

## QUALIDADE MINERAL E DEGRADABILIDADE POTENCIAL DE ADUBOS VERDES CONDUZIDOS SOBRE LATOSSOLOS, NA REGIÃO TROPICAL DE SÃO CARLOS, SP, BRASIL

Odo Primavesi<sup>1</sup>

Ana Cândida Primavesi<sup>1</sup>

Maria José Aguirre Armelin<sup>2</sup>

### RESUMO

Com o objetivo de caracterizar a qualidade mineral e degradabilidade potencial de espécies vegetais com capacidade para produzir massa orgânica para a cobertura morta de solo, para atender áreas de plantio direto de milho ou sorgo para silagem, foram conduzidos experimentos na Embrapa Pecuária Sudeste, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico típico (LVAA) e Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), textura arenosa. Localizado na latitude de 21°57' S, e longitude de 47°50' W e uma altitude de 850 m, apresentando clima tropical de altitude. Pode ser verificado que a ciclagem de minerais por adubos verdes, vai depender da espécie, do tipo de solo, e que a produtividade de matéria seca de adubos verdes está mais relacionada com relações nutricionais que com nutrientes isolados. As gramíneas, como milheto, por sua maior produtividade realizam maior extração de N, com relação às leguminosas, como mucuna-cinza, sendo que as quantidades de N que voltariam ao solo com a parte aérea, variaram de 25 a 254 kg/ha utilizando leguminosas anuais, e entre 9 e 294 kg/ha utilizando gramíneas, num ciclo de 90 dias no período das águas. Leguminosas de ciclo mais longo poderiam extrair/incorporar maiores quantidades de N. Verificou-se que em sistemas intensivos de produção é conveniente ampliar a caracterização mineral

(1) Pesquisador, Bolsista CNPq, EMBRAPA-Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP 13561-050 São Carlos-SP, Brasil, E-mail <odo@cnpq.embrapa.br>

(2) Pesquisador, Supervisão de Radioquímica, IPEN-CNEN/SP, Caixa Postal 11.049, CEP 05422-970, São Paulo-SP, Brasil

das espécies vegetais manejadas para prevenir acúmulo de elementos com potencial de toxicidade. Foi possível verificar que a determinação da digestibilidade *in vitro* pode ser uma ferramenta rápida e sensível para discriminar o grau de degradabilidade de adubos verdes.

**Palavras-chave:** adubo verde, extração mineral, degradabilidade de biomassa, reciclagem de N.

### ABSTRACT

#### MINERAL CONTENT AND DEGRADATION POTENTIAL OF GREEN MANURE PRODUCED ON OXISOLS, IN THE TROPICAL REGION OF SÃO CARLOS, SP, BRAZIL.

With the goal to characterize the mineral quality and degradation potential of plant species with a desired yield potential of organic material to protect the soil surface, in direct seeding areas for silage maize or sorghum, different plant species were evaluated in the experimental area of the Southeastern Cattle Research Center of EMBRAPA, on sandy Oxisols, in the latitude 21°57' S, longitude 47°50' W and the altitude of 850 m, under a tropical altitude climate. It could be seen that the mineral cycling will depend on the plant species and the soil type, and the dry matter yield of green manure in general is more related to nutrient ratios than to single nutrients. The grasses, like *Penisetum americanum*, due their bigger yield extract more N than legumes, like *Mucuna cinerea*, being the extracted N values by the 90 days above ground accumulated mass of grasses between 9 and 294 kg/ha, and between 25 and 254 kg/ha for legumes, in the rain season. Longer developing legumes could extract bigger N amounts. It could be seen that for intensive production systems it is advisable to characterize a bigger number of elements to avoid a possible accumulation of potentially poisonous ones. The *in vitro* digestibility could be used as a fast and sensible tool to screen the green manures by their degradation potential.

