

Caracterização química em substratos de resíduos industriais e urbanos para a obtenção de mudas de café

Juliano Corulli CORRÊA¹; Leonardo Theodoro BÜLL²; Munir MAUAD²;
Marco Antonio TECCHIO³; Carlos Alexandre Costa CRUSCIOL²

¹Autor para correspondência. Departamento de Produção Vegetal/Área Agricultura, FCA-UNESP. E-mail: correajc@superig.com.br

²Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), UNESP. Caixa Postal 237, Cep 18603-970. Botucatu-SP. E-mail: bull@fca.unesp.br, mauad@laser.com.br, crusciol@fca.unesp.br.

³Centro APTA-Frutas, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Av. Luiz Pereira dos Santos, 1500, CEP 13214-820, Jundiaí – SP. E-mail: tecchio@iac.sp.gov.br

Resumo

Ainda não são conhecidas as ações dos resíduos industriais e urbanos na formação de substrato para mudas de café. Cada resíduo apresenta característica própria, podendo ou não proporcionar efeitos benéficos na formação de substratos. Se essas características forem conhecidas, o substrato formado poderá formar muda de melhor qualidade. O presente trabalho teve como objetivo verificar a ação dos resíduos industriais e urbanos na formação de vários substratos para mudas de café, considerando-se suas propriedades químicas, o desenvolvimento das mudas e o pegamento a campo. O experimento foi instalado em tubetes, utilizando-se da variedade Catuai amarelo (*Coffea arabica*) IAC H2077 – 2.5.86. Foram utilizados quatro resíduos: lixo domiciliar urbano (Lixo), biossólido de biodigestores (LB), terra diatomácea (Td) e torta de filtro com vinhaça (T+V). As doses dos resíduos corresponderam a 0; 10; 20 e 30% do volume de substrato. Os tratamentos com resíduos não receberam calcário nem fertilizante durante o preparo dos substratos. A testemunha foi constituída de um substrato recomendado pelo IAC. Todos os substratos ficaram incubados por vinte dias. Os resíduos que podem ser utilizados para composição de substrato para mudas de café em tubetes, são o Td, T+V e Lixo, em razão de as mudas terem apresentado maior vigor, o que conferiu maior pegamento a campo. Todos os resíduos atuaram como fornecedores de nutrientes, proporcionando assim características distintas ao substrato para mudas de café, de acordo com o tipo de resíduo utilizado na sua respectiva dose.

Palavras-chave adicionais: biossólido; lixo urbano; resíduos industriais.

Abstract

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; MAUAD, M.; TECCHIO, M. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Chemical characterization of some urban and industrial residues viewing to assess their potential as substrates for coffee seedlings development. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 238-248, 2006.

The basic assumption of this work was that some of the urban and industrial wastes should be considered as possible substrates for the development of coffee seedlings. Four of these wastes were considered in this study : (1) urban domicile garbage (Lixo), (2) biodigesters residues (LB), (3) diatomaceous soil (Td), and (4) sugar cane industrialization spinoffs (T + V). These residues were used to represent 0, 10, 20, and 30% of the total substrate volume. The treatments including the residues had neither limestone nor inorganic fertilizer. The check treatment was formed by a substrate traditionally recommended for the purpose of producing coffee seedlings. Seedling evaluation took place 20 days after seed sowing. The best results were obtained when either diatomaceous soil, or sugarcane industrialization spinoffs, or domicile garbage were used to compose the substrates.

Additional keywords: biossolids; urban garbage; industrial residues.

Introdução

As conseqüências da aplicação de resíduos

industriais e urbanos para formação de substrato ainda não são conhecidas, em especial para mudas de café. Não existem trabalhos na literatura que mostrem a

ação de resíduos industriais e urbanos nas propriedades químicas de substratos e suas conseqüências no desenvolvimento e pegamento das mudas de café.

O substrato tem o papel fundamental de fornecer às mudas todas as condições químicas, físicas e biológicas, para um crescimento saudável, oferecendo assim condições de transformar seu potencial genético em produtividade (KÄMPF et al., 2000). Existem vários tipos de substratos para mudas de café, sendo que cada viveirista escolhe o seu de acordo com a disposição de matéria-prima, preço, tempo para o preparo da muda, mão-de-obra e transporte, procurando melhor retorno econômico. Para mudas de café, a grande maioria dos substratos utilizados em São Paulo é o preconizado pelo IAC, o qual pode ser adaptado para receber os resíduos industriais e urbanos, o que ajudaria a crescente necessidade de reciclagem e o problema de descarte desses de maneira racional e ecológica (BERTON et al., 1989; BETTIOL et al., 2000; TSUTIYA et al., 2001).

