

EFEITO DO ESTERCO BOVINO NO TEOR E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS DE *Corymbia citriodora*

COSTA, Fabiana Gorricho¹
VALERI, Sérgio Valiengo²

Recebido em: 2012-01-17

Aprovado em: 2012-04-27

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.686

RESUMO: Este trabalho avaliou, em casa de vegetação, os efeitos da aplicação de doses de esterco bovino associadas com calagem na fase de implantação de mudas com idade de plantio no campo, produzidas a partir de sementes de quatro árvores matrizes de *Corymbia citriodora*. Foram usados 80 vasos contendo 5 dm³ de Latossolo com acidez elevada. Aplicaram-se cinco doses de esterco (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹), que, em massa, equivalem a 0, 25, 50, 75 e 100 g por vaso. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, empregando o esquema fatorial 5 x 4 (cinco doses de esterco e sementes de quatro árvores matrizes) com quatro repetições. A dose de calcário foi calculada para elevar a saturação por bases a 50%. Avaliou-se a fertilidade do solo após 30 dias de incubação com esterco e calcário. A semeadura foi realizada em tubetes (50 cm³) e as mudas foram plantadas com cerca de 17 cm de altura. Cada parcela representava um vaso contendo duas plantas. Aos 90 dias foram avaliados os teores e acúmulos de macronutrientes nas folhas das plantas. Observou-se que há diferença entre as plantas, provenientes de diferentes matrizes, no teor e acúmulo dos macronutrientes. As que tiveram melhor desenvolvimento foram as procedentes das matrizes 8 e 29. A dose de esterco bovino que proporcionou melhor desenvolvimento às plantas foi próxima a 30 t ha⁻¹ (75 g por vaso), na qual representa uma grande quantidade se aplicada em grande produção, porém, para pequenos produtores, essa dose é recomendada.

Palavras-chave: Eucalipto. Adubação orgânica. Latossolo.

SUMMARY: This study evaluated in the greenhouse, the effects of application of cattle manure doses associated with liming at seedling in field transplanting age produced by seeds collected from four *Corymbia citriodora* matrices trees. Were used 80 pots with 5 dm³ of a high-acidity Oxisol. Were used having 5 cattle manure doses (0, 10, 20, 30, and 40 Mg ha⁻¹) that mass is equivalent to 0, 25, 50, 75, and 100 g per pot. The experimental design was completely randomized, in a 5 x 4 factorial (five doses of manure and seeds of trees four arrays) scheme with four replications. The dose of lime was calculated to raise the base saturation to 50%. We evaluated the fertility of the soil after 30 days incubation with manure and limestone. The seeds were sown in plastic tubes (50 cm³) and the seedlings were planted about 17 cm. Each plot represented a pot containing two plants. At 90 days the levels were evaluated and accumulation of nutrients in plant leaves. It was observed that there are differences between plants from different matrices, in content and accumulation of macronutrients. Those with better development of the plants were coming 8 and 29. The amount of manure that enhanced growth of plants was close to 30 t ha⁻¹ (75 g per pot), which represents a large amount is applied to a large production, but for small producers, this dose is recommended.

Keywords: Eucalyptus. Organic fertilization. Oxisol.

INTRODUÇÃO

Corymbia citriodora (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (ex *Eucalyptus citriodora*) produz madeira com propriedades físicas e mecânicas comparáveis às melhores madeiras de espécies nativas do Brasil (BROTTERO, 1956) para o uso na construção civil, dormentes, postes, mourões e esticadores de cerca e na indústria de painéis de madeira (IPEF, 2008; LORENZI, 2003). Sua madeira também é importante para o parque siderúrgico, pois produz um carvão de excelente qualidade, além de se constituir em fator estratégico para indústria de papel e celulose (SILVA, 1993). A casca pode ser explorada para tanino, as folhas para óleos essenciais e suas flores produzem mel de excelente qualidade. Essas características garantem elevado balanço econômico da espécie, pois há absorção total de tais produtos pelo mercado nacional (IPEF, 2008). A cultura de *C. citriodora* pode gerar rendimento econômico

¹ Professora Mestre da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ituverava-SP e PEB-II de Ciências da rede municipal de ensino de Guará-SP.

² Professor Doutor da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –UNESP- Jaboticabal-SP

complementar decorrente do mercado de carbono que visa desaceleração do aquecimento global do planeta. As árvores dessa espécie apresentam alto potencial para sequestrar o carbono atmosférico, devido a alta densidade básica da madeira e produtividade (RESENDE *et al.*, 2001), e o uso da madeira na construção civil possibilitar que esse carbono permaneça fixado por mais tempo (CARUANA, 2007).

Geralmente, os solos disponíveis para a cultura do eucalipto são de baixa fertilidade natural, sendo necessária a realização de calagem e de adubação adequadas para suprir as necessidades de nutrientes à cultura (BARROS *et al.*, 1990).

A espécie é plantada em ampla variação de solos tropicais, que vão dos Argissolos aos Neossolos, sendo que nos de menor fertilidade pode haver alta incidência de bifurcações ligadas a deficiências nutricionais, principalmente de boro (SCHUMACHER *et al.*, 2005). Como nos solos tropicais de regiões úmidas, a decomposição da matéria orgânica ocorre rapidamente. O uso de adubos orgânicos, como o esterco bovino, possibilita o fornecimento equilibrado dos nutrientes às plantas e reduz significativamente as perdas por lixiviação (POGGIANI *et al.*, 2000), pois melhora as funções química, física e biológica desses solos (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

O esterco apresenta interações benéficas com microrganismos do solo, diminui a sua densidade aparente, melhora a sua estrutura e a estabilidade de seus agregados, aumenta a capacidade de infiltração de água, a aeração e melhora a possibilidade de penetração radicular (ANDREOLA *et al.*, 2000).

Embora certa fração da matéria orgânica dos esterco seja decomposta e liberada no período de um a dois anos, outra fração é transformada em húmus, que é mais estável. Sob essa forma, os nutrientes são liberados lentamente. Assim, os componentes do esterco, convertidos em húmus, exercerão influência nos solos de maneira persistente e duradoura (BRADY, 1989).