**Key words:** green manure, mineral extraction, biomass degradation, N recycling.

## INTRODUÇÃO

O retorno de material orgânico ao solo é prática essencial para garantir a sustentabilidade de qualquer atividade agrícola produtiva na região tropical, em especial em agroecossistemas intensivos. Existem agroecossistemas de produção intensiva de bovinos de leite a pasto, onde as áreas de produção de milho para silagem, para suprir a demanda por alimentos no inverno, são as potencialmente mais impactantes sobre a qualidade ambiental, especialmente quando conduzidos sobre solos arenosos de baixa fertilidade 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 de matéria seca (Castro, 1993) no período seco do inverno, a fim de permitir o plantio direto do milho para silagem na safra seguinte.

Na procura por materiais de cobertura, o enfoque principal geralmente é o aporte de nitrogênio ao solo, permitindo redução de sua aplicação na forma mineral. Das referências existentes para regiões tropicais, pode-se citar a de Burle *et al.* (1992), Abboud & Duque (1993) e Amabile *et al.* (1993) que procuraram as leguminosas mais produtivas, especialmente como fonte orgânica de N para milho nos cerrados de Brasília. Outra demanda para as regiões tropicais é encontrar materiais com maior potencial de persistência a campo, como as gramíneas, exemplificando a aveia ( Derpsch, 1984, Pitol, 1993).

Com a finalidade de atender a demanda regional pela oferta de opções de espécies vegetais que possam ser conduzidas em áreas de milho ou sorgo para silagem, sem possibilidade de irrigação, foi planejada uma série de avaliações de materiais vegetais com potencial para produzir no mínimo 6 t/ha de material orgânico para cobertura morta do solo, em áreas submetidas ao uso da técnica do plantio direto. Este trabalho objetivou verificar o teor mineral ou sua relação que determina a melhor produção de matéria seca de diversos adubos verdes, inicialmente no

período das águas (verão), e a espécie com maior potencial de extração mineral por tonelada de matéria seca, considerando a ciclagem de minerais, em especial o aporte de nitrogênio. Procurou-se verificar também o grau de persistência dos materiais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais vegetais foram colhidos nos experimentos realizados na área experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, situada na Fazenda Canchim, na região de São Carlos, SP, latitude 21°57'42" S, longitude 47°50'28" W e altitude de 850 m.

As condições atmosféricas, para a determinação da composição mineral das plantas com 90 dias de idade (1992/93), considerando uma capacidade de armazenamento de água do solo de 100 mm, foram: chuvas = 729 mm, evapotranspiração potencial = 450 mm, déficit hídrico = 29 mm, temperatura média = 22,9°C, umidade relativa = 79%, radiação global estimada = 50,2 kcal cm<sup>-2</sup>. Em 1995, para a determinação do potencial de degradabilidade dos materiais com 96 dias de idade, as condições atmosféricas foram: chuvas = 279 mm, evapotranspiração potencial = 373 mm, déficit hídrico = 69 mm, temperatura média = 20,2°C, umidade relativa = 78%, radiação global estimada = 45,6 kcal cm<sup>-2</sup>. Os solos utilizados, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico típico (LVAA) e Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), apresentaram as características químicas e físicas na camada de 0-0,20 m verificadas na Tabela 1.

Como havia gradiente de fertilidade nas áreas experimentais, foi utilizada a estratégia de realizar 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 período 1992/93, em ambos plantios, no LVAA foram aplicados 0,8, 2,4 e 4,1 t/ha calcário dolomítico, com PRNT de 76,7% e PN de 104,1%, e ao plantio, a lanço, 0, 85 e 170 kg/ha de K<sub>2</sub>O na forma de KCl, e 60, 120 e 180 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo. No LVd foram aplicados 0, 1, 3,2 t/ha de calcário, 94, 141 e 254 kg/ha de K<sub>2</sub>O, e 60, 120, 180 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Em 1995 foi utilizada a adubação para atingir saturação por bases de 50%. Os fertilizantes foram incorporados com enxada