A utilização dos resíduos industriais e urbanos na agricultura permite a eliminação de resíduos socialmente incômodos, propiciando o aproveitamento dos elementos nutritivos e compostos orgânicos nele contidos pelas plantas. Além disso, a aplicação dos resíduos industriais contribui para melhorar as

propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e contribuir para diminuir o consumo de fertilizantes inorgânicos (BETTIOL et al., 2000; FIEST et al., 1999; MELO et al. 2001; TSUTIYA et al., 2001). Essas ações benéficas atribuídas a alguns resíduos podem ser usadas na formação de substratos.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou estudar a ação dos resíduos industriais e urbanos na formação de vários substratos para mudas de café, considerando-se suas propriedades químicas, o desenvolvimento das mudas e o pegamento a campo.

Material e métodos

O experimento foi realizado no período de agosto de 1999 a dezembro de 2000, na Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Câmpus de Botucatu. A variedade utilizada foi: Catuaí amarelo (*Coffea arabica*) IAC H2077 – 2.5.86. Foram utilizadas amostras deformadas de solo, provenientes da camada subsuperficial, abaixo de 20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico utilizado para a formação dos substratos. As principais características químicas e físicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análises químicas e granulométricas do Latossolo Vermelho distrófico.

Table 1- Chemical and granulometric analyses of the soil used to form the substrates.

pH CaCl ₂ (0,01 mol L ⁻¹)	M.O. (g dm ⁻³)	P resina P resin (mg dm ⁻³)	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			----- (mmol _c dm ⁻³) -----				(%)	----- (mg dm ⁻³) -----					
4,3	10	1	50	0,8	12	10	72	31	0,04	1,4	94	1,8	0,1
Textura Média do Solo (Soil texture)			Argila (%) (Clay)				Silte (%) (Silt)		Areia Total (%) (Total sand)				
			20				0		80				

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Foram utilizados quatro diferentes resíduos para a formação dos substratos: lixo domiciliar urbano (Lixo), biossólido de biodigestores (LB), terra diatomácea (Td) e torta de filtro com vinhaça (T+V), cujas características químicas são apresentadas na Tabela 2, e a presença dos metais pesados, na Tabela 3. As análises químicas dos resíduos, bem como a presença de metais pesados foram realizadas no

laboratório de fertilizantes e corretivos da FCA-UNESP, empregando-se a metodologia descrita pela LANARV (1988) comparando os valores de metais pesados às quantidades permitidas na norma de aplicação de resíduos sólidos da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, de acordo com a legislação da Lei NBR 10004, 1987.

Tabela 2 – Características químicas dos resíduos.

Table 2 – Chemical characteristics of the residues.

Resíduos/ Residues	pH CaCl ₂	P ₂ O ₅ Total (g dm ⁻³)	M.O.	Ca	Mg	K ₂ O	Na	Zn	B
			----- (g dm ⁻³) -----				---- (mg dm ⁻³) ----		
T+V	8,7	16	330	15	5	15	0,06	80	3,1
Td	8,3	2	40	2	1	0	2,28	14	1,4
LB	7,4	33	370	155	3	1	0,92	1670	58,0
Lixo	8,2	4	660	50	2	6	4,70	250	9,0

Torta de filtro + Vinhaça (T+V), Terra diatomácea (Td), Biossólido de biodigestor (LB) e Lixo urbano (Lixo).

Sugar cane industrialization spinoffs (T + V), diatomaceous soil (Td), biodigester residues (LB), and urban domicile garbage (Lixo)

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 3 – Presença de metais pesados nos resíduos.

Table 3 – Occurrence of heavy metals in the residues.