A quantidade de esterco e outros resíduos orgânicos a ser adicionada em determinada área depende, entre outros fatores, da composição e do teor de matéria orgânica dos resíduos, classe textural e nível de fertilidade do solo, exigências nutricionais da cultura e condições climáticas regionais (DURIGON *et al.*, 2002). Normalmente, as quantidades variam de 20 a 40 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido, dependendo da cultura, da composição do esterco, com objetivo de fornecer quantidades desejadas de nitrogênio e admitindo taxa de mineralização de nitrogênio do esterco de 50% no primeiro ano (RIBEIRO *et al.*, 1999).

Esses benefícios do esterco são muito importantes para a cultura da *C. citriodora*, pois essa espécie possui sistema radicular frágil que exige solo de boas propriedades físicas e de fertilidade. É uma espécie que não resiste à repicagem e exposição do sistema radicular em outras formas de transplante. Essas características justificam o uso de adubos orgânicos para o plantio em solos de baixa fertilidade natural quando a área não for muito extensa e existe oferta do produto na região.

Experimentos realizados na fase de implantação em vaso são diferentes do que nas condições de campo, mas possibilitam maior controle dos fatores do meio físico e podem oferecer informações prévias em curto prazo de respostas à adubação de plantio.

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a aplicação de doses de esterco bovino no teor e acúmulo de macronutrientes em folhas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson (antigo *Eucalyptus citriodora*).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal-SP, no período de dezembro de 2008 a junho de 2009.

Foi usada uma amostra de Latossolo Vermelho distroférico, coletada na profundidade de 0-20 cm, proveniente da Fazenda Guatapar, no município de Luis Antnio - SP. O solo foi seco  sombra, destorroado, passado em peneira de 4 mm de abertura de malha e homogeneizado.

Os atributos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm, determinados de acordo com os métodos descritos em Raij *et al.* (2001), no Laboratório de Fertilidade do Solo (FertLab) do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP, foram os seguintes: P resina = 3 mg dm⁻³; MO = 19 g dm⁻³; pH em CaCl₂ = 4,2; K⁺ = 0,6 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 6 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 2 mmol_c dm⁻³; H+Al = 38 mmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0 = 47 mmol_c dm⁻³ e saturação por base (V) = 18%.

O esterco bovino curtido foi seco ao ar, homogeneizado e enviado em amostra ao Laboratório “João Carlos Pedreira de Freitas” da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (Cooxup), em Guaxupé – MG, para caracterização química, de acordo com Tedesco *et al.* (1985). A amostra apresentou: 5,38% de umidade; pH em água = 7,1; 23,8 g kg⁻¹ de N; 8,55 g kg⁻¹ de P; 9,21 g kg⁻¹ de K; 7,92 g kg⁻¹ de Ca; 2,36 g kg⁻¹ de Mg; 4,39 g kg⁻¹ de S; 50,17 mg kg⁻¹ de Cu; 450,71 mg kg⁻¹ de Mn e 183,88 mg kg⁻¹ de Zn.

Foram aplicadas cinco doses de esterco, equivalentes a 0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹ para cada uma das quatro procedências de *C. citriodora*. As doses atendem  recomendação de adubação orgânica com esterco bovino curtido de Ribeiro *et al.* (1999), ou seja, de 20 a 40 t ha⁻¹. Com o objetivo de fornecer 0, 21,25, 42,50, 63,75 e 85,00 mg dm⁻³ de N, admitindo taxa de mineralização de N do esterco de 50% (RIBEIRO *et al.*, 1999). Sendo assim, as doses por vaso foram: 0, 25, 50, 75 e 100 g.

Para elevar o ndice de saturação por bases a 50% (GONÇALVES *et al.*, 1997), foram aplicadas em cada vaso 2,5067 g de carbonato de cálcio e 1,2157 g de carbonato de magnésio com base no volume de solo, o qual permaneceu incubando por 30 dias, com a umidade mantida próximo a 60% da capacidade de retenção de gua.

Após o período de incubo, foram retirados cerca de 200 g de solo de cada vaso que foram secos e homogeneizados para análise química de rotina de fertilidade (RAIJ *et al.*, 2001) no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCAV/UNESP.

Cada vaso continha 6,610 kg de solo, equivalentes a 5 dm³. A mistura de solo, esterco e calcário foi realizada a seco, de acordo com os tratamentos. Essa massa de solo foi transferida para vaso de plástico com capacidade de 7 litros. Cada vaso constituiu uma parcela.

Foram plantadas duas mudas de *Corymbia citriodora* por vaso no dia 06 de março de 2009 e a umidade do solo foi mantida próxima a 70% da capacidade de retenção de água durante a condução do experimento.

As mudas foram produzidas a partir de sementes coletadas de três matrizes (2, 8 e 20) de área de produção de sementes, respectivamente, de Borebi – SP (2234'10" S, 48 58' 16" O e 590 m de altitude), FCAV/UNESP - *Campus* de Jaboticabal – SP (2115'17" S, 4819'20"O e 605 m de altitude) e Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Luis Antnio – SP (2133'18" S, 4742'16" O e 675 m de altitude) e de uma matriz (29) de área especial de coleta de sementes do Horto Guarani, Pradópolis – SP (2121'34" S, 4803'56" O e 538 m de altitude). As mudas foram produzidas no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da FCAV usando recipientes cnicos de plástico rígido de 50 cm³ (tubetes) contendo Plantmax Florestal Semente da Eucatex como substrato. Foram selecionadas para o plantio as que atingiram aproximadamente 17 cm de altura.

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, empregando-se o esquema fatorial 5 x 4 (cinco doses de esterco e sementes de quatro árvores matrizes), em quatro repetições, totalizando 80 parcelas. O experimento foi conduzido por três meses a partir do plantio.