**Tabela 1.** Características químicas e físicas da camada de 0-0,20 m do solo, das áreas estudadas.

Características	LVAa-----		-----LVd-----	
	1992/93	1995	1992/93	1995
pH- água	4,5	4,8	5,2	5,5
pH- CaCl <sub>2</sub>	3,9	4,0	4,4	4,6
Mat.orgânica, g dm <sup>-3</sup>	12,0	10,0	15,0	15,0
P-resina, mg dm <sup>-3</sup>	5,0	3,0	3,0	5,0
K <sup>+</sup> , mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,0	0,8	10,0	0,5
Ca <sup>2+</sup> , mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,0	2,8	14,0	12,0
Mg <sup>2+</sup> , mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,0	1,7	8,0	6,0
CTC, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	44,0	42,0	59,0	48,0
V, %	14,0	13,0	39,0	39,0
m, %	63,0	53,0	13,0	5,0
Fe, mg dm <sup>-3</sup>	47,0		61,0	
Mn, mg dm <sup>-3</sup>	5,0		28,0	
Cu, mg dm <sup>-3</sup>	0,8		1,7	
Zn, mg dm <sup>-3</sup>	0,3		0,9	
B, mg dm <sup>-3</sup>	0,1		0,4	
Argila, g kg <sup>-1</sup>	256,0		292,0	
Silte, g kg <sup>-1</sup>	9,0		76,0	
Areia, g kg <sup>-1</sup>	735,0		660,0	
Densidade do solo, kg m <sup>-3</sup>	1,42		1,36	
Macroporosidade, %	21,0		22,5	
CAD, mm	62,0		80,0	

Obs: CAD = capacidade de armazenamento de água disponível em 1,0 m do perfil do solo.

rotativa no dia da sementeira. Não foi utilizado nitrogênio nem qualquer tipo de inoculante, nas duas áreas, reproduzindo a realidade de campo.

As espécies vegetais e as respectivas quantidades de sementes utilizadas, no período 1992/93, utilizadas para a determinação da composição mineral, foram: labe-labe (*Dolichus lablab*, cv. Rongai, 12 sem./m), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*, 5 sem./m), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*, 5 sem./m), mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*, 5 sem./m), crotalária (*Crotalaria juncea*, 1,2 g/m, *Crotalaria spectabilis* 0,6 g/m), leucena (*Leucaena leucocephala*, cv. Cunningham, 1 g/m, sementes escarificadas com ácido sulfúrico conc., durante 40 min.), sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*, cv. Contimel, 0,6 g/m), milheto (*Penisetum americanum*, comum, 0,5 g/m).

No outono de 1995 foram testados: labe-labe (*Dolichus lablab*, cv. Rongai, 3 g/m), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*, 5 sem./m), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*, 5 sem/m), mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*, 5 sem./m), crotalária (*Crotalaria juncea*, 1,2g/m, e *Crotalaria paulina*, 0,6 g/m), sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*, cv. DK-910, da Braskalb, 0,6 g/m), milheto (*Penisetum americanum*, comum, 0,5 g/m), tremôço-branco (*Lupinus albus*, 6 g/m), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*, comum, 0,6 g/m), milho variedade (*Zea mays*, cv. Maya lte XXXBP1, do IAC, 3,5 g/m), milho-híbrido (*Zea mays*, Agroceres 105, 2,5 g/m), girassol (*Helianthus annuus*, IAC cv. Uruguay, 1 - comercial desconhecido, 2 - comercial de capítulo grande, 3 g/m) e aveia-preta (*Avena strigosa*, 1,6 g/m). A alteração das espécies testadas ao longo dos experimentos baseou-se no descarte de materiais sem potencial para atender o objetivo do projeto.

O espaçamento utilizado em 1992/93 foi o de 0,50 m, sendo 0,25 m para milheto, de acordo com recomendação. A área útil de cada parcela foi de 2,25 m<sup>2</sup>. Em 1995 o espaçamento utilizado foi o de 0,30 m, para equiparar todas as espécies ao espaçamento recomendado ao milheto. A área útil de cada subparcela foi de 2,85 m<sup>2</sup>. O corte foi realizado a 0,10 m do solo.