Resíduos/ <i>residues</i>	Cd	Pb	V	As	Ni	Hg
	(mg kg ⁻¹)					
T+V	0,02	35	2	5	0,5	0,2
Td	0,02	32	2	4	0,5	0,1
LB	0,1	107	16	27	1,0	0,3
Lixo	0,05	56	8	15	0,8	0,4
NBR 10004*	n.a**	1000	1000	1000	n.a	100

* Legislação para os padrões legais vigentes de resíduos sólidos da ABNT, lei NBR 10004, 1987

* Rule NBR 10004 establishes the acceptable levels of heavy metals in compounds in general, as determined by the ABNT (Brazilian Normative Association)

**n.a. não aplicável (não descrito o limite na NBR 10004)

** - n.a. : non applicable, that is, not included in NBR 10004

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Os tratamentos com os resíduos foram dispostos em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4, contra o tratamento referencial IAC, com 4 repetições. Os tratamentos corresponderam à aplicação dos resíduos Lixo, LB, Td e T+V nas doses de 0; 10; 20 e 30% do volume de substrato, em substituição ao esterco de curral. Os tratamentos com resíduos não receberam calcário nem fertilizante durante o preparo dos substratos. As testemunhas foram constituídas de um controle referente à dose zero, a qual recebeu apenas solo utilizado no trabalho, sem calagem e sem adubação, e um substrato seguindo recomendação do IAC, constituído de 2/3 de volume de solo + 1/3 de esterco de curral curtido + 5 kg.m⁻³ de superfosfato simples + 0,5 kg m⁻³ de KCl + 2 kg m⁻³ de calcário dolomítico (RAIJ et al., 1996). Todos os tratamentos ficaram incubados por um período de 20 dias, para a estabilidade e a homogeneidade do substrato.

As sementes foram pré-germinadas em casa de vegetação com controle de umidade e temperatura, dentro de caixas plásticas contendo areia úmida, até o momento em que apontassem as radículas. Em seguida, foram colocadas nos tubetes com os eventuais tratamentos para formação de substrato. As mudas cresceram em estufa contendo irrigação e sombreamento de 50% e, antes de serem colocadas a campo, sofreram um processo de adaptação ao ar livre, de aproximadamente trinta dias. Como tratamentos culturais, foram utilizadas, mensalmente, adubações foliares de cobertura, no sistema de fertirrigação, por aspersão convencional, com sistema venture, utilizando-se de nitrato de potássio (0,25%) e MAP (0,2%), a partir do aparecimento do primeiro par de folhas. Para controle preventivo de doença, como Cercospora (*Cercospora coffeicola*) e Ferrugem (*Hemileia vataatrix*), utilizou-se Benomil na dosagem de 4 g L⁻¹, em três aplicações, sendo a primeira realizada no estádio de palito de fósforo, e as demais, com dois meses de intervalo. Para o controle preventivo de pragas, utilizou-se produto Endosulfan AG, evitando infestações de bicho mineiro (*Perileuceptera coffella*).

Para a análise química do substrato, foram coletadas duas amostras de cada tratamento, no momento da semeadura, para determinação analítica de rotina de: Ca, P, Mg e K extraídos por resina trocadora de íons; determinação do pH em solução centimolar de cloreto de cálcio; determinação da matéria orgânica (M.O.) pelo método Walkley-Black, e determinação da acidez potencial através da solução tampão SMP, conforme técnicas descritas por RAIJ & QUAGGIO (1983). Na determinação de Zn, foi realizada extração com DTPA-TEA (CAMARGO et al., 1986), e o boro foi determinado pelo método de cloreto de bário-microondas (ABREU et al., 1998), condutividade elétrica (PAULA & DUARTE, 1997) e Relação de Sódio Trocável – RST (UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF, 1954).

As determinações experimentais constaram de coletas de quatro mudas de café por tratamento, com três pares de folhas, para determinações de área foliar, utilizando um determinador fotoelétrico que propicia leitura direta do valor, e determinações de massa de matéria seca da parte aérea e raiz, utilizando o método de secagem em estufa com circulação de ar forçada, à temperatura de 60 °C, por dois dias, até a obtenção da massa constante; em seguida, as folhas foram moídas para análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme a metodologia proposta por MALAVOLTA et al. (1997).