Aos 90 dias foram avaliados o teor e o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio

e enxofre nas folhas das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Em relação aos atributos de fertilidade do solo (Tabela 1), a aplicação de carbonato de cálcio e de magnésio, na ausência de esterco bovino (testemunha), elevou o pH em CaCl_2 de 4,2, extremamente ácido (NOVAIS *et al.*, 2007), para aproximadamente 5,0 e a porcentagem de saturação por bases de 18 para 33,8% e não 50% como previsto inicialmente. Mesmo assim, a calagem melhorou a fertilidade do solo, principalmente em relação à acidez e aos teores de cálcio e magnésio do solo.

Tabela 1. Atributos químicos de fertilidade do solo após 30 dias de incubação com o esterco bovino.

Esterco	P	MO	pH	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H+Al	SB	CTC	V
	resina		CaCl_2							
0			0,01 (mol L^{-1})							
$\frac{\text{g vaso}}{\text{l}}$	$\frac{\text{mg}}{\text{dm}^3}$	$\frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$		$\frac{\text{mmol}_c}{\text{dm}^3}$						%
0	2,60	16,54	4,96	0,68	10,66	4,77	31,58	16,12	47,70	33,79
25	10,37	18,06	5,18	1,68	12,12	6,31	29,81	20,11	49,93	40,34
50	22,31	19,56	5,50	2,93	15,43	8,50	26,56	26,86	53,43	50,25
75	32,25	20,41	5,57	4,13	15,85	9,58	25,87	29,57	55,44	53,41
100	46,18	21,18	5,81	5,28	18,25	11,56	24,31	35,09	59,40	58,80
Reg	994,94	160,25*	69,78	2036,97*	126,72	283,32	42,21	314,33	329,99	166,82 ^s
Linea	**	*	**	*	**	**	**	**	**	*
r										
Reg	6,38*	3,89ns	0,46n	0,70ns	0,26ns	0,04ns	0,78n	0,10ns	1,11ns	2,46n
Quad.			s				s			s
C.V.	9,61	3,03	2,92	5,54	7,33	7,77	6,51	6,61	1,89	6,52
%										

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey.

ns: não significativo ($P > 0,05$); ** e *: significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

Houve efeito da aplicação de esterco bovino em todos os atributos de fertilidade do solo analisados, explicados por equações de regressão linear (Tabela 1). As equações de regressão apresentadas na Tabela 2 mostram que todos os atributos de fertilidade analisados aumentaram linearmente em função do aumento das doses de esterco, exceto o teor de H + Al, que apresentou decréscimo linear com o aumento das doses de esterco.

De modo geral, sem a aplicação do esterco (testemunha), os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, considerados de baixo, muito baixo, médio e baixo, respectivamente, chegaram a valores considerados altos e adequados para a cultura do eucalipto com a aplicação da maior dose de esterco (RAIJ, 1991). A aplicação do esterco neutralizou a acidez, elevando o valor de pH (testemunha) de aproximadamente 5,0 para 5,8, considerada acidez baixa, segundo NOVAIS *et al.* (2007), e refletindo a variação no H + Al que, de 31,58 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ reduziu para 24,31 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$. De maneira geral, o pH do solo na faixa de 5,5 a 6,5 é favorável ao crescimento da maioria das plantas (NOVAIS *et al.*, 2007).

Tabela 2. Equações de regressão estimadoras dos atributos químicos do solo em função das doses de esterco.

Atributos	Equações	R ²
P (mg dm ⁻³)	Y = 0,93750500 + 0,43616660x	0,99
MO(g dm ⁻³)	Y = 16,8250050 + 0,04658330x	0,97
pH (CaCl ₂ -0,01 mol L ⁻¹)	Y = 4,99250500 + 0,00834990x	0,97
K (mmol _c dm ⁻³)	Y = 0,61375500 + 0,04657490x	0,99
Ca (mmol _c dm ⁻³)	Y = 10,6875050 + 0,07558330x	0,96
Mg (mmol _c dm ⁻³)	Y = 4,77499500 + 0,06741670x	0,99
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	Y = 31,3249950 - 0,07391660x	0,96
SB (mmol _c dm ⁻³)	Y = 16,0762550 + 0,18957490x	0,99
CTC (mmol _c dm ⁻³)	Y = 47,4012500 + 0,11565830x	0,99
V (%)	Y = 34,7089300 + 0,25230560x	0,97

O efeito dos adubos orgânicos de elevar o valor de pH também foi constatada por Yagi *et al.* (2003), ao fazerem uso de vermicomposto de esterco bovino. CAETANO e Carvalho (2006) verificaram que os valores de pH e os teores de enxofre não foram influenciados pelas doses de esterco, os teores de fósforo e potássio no solo aumentaram significativamente com a adubação com esterco, os teores de cálcio e magnésio tiveram aumento linear e o teor de alumínio foi reduzido significativamente, sendo esses últimos efeitos semelhantes aos observados no presente trabalho. Com a aplicação de esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi, Artur *et al.* (2007), relataram que a menor dose de esterco bovino (101 kg dm⁻³) foi suficiente para elevar o pH e os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio a valores muito altos, conforme as classes de fertilidade para esses atributos em uso no Estado de São Paulo (RAIJ, 1991).

Em relação à capacidade de troca catiônica (CTC), a adubação com o esterco bovino elevou o valor de 47,70 para 59,40 mmol_c dm⁻³, que está associado ao aumento do teor de matéria orgânica de 16,54 para 21,18 g dm⁻³. O esterco é um componente importante do substrato, particularmente por aumentar o teor de matéria orgânica e a CTC (ARTUR *et al.*, 2007).

A aplicação do esterco completou a função da calagem de elevar a porcentagem de saturação por bases do solo, elevando o valor de 33,8% (testemunha) para 58,0%, com a aplicação da dose de 100 g vaso⁻¹.

TEORES E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise de variância dos teores e acúmulo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas das plantas procedentes das matrizes de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio.

