

Nº 15, out/96, p.1-6

**MINERAIS EM ADUBOS VERDES CONDUZIDOS SOBRE
LATOSSOLOS, NA REGIÃO DE SÃO CARLOS, SP.****Odo Primavesi¹
Ana Cândida Primavesi¹**

O retorno de material orgânico ao solo é prática essencial para garantir a sustentabilidade de qualquer atividade agrícola produtiva, em especial em agroecossistemas intensivos. Existem agroecossistemas de produção intensiva de bovinos de leite a pasto, em que as áreas de produção de milho para silagem, com a finalidade de suprir a demanda por alimentos no inverno, são as potencialmente mais impactantes sobre a qualidade ambiental, especialmente quando conduzidas sobre solos arenosos de baixa fertilidade química natural. Desta forma surgiu a necessidade de avaliar materiais vegetais que pudessem ser plantados logo após a colheita do milho e que tivessem potencial para produzir aproximadamente 6 t.ha⁻¹ de matéria seca no período seco do inverno, a fim de permitir o plantio direto, na palhada, de milho para silagem, na safra seguinte.

Este trabalho objetivou verificar qual o teor mineral ou relação entre teores que determina a melhor produção de matéria seca de diversos adubos verdes, inicialmente no período das águas (verão), e qual a espécie com maior potencial de extração mineral por tonelada de matéria seca, considerando a ciclagem de minerais.

¹ Eng. Agr., Dr., Pesquisador do Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - CPPSE/EMBRAPA, CP. 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP.

CT/15, CPPSE, out/96, p. 2-6

Os experimentos foram realizados na área experimental do Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (EMBRAPA/ CPPSE), Fazenda Canchim, em São Carlos, SP, latitude 21°57'42" S, longitude 47°50'28" W e altitude de 850 m. As condições climáticas, considerando a capacidade de armazenamento de água do solo de 100 mm, no período de 70 dias de vegetação das plantas, foram: chuvas, 729 mm; evapotranspiração potencial, 450 mm; déficit hídrico, 29 mm; temperatura média, 22,9°C; umidade relativa, 79%; e radiação líquida estimada, 0,7 J.m⁻². Os solos utilizados, Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e Latossolo Vermelho-Escuro (LE), apresentaram as características químicas na camada de 0-0,20 m mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e granulometria da camada de 0-0,20 m do solo.

características	LV	LE
pH- água	4,5	5,2
pH- CaCl ₂	3,9	4,4
Mat.orgânica, g.dm ⁻³	12,0	15,0
P-resina, mg.dm ⁻³	5,0	3,0
K ⁺ , mmol _c . dm ⁻³	10,0	10,0
Ca ²⁺ , mmol _c . dm ⁻³	3,0	14,0
Mg ²⁺ , mmol _c . dm ⁻³	2,0	8,0
CTC, mmol _c . dm ⁻³	44,0	59,0
V, %	14,0	39,0
m, %	63,0	13,0
Fe, mg.dm ⁻³	47,0	61,0
Mn, mg.dm ⁻³	5,0	28,0
Cu, mg.dm ⁻³	0,8	1,7
Zn, mg.dm ⁻³	0,3	0,9
B, mg.dm ⁻³	0,1	0,4
argila, g.kg ⁻¹	264,0	279,0
silte, g.kg ⁻¹	27,0	22,0
areia, g.kg ⁻¹	683,0	697,0
densidade do solo, kg.m ⁻³	1,42	1,36
macroporosidade, %	21,0	22,5
CAD, mm	62,0	80,0

Obs: g.dm⁻³ e g.kg⁻¹ = 10 x %; mmol_c.dm⁻³ = 10 x emg/100cm³; mg.dm⁻³ = ppm; kg.m⁻³ = g.cm⁻³; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível em 1,0 m do perfil do solo.

CT/15, CPPSE, out/96, p. 3-6

Como havia gradiente de fertilidade nas áreas experimentais, foi realizada a calagem e a adubação mineral específica por bloco experimental, de maneira a ocorrerem, nos blocos 1, 2 e 3, saturações por base de 25 (ou natural), 50 e 75%, com relações Ca:K de 9:1. No LV foram aplicados 0,8, 2,4 e 4,1 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico, com PRNT (poder relativo de neutralização total) de 76,7% e PN (poder de neutralização) de 104,1%, e ao plantio, a lanço, 0, 85 e 170 kg.ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl, e 60, 120 e 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. No LE foram aplicados 0, 1 e 3,2 t.ha⁻¹ de calcário; 94, 141 e 254 kg.ha⁻¹ de K₂O; e 60, 120 e 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Os fertilizantes foram incorporados com enxada rotativa no dia da semeadura. Não foi utilizado nitrogênio nem qualquer tipo de inoculante, nas duas áreas, procurando imitar a realidade de campo.