O delineamento experimental foi o de 3 blocos ao acaso, em ambos os solos. Em 1995, para as espécies de florescimento atrasado estabeleceu-se parcela à parte para permitir verificar a produção final. Na análise de variância dos dados de extração foi aplicado o teste F e, nas comparações de medias, o teste de Tukey ao nível de 5%. Foi utilizada a análise multivariada, com o procedimento *stepwise*.

O plantio ocorreu em 3/12/92, e a colheita em 8/3/93, 90 dias após. Em 1995 o plantio ocorreu em 15/3/95, e a colheita principal 96 dias após (19/6/95).

No material vegetal colhido em 1993 foi realizada a análise química por dois procedimentos: 1) rotineiro, segundo métodos descritos em Malavolta *et al.* (1989), para a determinação de N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu, com amostras vegetais dos três blocos, e 2) método de análise por ativação com nêutrons, instrumental, seguido por

espectrometria de radiação gama, para determinar K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Mo, Co, V, Cr, La, Th e Eu, seguindo método descrito em Piasentin *et al.* (1998), pois além de ser considerado método de referência, permitiu avaliar alguns elementos não determinados na rotina. Neste caso foram utilizadas as amostras dos blocos com saturação por bases maior.

O material colhido no outono de 1995, das parcelas sem cobertura morta, numa amostra composta dos três blocos, foi realizada a análise bromatológica (Silva, 1981), com determinação dos percentuais de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA, = CEL + LIG), celulose (CEL), lignina (LIG), tanino (TAN), além da digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS), da relação C/N [= (matéria orgânica/1,72) / (PB/6,25)] e da hemicelulose (HEMIC = FDN - FDA). O objetivo foi tentar correlacionar a relação C/N com a digestibilidade *in vitro*, já que esta daria uma idéia simples e rápida do potencial de degradação do material orgânico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca e a extração mineral por tonelada de matéria seca é apresentada na Tabela 2, e os minerais ou suas relações determinantes da produção de matéria seca na Tabela 3.

Quanto à extração mineral, destacaram-se a crotalária-spectabilis, feijão-de-porco e crotalária-junca para a extração de N, no LVAa. No LVd destacaram-se a mucuna-preta como extratora de P, feijão-de-porco para K, Ca e Fe, mucuna-cinza, crotalária-spectabilis, mucuna-preta e leucena para Cu, e crotalária-spectabilis para S.

Na extração por hectare, entre as espécies mais produtivas se destacaram o milho para N, P, K, Mg, S e Zn normalmente seguido pela mucuna-cinza e o labe-labe, no LVAa. O milho destacou-se na extração de N, P, K, S, Cu, Mn e Fe seguido geralmente pela mucuna-cinza, no LVd.

Com referência à extração do N por tonelada de matéria seca, as leguminosas apresentaram o maior valor, havendo, porém, interferência do tipo de solo. As gramíneas, por seu elevado potencial de produção de matéria seca poderão incorporar mais N ao solo que as leguminosas, como

**Tabela 2.** 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 LVAd e 3 blocos para LVd)

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

E=espécie: Mi = milho, SF = sorgo-forrageiro, LL = labe-labe, MP = mucuna-preta, MC = mucuna-cinza, CJ = crotalaria-juncea, CS = crotalaria-espectabilis, FP = feijão-de-porco, LE = leucena; S = solo, sendo 1 = LVAa e 2 = LVd. DMS ao nível de 5% de significância (Tukey), para extração por tonelada de matéria seca; dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%, para extração/ha. Água = conteúdo de água no material fresco. MS = produção de matéria seca.

no caso do milho, seguido da mucuna-cinza. As quantidades de N que voltariam ao solo com a parte aérea, variaram de 25 a 254 kg/ha utilizando leguminosas anuais, e entre 9 e 294 kg/ha utilizando gramíneas. As leguminosas de ciclo longo poderão incorporar mais N, já que neste levantamento o período de desenvolvimento foi limitado a 90 dias. Além disso as leguminosas devido à sua menor relação C/N, apresentam menor potencial limitador de N para as gramíneas sucessoras. Os valores de retorno de N pelos adubos verdes do presente estudo concordam com os



**Tabela 3.** Minerais determinantes da variação de produção de matéria seca, considerando a composição mineral nos 2 solos (t/ha).