Os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio apresentaram efeito significativo das doses de esterco bovino nas concentrações e quantidades absorvidas. Em relação às matrizes, nitrogênio e fósforo tiveram efeito significativo. Nenhum deles sofreu interação das matrizes com as doses de esterco, conforme Tabela 3. Os teores e o acúmulo destes macronutrientes aumentaram conforme aumentaram-se as doses de esterco bovino.

Para o nitrogênio, houve aumento no teor e no acúmulo conforme houve aumento nas doses de esterco (Tabela 3), sendo observado nos teores, efeito quadrático na matriz 2, na qual a maior concentração estimada foi obtida com a aplicação de 65,12 g vaso⁻¹ de esterco e crescimento linear nas matrizes 20 e 29 (Figura 1, a). Em relação ao acúmulo, as plantas provenientes das matrizes 2, 8 e 20 tiveram aumento linear e a matriz 29 efeito quadrático, na qual atingiu o melhor desenvolvimento na dose de 72,90 g planta⁻¹ (Figura 1, b).

Tabela 3. Análise de variância dos teores e acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas das plantas procedentes das matrizes de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio.

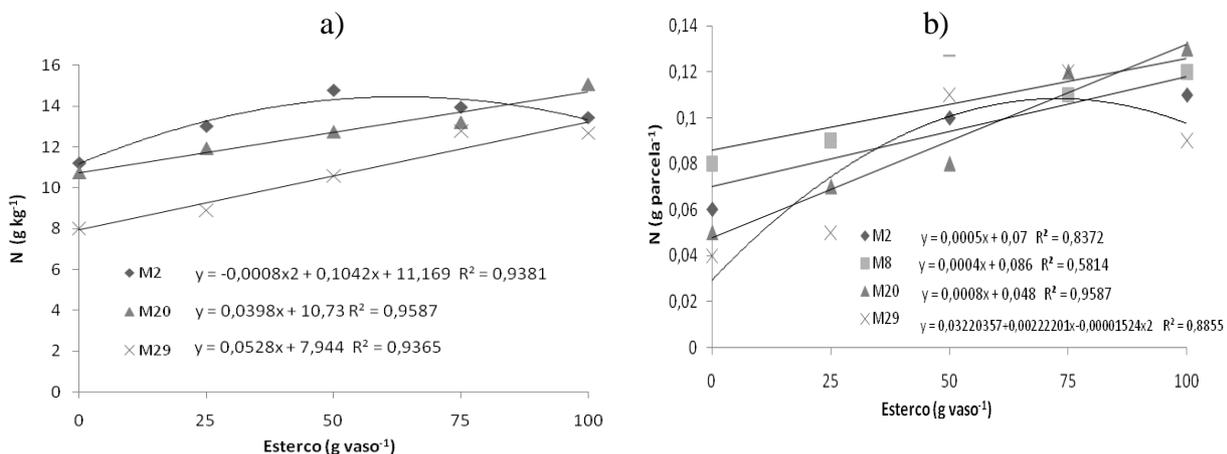
Tratamentos	N		P		K	
	(g kg ⁻¹)	(g parcela ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g parcela ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g parcela ⁻¹)
Matriz (M)	8,13**	4,46**	6,99**	2,52ns	0,57ns	2,30ns
Esterco (E)	6,33**	17,53**	25,58**	22,45**	16,22**	22,66**
MxE	1,53ns	1,46ns	0,87ns	0,97ns	0,79ns	1,75ns
Matrizes (M)						
2	13,28 a	0,09 ab	0,99 bc	0,007 a	14,44 a	0,104 a
8	12,99 a	0,11 a	0,96 c	0,008 a	13,92 a	0,123 a
20	12,72 a	0,09 ab	1,09 a	0,008 a	14,31 a	0,107 a
29	10,59 b	0,08 b	1,07 ab	0,008 a	14,91 a	0,123 a
Esterco (E)						
g vaso ⁻¹						
0	10,90	0,06	0,83	0,004	10,37	0,058
25	11,42	0,07	1,02	0,006	13,98	0,094
50	12,77	0,10	1,04	0,009	15,5	0,132
75	12,99	0,11	1,07	0,009	16,09	0,148
100	13,87	0,11	1,17	0,010	16,38	0,140
Reg Linear	4,42**	60,72**	89,04**	80,51**	54,53**	75,65**
Reg. Quadrática	0,05ns	6,60*	3,61ns	9,03*	9,21**	13,87**
C.V.%	15,50	24,30	9,53	23,31	16,81	27,53

ns: não significativo ($P > 0,05$); ** e *: significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$);

Artur (2006) observou que a concentração de nitrogênio praticamente dobrou com a aplicação de 101 kg m⁻³ de esterco bovino em mudas de guanandi.

Oliveira *et al.* (1995), ao avaliarem o efeito da adição de lodo de esgoto, de uma única vez ou de forma parcelada, conjugada ou não com a calagem, na produção de grãos e de massa seca da parte aérea de milho e na absorção e acumulação de metais pesados, também sendo micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) em partes da planta (folhas, colmos e grãos), em condições de campo, observaram que a avaliação do acúmulo de nitrogênio absorvido pelas plantas indica que o aumento da dose de lodo, aplicado ao solo, proporcionou efeitos significativos na absorção desse elemento. Tais efeitos ocorreram de forma diretamente proporcional, sendo possível o estabelecimento de uma regressão linear, com aumento da absorção de nitrogênio em função das doses de lodo.