Para a avaliação do pegamento das mudas a campo, adotou-se o mesmo delineamento em blocos ao caso para a formação das mudas, com quatro repetições, sendo que cada parcela conteve 50 mudas de café. No plantio, foi aberto um sulco de 30 cm de profundidade por 30 cm de largura, adicionando-se a adubação correspondente para o plantio de café na área específica, fechando-se novamente o sulco, e após uma semana, com auxílio de uma cavadeira, foi aberta uma pequena cova para a colocação das mudas, utilizando-se do espaçamento de 0,50 m entre plantas e 2,0 m na rua, plantadas em setembro de 2000, estação das chuvas da região. A avaliação correspondeu à contagem

das 50 mudas de cada tratamento, avaliando-se as plantas vivas e as plantas mortas, sendo realizada a cada 15 dias, por um período de quatro meses.

Os resultados foram submetidos à análise de regressão, ajustando-se as equações aos dados obtidos, a partir das doses dos resíduos industriais e urbanos. Adotou-se como critério, na escolha do modelo, a interação pelo teste F, significativo a 5%, e a magnitude dos coeficientes de determinação.

Resultados e discussão

O ajuste dos dados aos modelos de regressões permitiu a descrição das alterações nos atributos químicos analisados em função da aplicação dos resíduos industriais e urbanos (Figura 1), de acordo com a legislação brasileira NBR 10004, que preconiza a quantidade-limite de metais pesados para utilização de resíduos sólidos na agricultura (Tabela 3).