Espécie	Minerais e ajuste de equação ( $r^2$ ) para produção de matéria seca =
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)
Feijão-de-porco	16,272 - 0,83 N/P (0,9386**)
Mucuna-preta	(não houve mineral ou relação determinante; N/K (0,60ns))
Mucuna-cinza	-5,533+0,06P/K(0,806*)+0,377S(0,193**) +0,007 Mg/Mn(0,001**)
Crotalária-juncea	1,802 + 2,763 K/Ca (0,997**) - 0,0159 S/Cu (0,003*)
Crotalária-spectabilis	-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 parênteses são os coeficientes de correlação ao nível de 1% (\*\*) ou 5% (\*) de significância.

informados por Burle *et al.* (1992), Aboud & Duque (1993) e Amabile *et al.* (1993), para regiões de cerrado.

Pode ser verificado 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 mais baixa, no Latossolo Vermelho-Amarelo, resalta-se a importância da relação do N/K para o sorgo-forrageiro e do K/Ca para a crotalária-juncea. Verifica-se que produtividade de matéria seca de adubos verdes, em geral, está mais relacionada com relações nutricionais que com nutrientes isolados.

Na Tabela 4 são apresentados a extração de minerais não determinados na rotina. As gramíneas apresentam maior potencial de exportação de K, Mg, Zn, Na, Mo, Co e tendência de mais Mn e Cr devido à maior produção de matéria seca. As leguminosas exportam mais Ca e tendência de mais lantânio (La). Entre as leguminosas a mucuna-cinza aparece como maior exportadora de minerais, em vista de ser uma grande acumuladora de matéria seca. Parece ocorrer extração diferenciada em função do tipo de solo, para a mesma espécie, que pode estar relacionado a efeitos de concentração e diluição ou devido a diferentes níveis de fertilidade e composições mineralógicas. No Latossolo Vermelho Distrófico ocorreram as maiores extrações

de Ca pelas espécies, com tendência de maior absorção de K, Mg, Zn e Mo. Além de provável composição mineralógica diferente, o LVd apresenta maior capacidade de troca de cátions, o que em condições de mesma grau de saturação por bases lhe confere vantagem no potencial de produtividade. A ampliação na lista de elementos analisados na caracterização de materiais orgânicos parece ser recomendável, em vista da presença elementos que podem gerar efeitos tóxicos para plantas e animais, como Cr e As.

**Tabela 4.** Extração de elementos por tonelada de matéria seca de espécies leguminosas e gramíneas cultivadas em dois Latossolos. (média de dois blocos com maior saturação por bases).