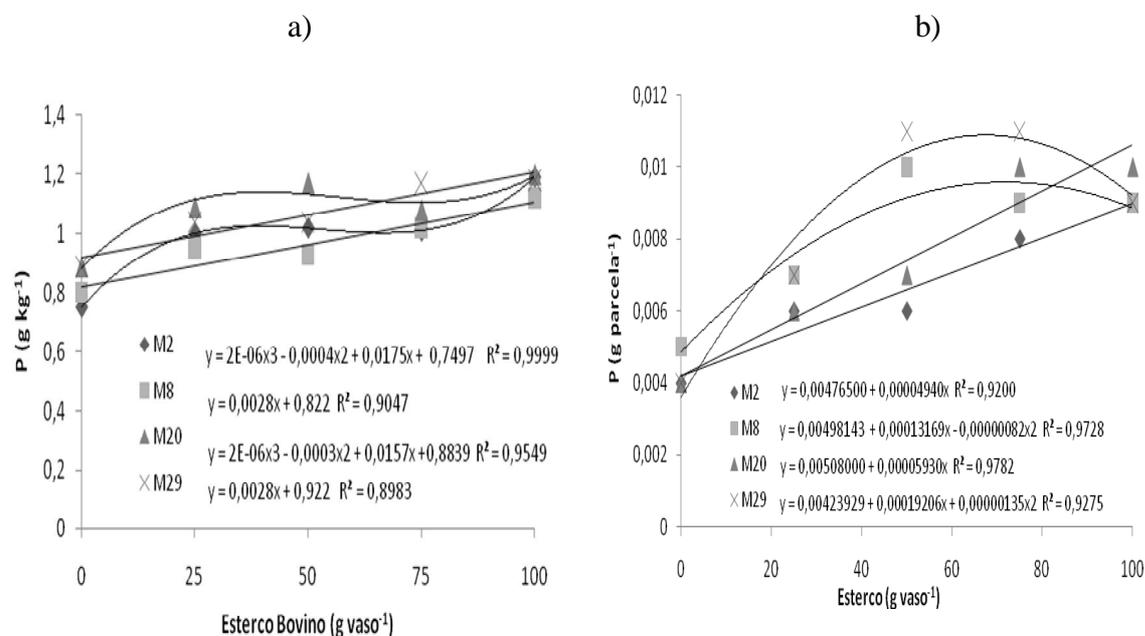
Figura 1. Variações das doses de esterco bovino nos teores (a) e acúmulo (b) de nitrogênio nas folhas de matrizes (M) *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio.



Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de doses de bio-sólido (0, 5, 10, 15, 20 e 40 Mg ha⁻¹, base seca) em atributos químicos do solo, crescimento e absorção de macro e micronutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis*, Vaz e Gonçalves (2002) observaram que os teores de nitrogênio e enxofre no tecido foliar elevaram-se com o aumento das doses de bio-sólido nas duas épocas de amostragem (6 e 12 meses).

Para o fósforo, houve efeito significativo no teor em relação às matrizes e no teor e acúmulo em relação às doses de esterco bovino, não havendo significância na interação matriz x doses de esterco (Tabela 3). Para o teor de fósforo, houve aumento linear para as matrizes 8 e 29 e efeito cúbico para as matrizes 2 e 20 (Figura 2, a), na qual a matriz 2 teve o melhor desenvolvimento na dose de 21,37 g vaso⁻¹ e a matriz 20 com 26,16 g vaso⁻¹. Para o acúmulo de fósforo nas plantas, as matrizes 2 e 20 tiveram aumento linear e as matrizes 8 e 29 sofreram regressão quadrática, conforme aumentaram-se as doses de esterco bovino (Figura 2, b), na qual a matriz 8 teve o melhor desenvolvimento na dose de 80,29 g vaso⁻¹ e a 29 na dose de 71,13 g vaso⁻¹.

Figura 2. Variações das doses de esterco nos teores (a) e acúmulo (b) de fósforo nas folhas das matrizes de *C. citriodora* aos 90 dias após o plantio.

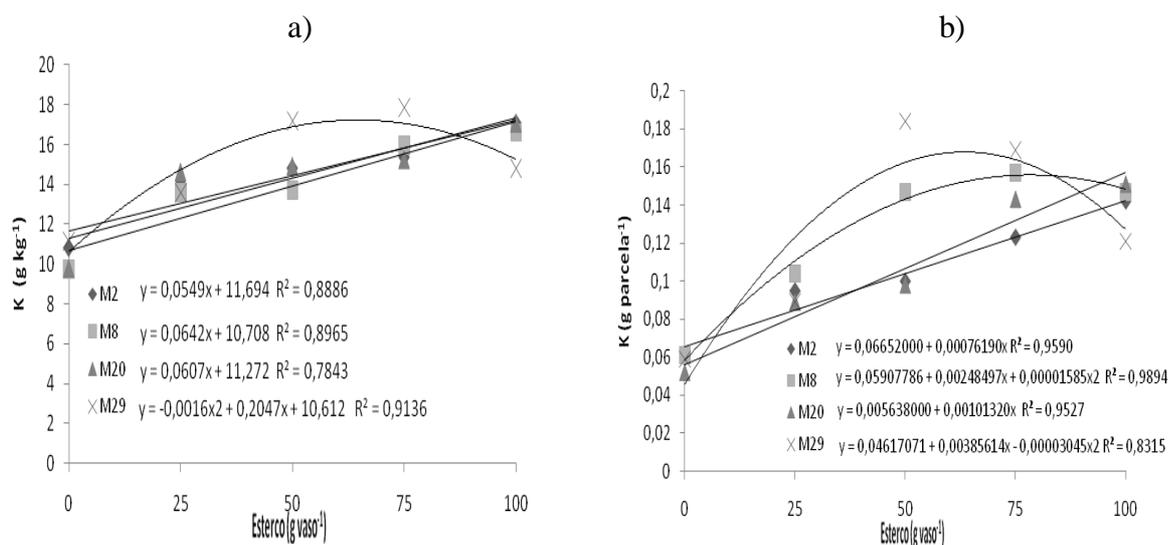


Para o fósforo, Oliveira *et al.* (1995) observaram que os teores desse elemento no solo aumentaram em função das doses de lodo de esgoto empregadas, reafirmando a possibilidade de se fornecer o referido elemento ao sistema solo-planta, com o emprego de tal resíduo.

O potássio apresentou efeito significativo em relação ao teor e ao acúmulo nas folhas de *Corymbia citriodora* relacionados às doses de esterco bovino, conforme Tabela 3.