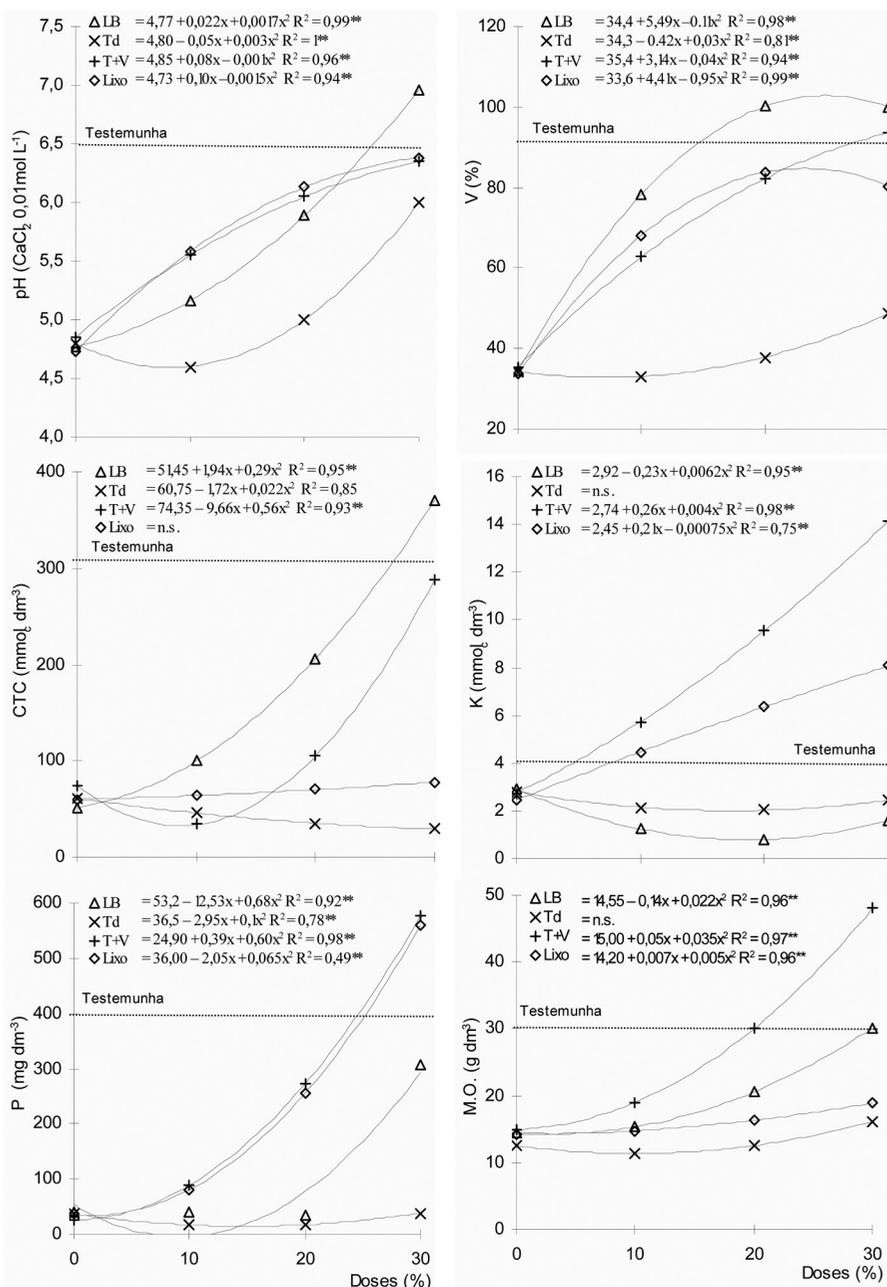


Figura 1 - Variações nos índices das análises químicas dos substratos para mudas de café, em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos.

Figure 1 - Variation in the chemical analyses indexes of the substrates resulting from the application of the urban and industrial residues.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Cada resíduo apresentou característica específica, que foi transmitida, em função da dose, para o substrato. De acordo com a Figura 1, o biossólido LB na dose de 30% mostrou os maiores valores médios nas variáveis pH, V% e CTC; já o resíduo industrial T + V apresentou os maiores valores médios para K, P e M.O. O aumento de pH em biossólidos também foi observado por BETTIOL & CAMARGO (2000); BERTON et al. (1989) e SILVA et al. (1998), em solos, e GUERRINI & TRIGUEIRO (2004), em substrato para eucalipto.

Para os tratamentos T+V e Lixo, o aumento do pH e da V% é devido, principalmente, ao aumento da M.O., a qual favorece o aumento de cargas negativas (CTC) e a atividade microbiana, aumentando a formação de CO₂, o qual se liga aos prótons da solução, diminuindo a concentração de H⁺ na solução do solo (CORDELL & FILER, 1984). Os dados obtidos para estes resíduos corroboram os trabalhos de GLORIA & ORLANDO FILHO (1983), que trabalharam com vinhaça em solo e TRINDADE et al. (1996), demonstrando a eficiência do lixo urbano em solo.

Com exceção da dose zero e do tratamento Td na dose de 10%, todos os outros apresentaram valores de pH (CaCl₂) dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento das mudas, ou seja, entre 5,5 e 7,0, de acordo com VALERI & CORRADINI (2000), em substrato para eucalipto e pinus. A testemunha IAC apresentou valores de pH e CTC superiores aos tratamentos (Figura 1), com exceção do tratamento LB, na dose de 30%. Já para saturação por bases (V%), a testemunha IAC apresentou valores superiores à maior parte dos tratamentos, com valores inferiores aos tratamentos LB na dosagem de 20% e 30% e ao T+V na maior dose.

A CTC apresentou significância para todos os tratamentos, à exceção do Lixo e Td (Figura 1). Aumentos de CTC em diferentes tipos de solo, em razão da aplicação de biossólidos, foram constatados por BATAGLIA et al. (1983), MELO et al. (1993 e 1994), SILVA et al. (1998) e FIEST et al. (1999). Para o resíduo T+V, o aumento da CTC é função da presença de M.O. e também dos elementos Ca, Mg e K na composição destes resíduos, em razão de se tratar de valores de CTC calculada e não da efetiva do solo.

O resíduo industrial Td foi o único que não apresentou efeito significativo na variável potássio para formação de substrato (Figura 1). Os resíduos que apresentaram comportamento crescente foram T+V e Lixo, decorrente da composição original desses resíduos (Tabela 2), o que pode estar relacionado, também, ao conteúdo de M.O. presente nesses resíduos, concordando com o mencionado por FERRO NETO (1994), trabalhando com lixo urbano em solo. Para T+V além da M.O., o enriquecimento pela vinhaça aumentou o teor de K, pela presença do macronutriente em sua

composição, corroborando GLORIA & ORLANDO FILHO (1983) em resultados demonstrados em solo.