As espécies vegetais e as respectivas quantidades de sementes utilizadas foram: labe-labe (*Dolichus lablab*, cv. Rongai, 3 g.m⁻¹), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*, 5 sem.m⁻¹), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*, 5 sem.m⁻¹), mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*, 5 sem.m⁻¹), crotalaria (*Crotalaria juncea*, 1,2 g.m⁻¹, e *Crotalaria spectabilis*, 0,6 g.m⁻¹), sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*, cv. Contimel, 0,6 g.m⁻¹), milheto (*Pennisetum americanum*, comum, 0,5 g.m⁻¹), milho híbrido (*Zea mays*, cv. Contimax 322, 2,5 g.m⁻¹) e leucena (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, 1g.m⁻¹). O espaçamento utilizado foi o de 0,50 m, sendo 0,25 m para milheto. A área útil de cada parcela foi de 2,25 m². O corte foi realizado a 0,10 m do solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 3 repetições em ambos os solos.

O plantio ocorreu em 03/12/92 e a colheita, em 08/03/93, 95 dias após. A produção de matéria seca e os teores minerais na planta inteira são apresentados na Tabela 3 e os minerais ou suas relações determinantes da produção de matéria seca, na Tabela 4.

CT/15, CPPSE, out/96, p. 4-6

Tabela 3. Produção de matéria seca e teores minerais da planta inteira de adubos verdes cortados com 90 dias, no verão (por bloco).

Es-So	Sa	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Mn	Fe	M.S.
				g.	kg ⁻¹				mg.	kg ⁻¹		t.ha ⁻¹
MH-1	2											0,00
	3	9,0	1,9	9,6	2,7	3,1	0,4	6,9	18	23	72	1,70
MH-2	1	7,6	1,1	12,0	1,1	1,7	0,6	3,4	18	33	76	6,40
	2	8,4	1,1	11,6	0,9	1,7	0,2	0,9	12	27	82	8,30
SF-1	3	21,5	2,0	14,4	2,2	3,9	0,6	4,4	22	49	233	9,90
	2											0,00
SF-2	3	10,0	1,8	18,8	2,2	2,9	0,9	0,2	21	60	285	1,40
	1	14,9	1,5	22,8	2,8	3,1	1,0	3,6	39	62	110	3,60
Mi-1	2	14,3	1,9	21,0	2,3	3,2	0,9	4,1	31	70	77	7,00
	3	12,2	1,6	15,6	2,6	2,0	0,8	1,5	17	45	73	9,60
Mi-2	2	17,4	1,7	25,6	1,0	1,4	1,0	1,6	21	209	227	11,90
	3	14,4	2,0	18,8	1,7	1,8	1,1	0,1	12	133	228	15,90
MP-1	1	13,2	1,1	18,8	2,2	2,9	1,0	0,9	17	53	188	10,00
	2	16,4	1,7	23,2	2,4	2,8	1,1	1,0	20	92	176	16,00
MP-2	3	14,8	1,7	21,6	2,2	2,9	1,0	0,9	18	58	89	16,40
	2	19,7	1,4	13,2	8,2	2,3	1,4	3,5	35	619	483	2,80
LL-1	3	18,9	1,5	14,0	6,6	2,1	1,0	4,2	17	214	220	2,80
	1	23,2	2,2	18,4	6,7	2,3	1,1	10,0	27	114	345	1,20
LL-2	2	25,0	2,5	21,2	9,1	2,3	1,1	10,9	24	97	175	2,30
	3	31,1	2,8	22,0	8,1	2,3	1,2	13,1	20	66	395	2,80
CJ-1	2	18,4	1,9	13,2	6,8	1,8	1,5	0,3	19	462	3036	2,30
	3	25,4	1,7	19,6	8,3	3,1	1,3	0,8	15	454	1460	4,50
CJ-2	1	24,6	1,9	19,6	9,3	4,6	1,1	3,0	21	135	387	3,20
	2	25,7	1,8	14,4	11,3	2,9	1,2	2,8	14	59	268	4,20
MC-1	3	26,1	2,2	20,0	14,2	2,7	1,1	3,8	13	32	373	5,20
	2											0,00
MC-2	3	28,3	1,8	9,2	7,4	3,6	1,3	5,4	15	62	394	1,40
	1	21,1	1,5	12,8	6,8	2,3	1,2	5,3	19	69	149	3,40
FP-1	2	22,9	2,2	14,8	6,2	2,6	1,4	6,2	18	78	178	4,80
	3	23,3	1,7	14,0	5,1	2,5	1,0	5,0	13	68	146	6,20
FP-2	2	25,5	1,8	14,4	5,1	1,8	1,2	7,7	36	603	484	2,00
	3	23,5	1,4	16,8	6,4	5,6	1,3	0,5	12	804	485	6,50
LE-2	1	24,5	2,0	16,4	7,0	1,8	1,0	14,3	29	55	350	5,10
	2	33,8	2,8	18,0	4,0	1,6	1,0	11,9	27	36	168	7,90
CS-1	3	25,7	2,0	15,2	5,6	2,2	1,1	12,4	16	61	178	7,50
	2	29,5	1,6	20,4	3,9	2,7	1,5	3,0	21	747	490	1,00
CS-2	3	29,5	2,0	23,6	9,7	5,2	1,3	0,1	15	480	166	3,70
	1	33,8	2,1	21,0	18,4	2,2	1,0	0,3	23	62	429	2,60
LE-2	2	31,2	2,1	24,0	13,7	2,1	1,2	0,4	18	54	451	4,30
	3	33,2	2,1	23,2	17,0	2,8	1,1	0,1	24	61	239	3,40
dms-1	2	35,0	2,7	30,0	7,4	1,3	1,7	13,5	37	477	1008	0,50
	3	30,9	1,9	24,4	8,8	3,0	1,8	8,7	21	423	396	2,00
dms-2	1	29,2	1,7	23,2	14,5	2,7	1,5	13,0	37	60	347	1,80
	2	30,9	2,4	23,2	11,3	3,1	1,4	12,1	26	66	376	2,60
dms-2	3	28,4	2,3	17,6	10,8	2,8	1,5	10,5	17	52	327	2,20
	1	31,6	1,5	16,4	9,0	3,6	1,2	11,9	21	80	138	0,20
dms-2	2	34,0	1,5	12,4	8,6	3,6	0,9	10,7	20	72	103	0,30
	3	27,3	1,2	14,4	7,7	3,2	1,1	9,4	10	52	101	0,60
dms-1		14,2	1,5	16,6	7,6	4,6	0,7	9,9	26	673	1888	3,23
dms-2		8,3	0,7	5,7	3,5	1,5	0,3	2,8	12	48	171	2,80