Para o teor desse macronutriente, houve efeito significativo quadrático para a matriz 29, a qual atingiu o melhor desenvolvimento na dose de 63,98 g vaso⁻¹ e linear crescente para as matrizes 2, 8 e 20 (Figura 3, a) conforme o aumento das doses de esterco bovino. Para o acúmulo de potássio determinado nas plantas de *Corymbia citriodora*, as matrizes 8 e 29 tiveram efeito quadrático com melhores desenvolvimentos nas doses de 78,39 g vaso⁻¹ e 63,31 g vaso⁻¹, respectivamente, e as matrizes 2 e 20 tiveram aumento linear, conforme se observa na Figura 3, b.

Figura 3. Variações das doses de esterco nos teores (a) e acúmulo (b) de potássio nas folhas matrizes de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio.



Pires *et al.* (2008) ao avaliarem o efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo, com as seguintes adubações por planta: (AM) adubação mineral = 100 g da fórmula NPK 20-5-20 + cobertura morta (CM); EB = 5 l de esterco bovino + CM; FOC = 500 g de farinha de ossos e carne + CM; RM = 5 l de raspa de mandioca + CM; TF C/CM = 5 l de torta de filtro + CM; TF S/CM = 5 l de torta de filtro - sem CM, nas características químicas e físicas do solo observaram que apenas o tratamento adubado com esterco bovino mostrou-se eficiente em aumentar o potássio disponível no solo, em comparação com o adubo mineral.

Ao avaliar o efeito da adição de lodo de esgoto na produção de sorgo, Oliveira *et al.* (1995), observaram que não houve diferença entre os acúmulos absorvidos do elemento potássio em função das diferentes doses de lodo de esgoto.

Artur (2006) verificou, ao avaliar o efeito de esterco bovino e calcário na formação de mudas de guanandi, que a maior concentração média de potássio foi observada no tratamento que recebeu a dose maior de esterco.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados da análise de variância para os teores e acúmulos dos macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre, onde se observa que os teores e acúmulos de cálcio e enxofre aumentaram conforme aumentaram-se as doses de esterco bovino. Para o magnésio, o teor reduziu com o aumento das doses de esterco bovino e o acúmulo aumentou.

Tabela 4. Análise de variância dos teores e acúmulos dos macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas das plantas procedentes das matrizes de *Corymbia citriodora* após 90 dias de plantio. **(Continua)**

Tratamentos	Ca		Mg		S	
	(g kg ⁻¹)	(g parcela ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g parcela ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g parcela ⁻¹)
Matriz (M)	1134,20**	177,51**	0,61ns	2,64ns	0,76ns	2,77*
Esterco (E)	44,39**	17,73**	4,88**	5,14**	8,02**	24,41**
MxE	39,86**	6,87**	0,89ns	1,46ns	0,92ns	1,52ns
Matrizes (M)						
2	10,53 b	0,07 b	2,55 a	0,018 a	14,81 a	0,106 b
8	30,60 a	0,27 a	2,54 a	0,022 a	15,99 a	0,137 a
20	8,43 c	0,06 b	2,60 a	0,018 a	16,71 a	0,121 ab
29	8,52 c	0,06 b	2,67 a	0,021 a	15,26 a	0,124 ab

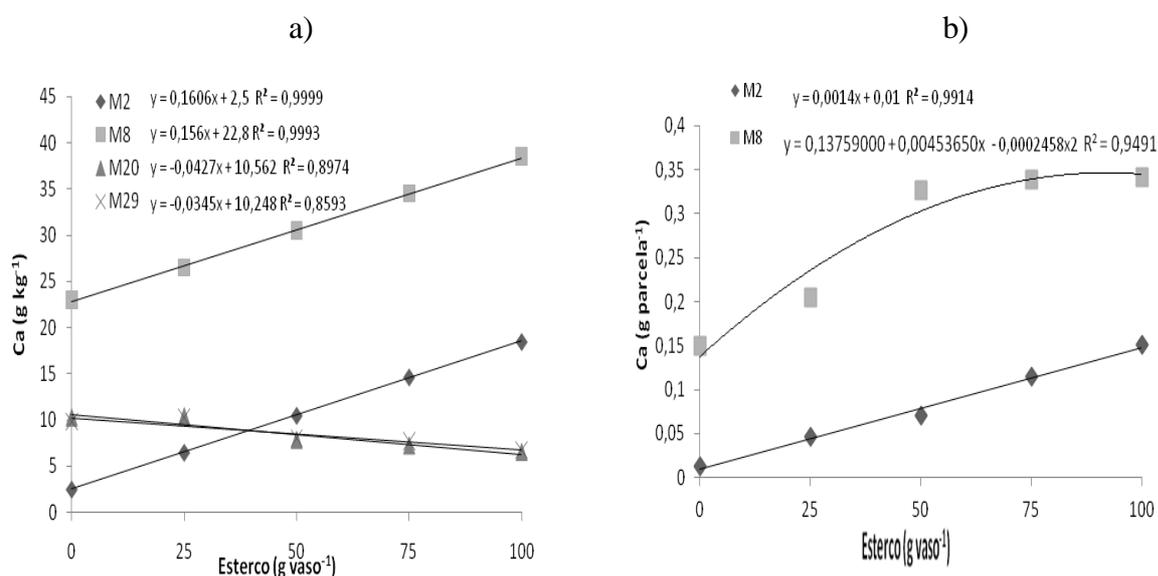
Tabela 4. Análise de variância dos teores e acúmulos dos macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas das plantas procedentes das matrizes de *Corymbia citriodora* após 90 dias de plantio. **(Conclusão)**

Esterco (E) g plantas ⁻¹						
0	11,38	0,06	2,79	0,016	11,35	0,060
25	13,41	0,09	2,69	0,018	14,99	0,130
50	14,21	0,13	2,61	0,023	15,62	0,127
75	16,02	0,14	2,54	0,023	16,79	0,154
100	17,56	0,15	2,30	0,019	19,71	0,165
Reg Linear	175,47**	64,56**	18,14ns	6,89*	29,97**	93,68**
Reg. Quadrática	0,00ns	5,33*	0,80ns	11,02**	0,05ns	3,56ns
C.V.%	9,84	28,52	13,09	27,37	27,25	27,72

ns: não significativo ($P > 0,05$); ** e *: significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