O biossólido de biodigestor LB, apresentou grande quantidade de Ca (Tabela 2), fato que promoveu efeito decrescente para os teores de K no substrato (Figura 1), em função da competição pelos mesmos sítios de adsorção, conforme FAVARETTO et al. (1997), SILVA et al. (1998) em solo e GUERRINI & TRIGUEIRO (2004) em substrato para eucalipto. De acordo com Fiest et al. (1999) não houve efeito para potássio no solo com a aplicação de biossólido em solo; já os autores Favaretto et al. (1997) e FORTES NETO et al. (1999) mostraram aumento nos teores de potássio no solo com aplicação de biossólidos. A testemunha IAC mostrou-se intermediária aos tratamentos no fornecimento de K.

O fósforo apresentou efeito significativo para todos os resíduos, com comportamento crescente (Figura 1), este resultado que pode ser em razão da M.O., para LB, T+V e Lixo (Tabela 2). Já nos resíduos que contêm menores teores de M.O., tal como Td, os teores de fósforo não apresentaram diferença significativa com as doses aplicadas quando comparado aos demais resíduos. Os valores crescentes de P no tratamento LB foram decorrentes da composição do biossólido (Tabela 2), conforme também observações de BOARETTO et al. (1986), BERTON et al. (1989), SILVA et al. (1998) e FIEST et al. (1999) em solo e GUERRINI & TRIGUEIRO (2004) para substratos em eucalipto. Já para o resíduo T+V, pode-se inferir que este é fornecedor de P na formação de substratos, em função dos elevados teores deste nutriente no material de origem.

A testemunha IAC apresentou os maiores valores de fósforo em relação a todos os tratamentos, à exceção do T+V na dose 30% e Lixo na dose 30%. Nota-se que o P guarda relação com a M.O., pois os valores seguem mesma tendência entre os tratamentos, podendo prever que grande parte do P analisado seja oriundo do P orgânico presente na M.O..

O único resíduo que não apresentou significância para M.O. foi o Td (Figura 1). O biossólido LB e os resíduos T+V e Lixo apresentaram efeitos crescentes para os teores de M.O. em função do aumento das doses, confirmando resultados obtidos por SILVA et al. (1998) e BETTIOL & CAMARGO (2000) com biossólido em solo, GLORIA & ORLANDO FILHO (1983) com vinhaça em solo e TRINDADE et al. (1996), FERRO NETO (1994) e BALLESTERO et al. (1999) com Lixo urbano em solo. A grande contribuição do aumento da M.O. no substrato é razão de esses três resíduos apresentarem grandes quantidades em suas composições químicas de origem (Tabela 2).

Para a testemunha IAC, pode-se notar que os valores de M.O. foram superiores a quase todos os tratamentos, com exceção para T+V na dose 30%

(Figura 1). A presença da M.O. na composição dos substratos em mudas de café é o principal motivo do aumento de cargas negativas, as quais contribuem significativamente para o aumento da CTC do substrato.

Para os teores de Ca nos substratos, nota-se efeito significativo com comportamento crescente para todos os resíduos (Figura 2), principalmente em razão

da composição química de origem dos mesmos (Tabela 2). Esse resultado corrobora os de FAVARETTO et al. (1997), SILVA et al. (1998) e FORTES NETO & CARDOSO (1999) para biossólidos em solo. A testemunha IAC mostra-se intermediária na disponibilidade de Ca na formação de substrato para mudas de café.

