS et alii (1968), que encontraram redução no acúmulo dos nutrientes (valores absolutos), mostram aumento no acúmulo de Ca, Fe e Mn pela planta inteira, com a redução do oxigênio na rizosfera. Os dados de CINTRA (1980) que mostram redução dos macronutrientes com a compactação, em valores relativos apresentam tendência de aumento do Ca e Mg para a maioria das culturas estudadas.

Em vista do verificado, parece ser conveniente analisar os valores relativos, pois além de permitirem comparação de influência entre solos, cultivares e outros tratamentos, ainda a do comportamento entre nutrientes, parecendo apresentar as tendências mais reais para a caracterização da influência sobre o estado nutricional da planta, e assim permitir medidas mais acertadas na área da adubação mineral. Porém, devem ser considerados todos os nutrientes essenciais ao mesmo tempo, pois deverão ocorrer diferenças de comportamento relativo, às vezes até opostos, quando considerados somente alguns dos elementos, em virtude de seu comportamento individual e volume extraído não seguir um mesmo padrão. Na impossibilidade de uma análise química completa de nutrientes, seria conveniente avaliar os resultados através do estabelecimento de razões entre dois ou mais nutrientes ou elementos.

Procurando uma explicação para as tendências de comportamento verificadas no acúmulo dos nutrientes, en-

controu-se, considerando a parte aérea, uma tendência de correlação positiva do Ca com Mg e Fe, além do K com Mn, e negativa do K e do Mn com Ca e Mg, de Fe com Mn.

Considerando a parte radicular, uma tendência de correlação positiva do Mg com P e Fe, e negativo do Mn com P, Mg e Fe.

Considerando a parte radicular em relação à parte aérea, uma tendência de correlação positiva do Mg com Fe, do Cu com K, do Fe com Fe, e do Mn com Zn, e negativa do Fe com Zn, do Mn com Fe, e do Mg com Zn.

Mas estas correlações não explicam o comportamento dos nutrientes. Para Mg e Ca contra K na parte aérea a explicação poderia ser encontrada na informação de KULKARNI & SAVANT (1977), que verificaram ocorrer um aumento da CTC radicular com o aumento da densidade do solo (compactação). E sendo o feijoeiro uma dicotiledônea, com maior capacidade de troca de cátions divalentes pelas raízes, um aumento na CTC provocaria maior absorção de Ca + Mg em detrimento ao de K (RAMOS, 1976). A questão, porém, não fica completamente fechada, pois os dados de CINTRA (1980) acusam o fenômeno de aumento do acúmulo de Ca e também de Mg (valores relativos) não somente para dicotiledôneas (tremoço) como também para algumas gramíneas (cevada, trigo), enquanto, por exemplo, soja e colza mostraram aumento de K e redução de Ca e/ou Mg.

O aumento na absorção de Fe poderia estar ligado à condição de maior anaerobismo, que pode ter ocorrido com a compactação do solo, o que explicaria a redução de Mn e Zn na parte aérea. Ou pode ter ocorrido algum mecanismo metabólico via Mg-P-Fe ou K-Mn, como sugerem as tendências de correlação acima citadas para o sistema radicular.

Quanto à seqüência de extração dos nutrientes, por ordem de grandeza, verifica-se (Tabela 7) que pode ocorrer influência da compactação em função do cultivar, tipo de solo, nível de fertilidade, órgão vegetal amostra-

Tabela 7. Ordem decrescente da extração de nutrientes por feijão-liro, em função da redução da macroporosidade.

Órgão	Solo Adubo	Rico Pardo	Arcano
PA	sem	N > Ca > K > Mg > P	N > K > Ca > Mg > P
	com	K > N > Ca > Mg > P	K > N > Ca > Mg > P
PVP	sem	N > Ca > K > Mg > P	N > K > Ca > Mg > P
	com	K > Ca > N > Mg > P	K > N > Ca > Mg > P
Ra	sem	N > Ca > K > P > Mg	N > Ca > P > K = Mg (N > Ca > K = Mg > P)
	com	N > K > Ca > P > Mg (N > Ca > K > P > Mg)	N > Ca > K > P > Mg (N > Ca > K > Mg > P)
PVP	sem	N > Ca > K > Mg > P	N > Ca > Mg > K = P (N > Ca > K > Mg > P)
	com	N > Ca > K > Mg > P	N > Ca > K > Mg = P (N > Ca > K = Mg > P)