Para o cálcio, foram significativos os efeitos entre as matrizes, entre as doses de esterco bovino e na interação entre matrizes e doses de esterco (Tabela 5). Para o teor de cálcio, as matrizes 2 e 8 tiveram crescimento linear, já as matrizes 20 e 29 tiveram decréscimo linear, conforme aumentaram-se as doses de esterco bovino (Figura 4, a). Para o acúmulo de cálcio (Figura 4, b), somente as matrizes 2 e 8 tiveram efeitos significativos, na qual, a 2 teve crescimento linear e a 8, regressão quadrática.

Figura 4. Variações dos teores (a) e acúmulo (b) de cálcio nas folhas de plantas provenientes de quatro matrizes (M) de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio em função das doses de esterco bovino.



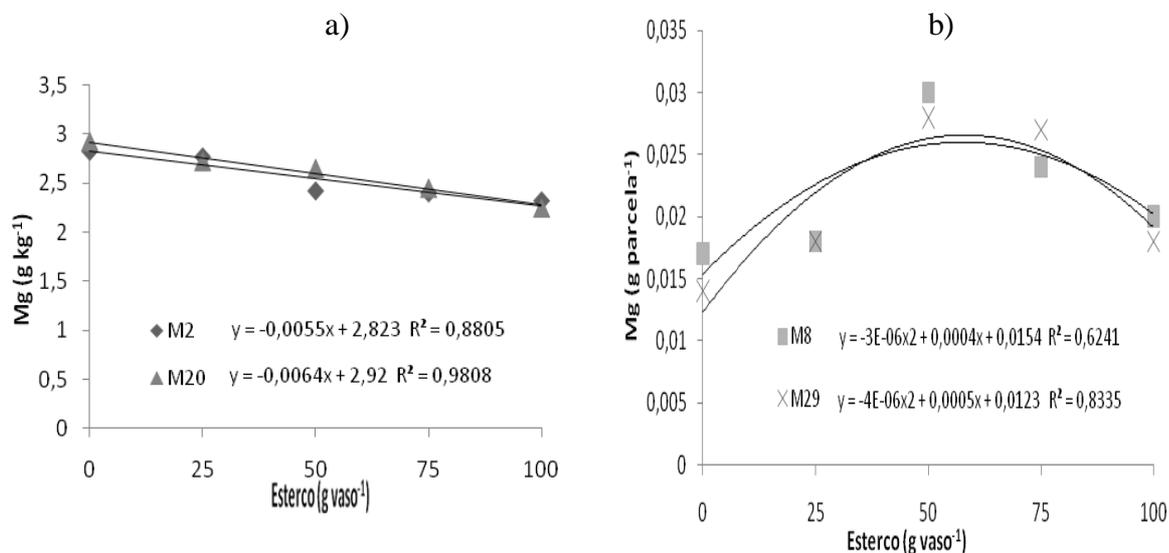
Artur (2006) verificou na adubação de guanandi com esterco bovino e calcário, que para o cálcio, houve diminuição linear das concentrações com o aumento das doses de esterco, apesar dos aumentos observados no substrato.

Especificamente para o cálcio, os totais acumulados apontam para uma superioridade quando do emprego de 20 t/ha de lodo de esgoto, em relação às demais, observaram Oliveira *et al.* (1995) ao avaliarem o efeito de lodo de esgoto na produção de sorgo.

Para o magnésio, somente as doses de esterco bovino tiveram significância (Tabela 4), não havendo interação entre as matrizes e nem entre estas e as doses de esterco. Para o teor de magnésio,

houve significância para as matrizes 2 e 20 na qual, sofreram decréscimo linear (Figura 5, a) conforme aumentaram-se as doses de esterco. Para o acúmulo de magnésio, somente as matrizes 8 e 29 tiveram efeitos significativos, com regressão quadrática e obtiveram os desenvolvimentos máximos nas doses de 57,11 g vaso⁻¹ e 57,36 g vaso⁻¹, respectivamente (Figura 5, b).

Figura 5. Variações dos teores (a) e acúmulo (b) de magnésio nas folhas de plantas provenientes de quatro matrizes (M) de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio em função das doses de esterco bovino.



Artur (2006), não observou efeito significativo para a concentração de magnésio nas folhas de guanandi com a aplicação de doses de esterco bovino, apesar dos aumentos observados no substrato.