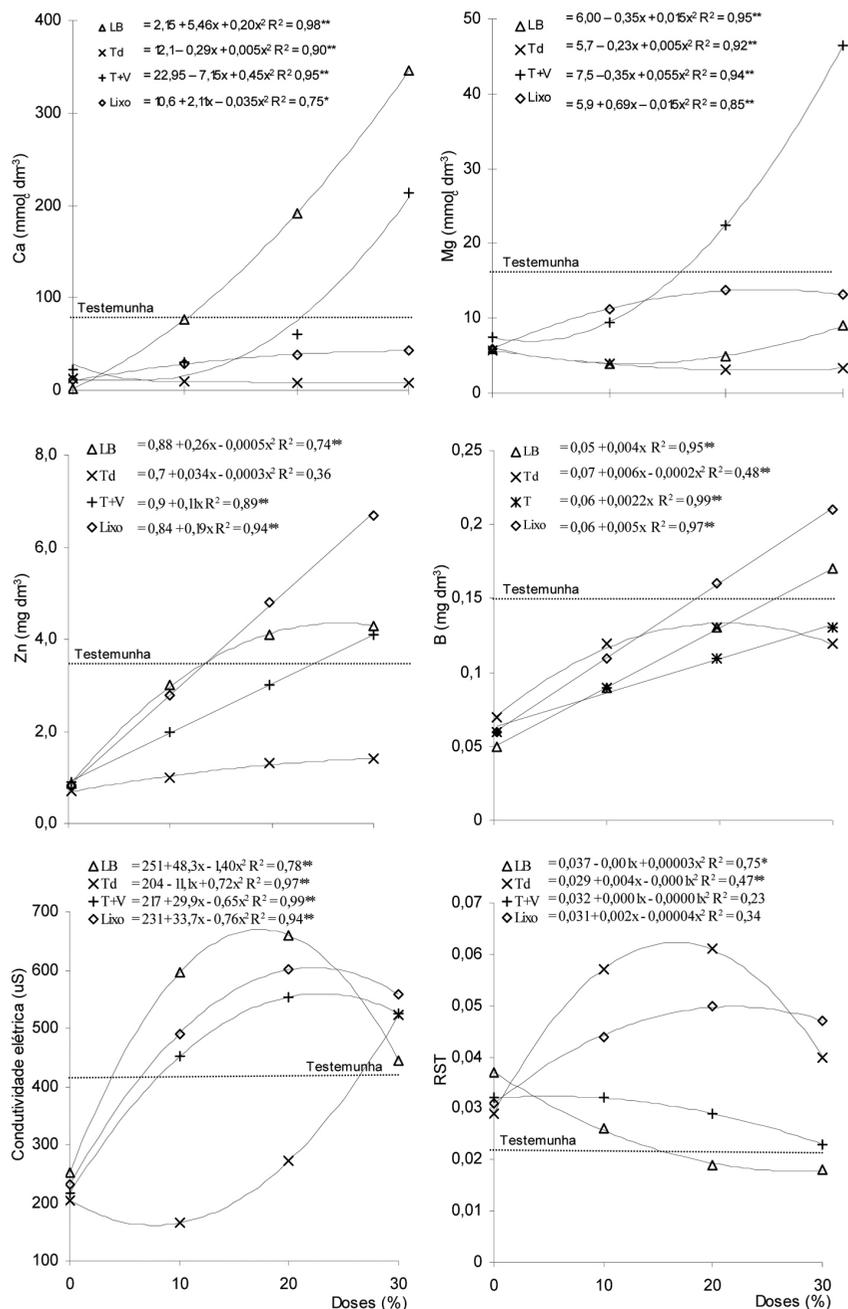


Figura 2 - Variações nos índices das análises químicas dos substratos para mudas de café, em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos.

Figure 2 - Variation in the chemical analyses indexes of the substrates used for the development of coffee seedlings.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Todos os resíduos analisados mostraram efeito significativo para os teores de Mg em substratos para mudas de café (Figura 2), com funções decrescentes para os resíduos LB e Td e crescentes para T+V e Lixo, confirmando os resultados de FERRO NETO (1994) com Lixo urbano em solo. A grande quantidade de Ca apresentada pelo resíduo LB pode ter influenciado o efeito decrescente para os teores de Mg no substrato, contradizendo os resultados de FAVARETTO et al. (1997) e SILVA et al. (1998), que demonstraram aumento nos teores de magnésio no solo a partir da utilização de biossólidos.

Houve efeito significativo para as variáveis B, Zn, condutividade elétrica e relação de sódio trocável (RST) em função dos resíduos industriais e urbanos (Figura 2), sendo exceções o Td para Zn e T + V e Lixo para RST, demonstrando a importância da decisão para a escolha do resíduo para formação de substrato em mudas de café. O Lixo apresentou os maiores valores para B e Zn, já o biossólido LB para condutividade elétrica e o resíduo industrial Td foi superior aos demais na RST.

Os resíduos foram fornecedores dos micronutrientes B e Zn para composição de substrato (Figura 2), mesmo em condições de pH de 5 a 7 (Figura 1). Tal fato pode ser explicado em razão da quelatização desses elementos, devido aos altos valores de M.O. nos resíduos LB, T+V e Lixo. Vale destacar, também, que as consequências normais que ocorrem no solo, provavelmente, não são encontradas na composição de substrato para mudas de café. Esses resultados corroboram os de GUERRINI & TRIGUEIRO (2004) com biossólido em substrato para eucalipto e o de TRINDADE et al. (1996) com lixo urbano em solo. A testemunha IAC mostrou-se intermediária entre os tratamentos no fornecimento de Zn e B.