Esp	S	MS t/ha	K Ca Mg Fe Mn					Na Zn Mo Co V Cr La Th Eu As									
			-----kg t <sup>-1</sup> -----					-----g t <sup>-1</sup> -----					--mg t <sup>-1</sup> --				
SF	1	0,9	2	2	2	0,6	0,1	9	56	0,5	0,3	2,2	3,2	1	0,09	12	172
	2	9,0	18	3	3	0,1	0,1	12	11	0,7	0,3	2,6	0,5	1	0,00	18	0
Mi	1	18,5	21	1	2	0,1	0,2	28	16	0,3	0,2	0,3	0,4	4	0,01	56	0
	2	18,9	26	3	3	0,1	0,1	27	19	0,6	0,3	0,1	0,1	2	0,01	31	0
LL	1	4,6	14	8	2	1,7	0,5	19	17	0,4	0,4	5,1	4,0	9	0,41	0	63
	2	5,6	17	13	3	0,3	0,1	15	16	0,4	0,2	0,8	0,5	5	0,05	0	42
FP	1	3,1	20	10	2	0,3	0,5	0	13	0,2	0,3	1,2	0,3	6	0,06	72	28
	2	4,6	21	16	2	0,3	0,1	11	15	0,2	0,2	0,9	0,5	4	0,05	33	29
MP	1	3,8	11	7	2	0,4	0,4	8	26	0,6	0,3	0,9	0,8	21	0,08	134	0
	2	2,8	20	10	2	0,2	0,1	15	15	0,6	0,2	0,7	0,3	5	0,04	25	37
MC	1	5,6	10	8	2	0,2	0,7	6	29	0,0	0,3	1,2	0,5	32	0,09	104	0
	2	9,1	13	5	2	0,2	0,1	11	30	0,6	0,1	0,3	0,3	1	0,03	2	14
CJ	1	0,9	12	8	3	0,3	0,1	11	18	0,6	0,3	0,7	0,9	6	0,00	67	47
	2	6,4	13	8	3	0,1	0,1	14	17	0,6	0,3	0,2	0,8	6	0,01	65	0
CS	1	1,7	25	9	2	0,5	0,4	14	25	0,3	0,4	1,4	1,1	18	0,12	190	56
	2	3,0	24	14	3	0,2	0,1	13	22	0,4	0,2	0,9	0,5	6	0,00	138	84
Δ LVAa	ns	ns	ns	ns	ns	6,6	ns	6,6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Δ LVd		9,6	9,6	ns	0,2	ns	14	ns	ns	ns	1,4	ns	ns	0,06	73	ns	ns

Diferenças significativas ao nível de 5% (Tukey).

E=espécie: SF = sorgo-forrageiro, Mi = milho, LL = labe-labe, MP = mucuna-preta, MC = mucuna-cinza, CJ = crotalária-junceia, CS = crotalária-espectabilis, FP = feijão-deporco; LVd. MS = matéria seca produzida. (Laboratório de Radioquímica, Comissão Nacional de Energia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares). 1 = LVAa, 2 = LVd.

Na Tabela 5 são apresentadas as características da fração carbono de materiais utilizados como adubo verde, bem como seu grau de

digestibilidade com relação à razão C/N. Verificou-se que a menor digestibilidade *in vitro* (DIVMS) do material, ou seu maior potencial de resistência à degradação, não está necessariamente relacionada à maior relação C/N. A aveia-preta, considerada como material de elevada resistência à degradação apareceu com baixa digestibilidade “*in vitro*”, como era esperado, o que sugere ser este método analítico rápido bom discriminante entre materiais para a característica de resistência à degradação. Verifica-se, porém, que a DIVMS altera bastante com a idade do material, no caso antes e ao florescimento, podendo reduzir (mucunas, tremôço) ou aumentar sua resistência. (crotalária-paulina, milho-Maya). Isso também vai depender do tipo de solo, como no caso do nabo.

Foi apresentada a análise do feno de capim-coastcross utilizado como cobertura morta nas parcelas experimentais, e que em experimentos de avaliação de taxa de degradação a campo, em *litter bags*, correspondeu a taxas mensais de 16 a 39% no período da seca (maio a outubro de 95) (Primavesi *et al.*, 1996) e de 30 a 52% no período das chuvas (novembro 95 a abril 96; dados não publicados), atingindo degradação acumulada máxima anual de 80%. Apesar de Honeycutt & Potaro (1993) sugerirem a utilização da análise bromatológica para caracterizar o material orgânico de adubos verdes, é necessário realizar ensaios de calibração entre a DIV e a taxa de degradação do material a campo, para recomendações futuras.

A análise de regressão múltipla (procedimento *stepwise* do pacote estatístico SAS), incluindo as características da fração carbono e digestibilidade *in vitro* de todas as espécies, mostrou que esta está altamente correlacionada com fibra em detergente ácido (FDA), seguido da lignina, celulose e tanino conforme mostram as equações (entre parênteses o valor do coeficiente de determinação):

para LVd,  $DIVMS = 105,37 - 1,049FDA (0,74) + 0,408PB (0,03) - 1,750TAN (0,03)$ , e

para LVAa,  $DIVMS = 106,78 - 0,266FDA (0,69) - 1,766LIG (0,08) - 0,707CEL (0,05)$ .