Es=espécie; MH=milho híbrido, Mi=milheto, SF=sorgo-forrageiro, LL=labe-labe, MP=mucuna-preta, MC=mucuna-cinza, CJ=C. juncea, CS=C. spectabilis, FP=feijão-de-porco, LE=leucena; So=solo, sendo 1=LV e 2=LE, Sa=saturação por bases. DMS=diferença mínima significativa ao nível de 5% (Tukey).

CT/15, CPPSE, out/96, p. 5-6

Considerando a tendência de variação da produção de matéria seca, nos dois solos, e os níveis de fertilidade nos blocos, as espécies poderiam ser enquadradas como de baixa tolerância à baixa fertilidade química do solo (foram melhores na saturação por bases em torno de 75%: milho, sorgo-forrageiro, labe-labe, *C. juncea* e leucena), de média tolerância (saturação por bases em torno de 50%: feijão-de-porco, mucuna-cinza e *C. spectabilis*) e de elevada tolerância (produziram razoavelmente na saturação por bases em torno de 25%: mucuna-preta e milheto).

Tabela 4. Minerais determinantes da variação de produção de matéria seca ($t \cdot ha^{-1}$).

Espécie	minerais e ajuste de equação (r^2) para produção de matéria seca=
Milho híbrido	$-8,102 + 3,2 N/Mg (0,998^{**}) + 0,107 P/S (0,002^{**})$
Sorgo-forrageiro	$-16,906 + 33,69 N/K (0,914^*) - 45,326 Ca (0,0856^*)$
Milheto	$-8,84 - 1,711 P/S (0,885^*) + 0,51 Zn (0,11^*) + 10,51 Cu (0,01^*)$
Labe-labe	$1,51 + 0,00182N/Zn(0,94^{**}) - 9,695P/K(0,055^*) + 0,0006K/Zn(0,005)$
Mucuna-preta	(não houve mineral ou relação determinante; N/K (0,60ns))
<i>C. juncea</i>	$1,802 + 2,763 K/Ca (0,997^{**}) - 0,0159 S/Cu (0,003^*)$
Mucuna-cinza	$-5,533 + 0,06P/K(0,806^*) + 0,377S(0,193^{**}) + 0,007 Mg/Mn(0,001^{**})$
Feijão-de-porco	$16,272 - 0,83 N/P (0,9386^{**})$
<i>C. spectabilis</i>	$-2,1063 + 9,736Mg(0,943^{**}) + 0,73P/S(0,064^*) + 0,0054N/Fe(0,002^*)$
Leucena	$-1,068 + 0,0113Ca/Mn (0,998^*)$

Obs: Foi utilizada a análise multivariada, com o procedimento stepwise do pacote estatístico SAS. Valores entre parêntesis são os coeficientes de correlação ao nível de 1 (***) ou 5% (*) de significância.