Obs.: PA = parte aérea; Ra = raízes; LR = Latossolo Roxo; PVP = Podzólico Vermelho Amarelo; sem/com = adubo.  
A seqüência entre parênteses ( ) ocorre no maior nível de compactação. Na parte aérea predominam: N, P, K, Ca, Mg, Zn, S, Mn e nas raízes: Cu, Fe, Al.

do. Comparando parcelas sem e com adubo, destaca-se a mudança de posicionamento do K, na parte aérea. E comparando solos destaca-se o posicionamento entre P e Mg nas raízes entre LR e PVp.

## CONCLUSÕES

Com aumento da compactação do solo, os valores relativos levantados sugerem, em termos genéricos, uma tendência de:

- a) aumento no acúmulo de Mg, Ca e Fe pela parte aérea;
- b) redução na extração de K pela parte aérea;
- c) aumento no acúmulo de Mg, Ca e K pelas raízes;
- d) redução na extração de N pelas raízes;
- e) comportamento diferencial entre os valores absolutos e relativos, principalmente nas raízes. Ocorre inversão no comportamento genérico para K, Ca e Fe nas raízes.

## SUMMARY

VARIATION IN THE RELATIVE PARTICIPATION OF THE NUTRIENTS ACCUMULATED BY COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) IN AN OXISOL AND AN ALFISOL, DUE TO THE COMPACTION

The relative analytical absorption data of the macro and micronutrients, in the dry matter of common

bean, cropped in soil of an Oxisol and an Alfisol, confined in 3,8 liter pots, were analysed in relation to the comportamental tendency due to the compaction levels of the soils, and further compared to the disponible absolute values.

It could be verified a general tendency in increase the accumulation of Mg, Ca and Fe, and decrease of K by the shoots, and increase of the extraction of Mg, Ca and K, and of decrease of N by the roots.

It could be observed a differential behavior between the relative and absolute data, principally of the roots, occurring inclusive an inversion of the general tendency of K, Ca and Fe.

With the finality to compare the behavior between the different nutrients, the relative data seem to be the more appropriate ones, when all essential nutrients are considered.

#### LITERATURA CITADA

BERGMANN, W., 1981. Agrochemische Aspekte der Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus dem Unterboden. In: **Blickfeld** 57: 2-9.

BRUCE, R.R., 1955. An instrument for the determination of soil compactability. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 19 (3): 253-257.

CASTILLO, S.R.; DOWDY, R.H.; BRADFORD, J.M.; LARSON, W. E., 1982. Effect of applied mechanical stress on plant growth and nutrient uptake. **Agron. J.** 74(3): 526-530.

- CINTRA, F.L.D., 1980. Caracterização do impedimento mecânico em latossolos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 89 p. (Dissertação de Mestrado).
- KULKARNI, B.K.; SAVANT, N.K., 1977. Effect of compaction on root cation exchange capacity of crop plants. *Plant and Soil* 48: 269-278.
- LABANAUSKAS, C.K.; STOLZY, L.H.; ZENTMYER, G.A.; SZUSZKIEWICZ, T.E., 1968. Influence of soil oxygen and soil water on the accumulation of nutrients in avocado seedlings (*Persea americana* Mill.). *Plant and soil* 29(3): 391-406.
- PRIMAVESI, O., 1983. Nutrição mineral de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em dois solos sujeitos à compactação. Piracicaba, ESALQ/USP, 142 p. (Dissertação de Mestrado).
- PRIMAVESI, O.; MELLO, F.A.F.; MURAOKA, T., 1984. Comportamento diferencial de dois cultivares de feijoeiro no acúmulo de matéria seca, nutrientes e Al, e eficiência nutricional. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"* 41 (no prelo).
- RAMOS, G.M., 1976. Influência da capacidade de troca catiônica das raízes, sobre a competição por potássio entre gramíneas e leguminosas consorciadas. Viçosa, UFV, 38 p. (Dissertação de Mestrado).
- RUTLEDGE, B.E.; McCLURG, J.E., 1980. Plant tissue analysis by inductively coupled Argon Plasma spectrometry. *Jarrel Ash Plasma Newsletter* 3(3): 4-5.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Departamento de Química, ESALQ/USP, 56 p.