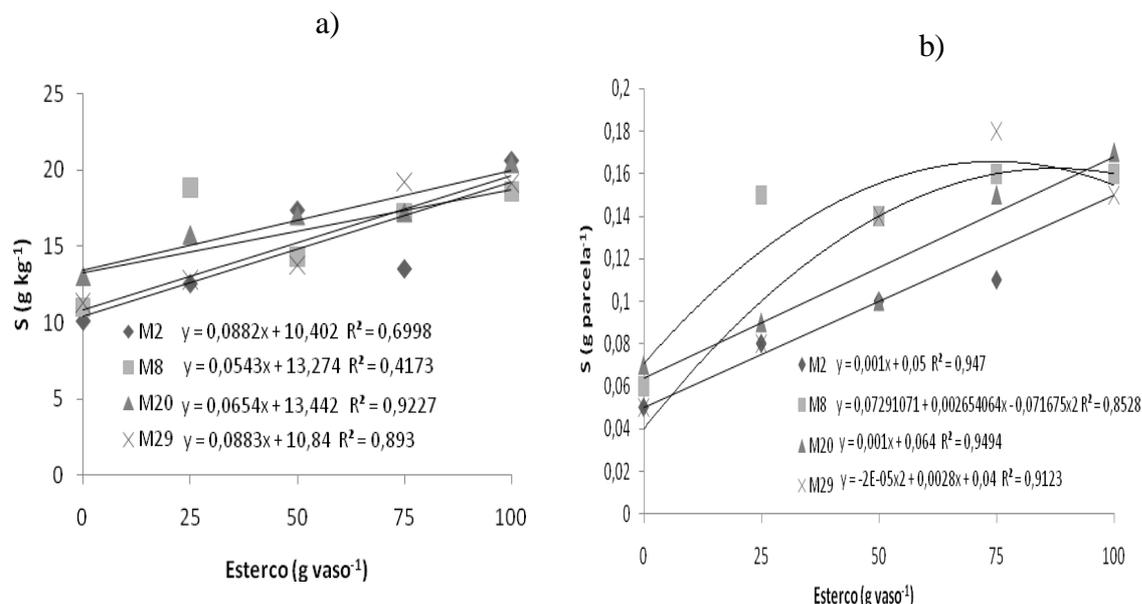
Em relação ao magnésio, as plantas de sorgo tiveram maior acúmulo do elemento quando se empregou 20 Mg ha⁻¹ de lodo. Os resultados obtidos foram significativamente superiores aos demais níveis, os quais não foram diferentes entre si. O estudo global das complementações minerais sobre a absorção de cálcio e magnésio indica que as mesmas proporcionaram valores maiores, em relação às parcelas que não receberam complementações. Porém, o desdobramento das interações dentro das doses de lodo, aponta efeitos significativos apenas quando se utilizou 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (OLIVEIRA *et al.*, 1995).

De acordo com a Tabela 4, para o enxofre, houve efeito significativo entre as matrizes apenas para o acúmulo deste elemento nas folhas de *Corymbia citriodora*. Em relação às doses de esterco bovino, houve significância para o teor e acúmulo dele nas folhas e não houve efeito significativo na interação entre as matrizes e as doses de esterco.

Na Figura 6, a, observa-se que para o teor de enxofre ocorreu crescimento linear para todas as matrizes, conforme o aumento das doses de esterco bovino; em relação ao acúmulo dele na planta, observa-se na Figura 6, b, que as matrizes 2 e 20 tiveram crescimentos lineares conforme aumentaram-se as doses de esterco e as matrizes 8 e 29, com melhores desenvolvimentos nas doses de 74,56 e 76,89 g planta⁻¹, respectivamente, com efeito quadrático.

Oliveira *et al.* (1995) observaram, ao avaliarem o lodo de esgoto na produção de sorgo, que os resultados obtidos para as quantidades absorvidas de enxofre indicam que as doses de lodo exerceram efeitos significativos sobre sua absorção. Tais efeitos ocorreram de forma diretamente proporcional às doses de lodo. Assim, os maiores valores encontrados ocorreram quando do emprego de 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Figura 6. Variações dos teores (a) e acúmulo (b) de enxofre nas folhas de plantas provenientes de quatro matrizes (M) de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio em função das doses de esterco bovino.



Artur (2006) observou, ao avaliar doses de esterco no guanandi, que a maior concentração de enxofre nas folhas foi observada para o tratamento que recebeu a dose maior de esterco.

CONCLUSÃO

Ocorre diferença entre as plantas, provenientes de diferentes matrizes no teor e acúmulo dos macronutrientes.

As plantas que tiveram melhor desenvolvimento foram as procedentes das matrizes 8 e 29, respectivamente, de uma área de produção de sementes (FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal-SP) e de uma área especial de coleta de sementes (Horto Guarani, município de Pradópolis-SP).

A dose de esterco bovino que proporcionou melhor desenvolvimento das plantas foi próxima a 30 t ha⁻¹, equivalente a 75 g por vaso, na qual representa uma grande quantidade se aplicada em grande produção, porém, para pequenos produtores, essa dose é recomendada para o desenvolvimento de plantas de *Corymbia citriodora*.

REFERÊNCIAS

- ABREU JUNIOR, C. H. *et al.*. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 635-647, 2000.
- ANDREOLA, F. *et al.* A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000.
- ARTUR, A. G. **Esterco de bovino e calcário para formação de mudas de guanandi**. 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2006.

- ARTUR, A. G. *et al.* Esterco bovino e calcário para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- BROTTERO, F.A. **Métodos de ensaios adotados no I.P.T. para o estudo de madeiras nacionais**. 2.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1956. 60p. (Boletim, 31).
- CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p.1150-1155, 2006.
- CARUANA, R. Madeira! **Caros Amigos**, São Paulo, v. 11, n. 124, p. 34-39, 2007.
- DURIGON, R. *et al.* Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 983-992, 2002.
- GONÇALVEZ, J. L. M.; SANTAREILLI, S. P. M. N.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. 2000. In: GONÇALVEZ, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed) **Nutrição e fertilização florestal**. IPEF, Piracicaba. p. 309-350, 2000.
- IPEF. *Corymbia citriodora Hill & Johnson (Eucalyptus citriodora Hook)*. 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/citriodora.asp>>. Acesso em: 14 maio. 2008.
- LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 382 p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.
- MANTOVANI, J. R. *et al.* Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 5, p. 817-824, 2005.
- NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- OLIVEIRA, F. C. *et al.* Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 360-367. 1995.
- PIRES, A. A. *et al.* A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.
- POGGIANI, F.; GUEDES, M. C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de biossólidos em plantações florestais: I. Reflexo no ciclo dos nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000. p. 163-178.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. van. *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RESENDE, A. S. *et al.* **Efeito estufa e o sequestro de carbono em sistemas de cultivo com espécies florestais e na cultura de cana-de-açúcar.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 23 p. (Documentos, 133).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARER V., V.H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; VOGEL, H. L. M. **Silvicultura aplicada.** Santa Maria: Editora UFSM, 2008. 120 p.

SILVA, E. **Os plantios florestais no Brasil.** Curitiba; SBS/SBEF, 1993. 719 p. v. 2.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEM, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p.

YAGI, R. *et al.* Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 549-557, 2003.