A extração mineral por tonelada de matéria seca é apresentada na Tabela 5.

Na extração por hectare (calculável com dados da Tabela 5), as espécies mais produtivas se destacam, como o milheto para N, P, K, Mg, S e Zn, normalmente seguido pela mucuna-cinza e o labe-labe, no LV. O milheto destaca-se na extração de N, P, K, S, Cu, Mn e Fe, seguido geralmente pela mucuna-cinza, no LE.

Pode ser concluído que existe exigência mineral específica para cada espécie, o que deve ser levado em conta na escolha do adubo verde. Considerando as espécies que morreram após a emergência, no tratamento com fertilidade química mais baixa,

Tabela 5. Extração de minerais por tonelada de matéria seca de planta inteira de adubos verdes cortados com 90 dias, no verão. (média de 2 blocos para LV e 3 blocos para LE)

E-S	N	P	K	kg. t ⁻¹			Cu	Zn	Mn	Fe	M.S.	água
				Ca	Mg	S						
MH-1	4,6	1,9	9,6	2,7	3,1	0,4	6,9	18	23	23	0,85	75
MH-2	12,5	1,4	12,7	1,4	2,4	0,5	2,9	17	36	130	8,20	74
SF-1	10,0	1,8	18,8	2,2	2,9	0,9	0,2	21	60	280	0,70	84
SF-2	13,8	1,7	19,8	2,6	2,8	0,9	3,1	29	59	86	6,73	83
Mi-1	15,9	1,9	22,2	1,4	1,6	1,3	0,9	16	171	227	13,90	74
Mi-2	14,8	1,5	21,2	2,3	2,9	1,0	0,9	18	68	151	14,13	75
MP-1	19,3	1,5	13,6	7,4	2,2	1,2	3,9	26	417	352	2,80	78
MP-2	26,4	2,5	20,5	8,0	2,3	1,1	11,3	24	92	305	2,10	83
LL-1	21,9	1,8	16,4	7,6	2,5	1,4	0,6	17	458	2248	3,40	77
LL-2	25,5	2,0	18,0	11,6	3,4	1,1	3,2	16	75	343	4,20	83
CJ-1	28,3	1,8	9,2	7,4	3,6	1,3	5,4	15	62	394	0,70	81
CJ-2	22,4	1,8	13,9	6,0	2,5	1,2	5,5	16	71	157	4,80	74
MC-1	24,5	1,6	15,6	5,8	3,7	1,3	4,1	24	703	485	4,25	79
MC-2	28,0	2,3	16,5	5,5	1,9	1,0	12,9	24	50	232	6,83	82
FP-1	29,5	1,8	22,0	6,8	4,0	1,4	1,6	18	614	328	2,35	81
FP-2	32,7	2,1	22,7	16,4	2,4	1,1	0,3	22	59	373	3,43	80
CS-1	33,0	2,3	27,2	8,1	2,2	1,8	11,1	29	450	702	1,25	84
CS-2	29,5	2,1	21,3	12,2	2,9	1,5	11,9	27	59	350	2,20	85
LE-2	31,0	1,4	14,4	8,4	3,5	1,1	10,7	17	68	114	0,37	69
dms-1	14,2	1,5	16,6	7,6	4,6	0,7	9,9	26	673	1888	3,23	
dms-2	8,3	0,7	5,7	3,5	1,5	0,3	2,8	12	48	171	2,80	
dm-1	107,5	12,4	112,6	4,3	36,6	7,7	31,7	135	563	334		
dm-2	83,1	8,2	73,1	16,5	12,3	3,3	18,5	85	391	1138		

E=espécie; MH=milho híbrido, Mi=milheto, SF=sorgo-forrageiro, LL=labe-labe, MP=mucuna-preta, MC=mucuna-cinza, CJ= *C. juncea*, CS= *C. spectabilis*, FP=feijão-de-porco, LE=leucena; S=solo, sendo 1=LV e 2=LE. DMS ao nível de 5% (Tukey), para extração por tonelada de matéria seca; dm=diferença mínima significativa ao nível de 5%, para extração/ha. Água=conteúdo de água do material fresco. M.S.=produção de matéria seca.

no Latossolo Vermelho-Amarelo, ressalta-se a importância da relação N:Mg para o milho, N:K para o sorgo-forrageiro e K:Ca para a *C. juncea*. O nitrogênio pode ser elemento limitante para a produção de milho.

Quanto à extração mineral, destacaram-se a crotalaria (*C. spectabilis* e *C. juncea*), feijão-de-porco para a extração de N, no LV. No LE destacaram-se a mucuna-preta como extratora de P, feijão-de-porco para K, Ca e Fe, mucuna-cinza, *C. spectabilis*, mucuna-preta e leucena para Cu, e *C. spectabilis* para S.