**Tabela 5.** Características bromatológicas da fração carbono de diferentes espécies utilizadas como adubo verde cortados com 96 dias, outono de 1995. (amostra composta de três blocos).

Espécie	DIV	PB	C/N	FDN	FDA	HEMIC	CEL	LIG	TAN
Latossolo Vermelho Distrófico									
Aveia-preta	52	11	32	65	41	24	33	7	1,75
Crotalária-paulina *	58	13	24	51	48	3	32	15	2,71
Girassol precoce	58	8	40	53	46	7	33	13	2,46
Mucuna-preta	59	16	21	50	36	14	27	10	6,31
Girassol tardio	59	11	30	53	45	8	36	9	2,71
Crotalária-juncea	60	15	23	63	49	14	42	8	2,23
Mucuna-preta *	61	15	20	44	33	10	24	10	5,89
Mucuna-cinza	61	15	22	50	36	13	28	8	6,51
Milheto	64	13	26	62	35	28	22	12	1,41
Mucuna-cinza *	66	11	30	47	36	11	28	9	5,67
Tremoço	66	20	17	47	39	8	28	11	4,12
Sorgo-forrageiro	69	8	46	62	33	29	21	13	2,15
Milho-Maya *	69	6	52	58	30	28	25	5	1,72
Labe-labe	71	18	18	48	35	13	27	8	4,28
Feijão-de-porco	71	26	13	46	32	14	20	12	3,38
Crotalária-paulina	75	22	15	45	31	15	24	7	3,39
Milho-híbrido	75	6	58	62	34	28	29	5	2,21
Tremoço *	76	15	21	48	36	11	27	12	2,41
Milho-Maya	76	6	54	60	35	25	28	7	3,45
Milho-híbrido *	77	5	69	59	25	33	24	4	1,05
Nabo	81	21	15	55	34	22	25	8	2,37
Latossolo Vermelho-Amarelo Álico									
Crotalária-juncea	53	17	19	60	51	8	44	7	2,24
Nabo	53	11	32	55	36	19	43	8	1,79
Girassol precoce	54	10	34	53	44	9	36	7	4,24
Crotalária-paulina *	57	14	22	53	48	5	34	13	2,94
Mucuna-cinza	57	20	17	47	36	11	28	8	6,76
Aveia-preta	59	10	33	65	43	23	37	6	1,82
Girassol tardio	59	10	33	53	44	10	37	8	2,78
Milheto	63	12	29	70	40	31	32	8	2,10
Mucuna-preta	64	17	21	50	38	13	29	9	6,66
Tremoço	64	24	14	44	34	10	30	6	3,76
Milho-Maya *	65	6	51	64	34	30	30	5	2,24
Mucuna-cinza *	66	12	28	41	31	10	23	8	5,71
Mucuna-preta *	66	10	32	43	33	9	26	9	4,76
Labe-labe	66	15	22	45	34	11	24	10	3,26
Crotalária-paulina	67	20	17	45	33	12	27	7	3,32
Tremoço *	68	16	20	53	38	14	30	8	2,80
Milho-híbrido *	70	5	67	64	35	29	26	5	1,15
Feijão-de-porco	73	24	14	39	30	9	24	6	3,73
Sorgo-forrageiro	73	6	53	55	27	28	19	8	2,07
Milho-híbrido	75	6	60	62	32	30	27	4	2,49
Milho-Maya	76	6	50	60	31	29	28	2	2,11
Coastcross	28	7	48	84	53	31	34	18	2,88

Obs.: \* = espécies colhidas ao seu florescimento específico mais atrasado; DIV=DIVMS= digestibilidade "in vitro" da matéria seca, %; PB = proteína bruta, %; C/N = relação carbono/nitrogênio; FDN = fibra em detergente neutro, %; FDA = fibra em detergente ácido (= celulose+lignina), %; HEMIC = hemicelulose (= FDN-FDA), %; CEL= celulose, %; LIG = lignina, %; TAN = tanino, %. (Laboratório de Nutrição Animal, Embrapa Pecuária Sudeste).

## CONCLUSÕES

- 1) A ciclagem de minerais por adubos verdes, vai depender da espécie e do tipo de solo.
- 2) A produtividade de matéria seca de adubos verdes está mais relacionada com relações nutricionais que com nutrientes isolados.
- 3) As gramíneas, por sua maior produtividade, realizam maior extração de N, com relação às leguminosas.
- 4) As quantidades de N, que voltariam ao solo com a parte aérea, variaram de 25 a 254 kg/ha utilizando leguminosas anuais, e entre 9 e 294 kg/ha utilizando gramíneas, num ciclo de 90 dias no período das águas. Leguminosas de ciclo mais longo podem extrair/incorporar maiores quantidades de N.
- 5) Em sistemas intensivos de produção é conveniente ampliar a caracterização mineral das espécies vegetais manejadas para prevenir acúmulo de elementos com potencial de toxicidade.
- 6) A determinação da digestibilidade *in vitro* pode ser uma ferramenta rápida e sensível para discriminar o grau de degradabilidade de adubos verdes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A.C.S.; DUQUE, F.F. 1993. Caracterização de Leguminosas com Potencial para Produção Verde no Período da Seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia. **Resumos**. vol.3. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.99-100.
- AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de; DUARTE, J.B.; FREITAS, P.L. de. 1993. Avaliação da Época de Semeadura e do Espaçamento de Diferentes Espécies de Leguminosas na Região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia. **Resumos**. vol.3. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.103-104.
- BURLE, M.L.; SUHET, A.R.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S.; PERES, J.R.R.; CRAVO, M.S.; BOWEN, W.; BOULDIN, D.R.; LATHWELL, D.J. 1992. **Legume Green Manures: Dry Season Survival and the Effect on Succeeding Maize Crops**. Raleigh, North Carolina

- Sta.Univer. 35p. (Soil Management CRSP Bulletin, 92-04).
- CASTRO, O.M. de. 1993. Sistemas Conservacionistas no Brasil - a Experiência no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia. **Resumos**. vol.1. Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.77-78.
- DERPSCH, R. 1984. Alguns Resultados sobre Adubação Verde no Paraná. In: CNPq, coord., **Adubação Verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill. p.268-279.
- HONEYCUTT, C.W.; POTARO, L.J. 1993. Residue Quality, Loading Rate and Soil Temperature Relations with Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Residue Carbon, Nitrogen and Phosphorus Mineralization. **Biological Agriculture & Horticulture**, 9(3):181-199.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1989. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba, POTAFOS. 201p.
- PIASENTIN, R.M.; ARMELIN, M.J.A.; PRIMAVESI, O.; CRUVINEL, P.E. 1998. Study on the Mineral Extraction of Legume and Grass Species from Various Soil Types, by Instrumental Neutron Activation Analysis. **J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, 238(1-2):7-12.
- PITOL, C. 1993. **Espécies Vegetais para Safrinha de Inverno Visando Cobertura do Solo**. Maracaju, Fundação MS. 6p. (Informativo Técnico, 2/93).
- PRIMAVESI, O.; LIGO, M.A.V.; PRIMAVESI, A.C.P.A. 1996. Degradação de Matéria Orgânica por Atividade de Microartrópodes do Solo para Avaliação do Impacto Ambiental de Manejo Intensivo de Pastagens. **Revista de Agricultura**, 71(3):311-321.
- RAIJ, B. v.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. 1982. **Análise Química do Solo para Fins de Fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill. 170p.
- SAS Institute. 1993. **SAS/STAT User's Guide: Statistics**. Release 6.4.ed. Cary, Sas Inst. 1686p.
- SILVA, D.J. 1981. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 165p.