As variáveis condutividade elétrica e relação de sódio trocável (RST) permitiram avaliar o efeito salino provocado pelos resíduos na formação dos substratos (Figura 2), bem como seus efeitos sobre as mudas de café. Segundo GONÇALVES et al. (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve ficar acima de 1 mS cm⁻¹, estando portanto, os tratamentos dentro da faixa considerada adequada, não interferindo assim na produção de mudas de café. O aumento das doses proporcionou maiores valores de condutividade elétrica, podendo ser atribuído aos nutrientes fornecidos pelos resíduos (Tabela 2). O valor de condutividade elétrica da testemunha IAC mostrou-se intermediário aos tratamentos.

As quantidades de macronutrientes presentes nas mudas de café sofreram alteração em função do tipo e da quantidade do resíduo utilizados para a formação do substrato (Figura 3), podendo determinado resíduo ser fonte de alguns nutrientes para planta, ou favorecer

a disponibilidade de alguns elementos específicos em razão de melhorar certas propriedades químicas do solo, como: pH, CTC e M.O.

Os resíduos Td, T+V e Lixo apresentaram valores significativos e crescentes na absorção do N nas mudas de café (Figura 3) em decorrência dos altos teores de M.O. no substrato dos resíduos T+V e Lixo (Figura 1) e pela presença em suas composições químicas (Tabela 2).

A quantidade de fósforo absorvida pelas mudas de café apresentou efeito crescente para os resíduos LB, Td, T+V e Lixo (Figura 3), em razão principalmente do aumento na M.O., o que, provavelmente, levou ao aumento da complexação do fósforo no substrato, elevando os teores de fósforo orgânico. BERTON et al. (1985), BOARETO et al. (1986) e FAVARETTO et al. (1997), trabalhando com biossólido em solo, encontraram aumento na absorção de fósforo pelas plantas de milho.

Os resíduos Td, T+V e Lixo apresentaram comportamento crescente na quantidade de K na folha das mudas de café (Figura 3). A justificativa para a maior absorção de K no resíduo T+V diz respeito à presença de vinhaça, que é fonte desse nutriente em sua composição (Tabela 2). A maior disponibilidade de K no substrato pelos tratamentos com T+V (Figura 1) favoreceu a maior absorção pelas mudas de café.

Pode-se verificar efeito crescente quanto à quantidade de Ca na folha das mudas de café para todos os resíduos (Figura 3), em razão de esses disponibilizarem altos teores no substrato (Figura 2). O alto teor de Ca e alto valor de pH, em alguns tratamentos, como no resíduo LB, proporcionaram desequilíbrio no fornecimento de Mg.

A concentração de Mg na folha de café apresentou diferença em função das doses aplicadas com comportamento crescente para todos os resíduos (Figura 3), sendo de menor amplitude no LB. Os valores de magnésio absorvidos pelas mudas de café foram favorecidos, principalmente, nos resíduos T+V, Td e Lixo, resultados obtidos em razão da composição química desses materiais (Tabela 2) e de sua maior disponibilidade no substrato pelos mesmos resíduos (Figura 2). A concentração de S nas folhas demonstrou comportamento crescente para Td, T+V e Lixo, não havendo efeito significativo para o LB (Figura 3).

Para massa de matéria seca de folha, houve efeito significativo com comportamento crescente para os resíduos Td, T+V e Lixo (Figura 4). O menor efeito encontrado nos tratamentos com LB podem estar relacionados ao desbalanço nutricional, principalmente na relação (Ca + Mg)/K. Já os resultados de massa de matéria seca de folha dos resíduos Td, T+V e Lixo são explicados por proporcionarem características químicas desejáveis ao desenvolvimento da muda,

principalmente em função do pH e CTC (Figura 1), proporcionando melhores condições para absorção de nutrientes (Figura 3) e, conseqüentemente, maior

desenvolvimento. A testemunha IAC mostrou-se intermediária aos tratamentos em relação à massa de matéria seca de folha.

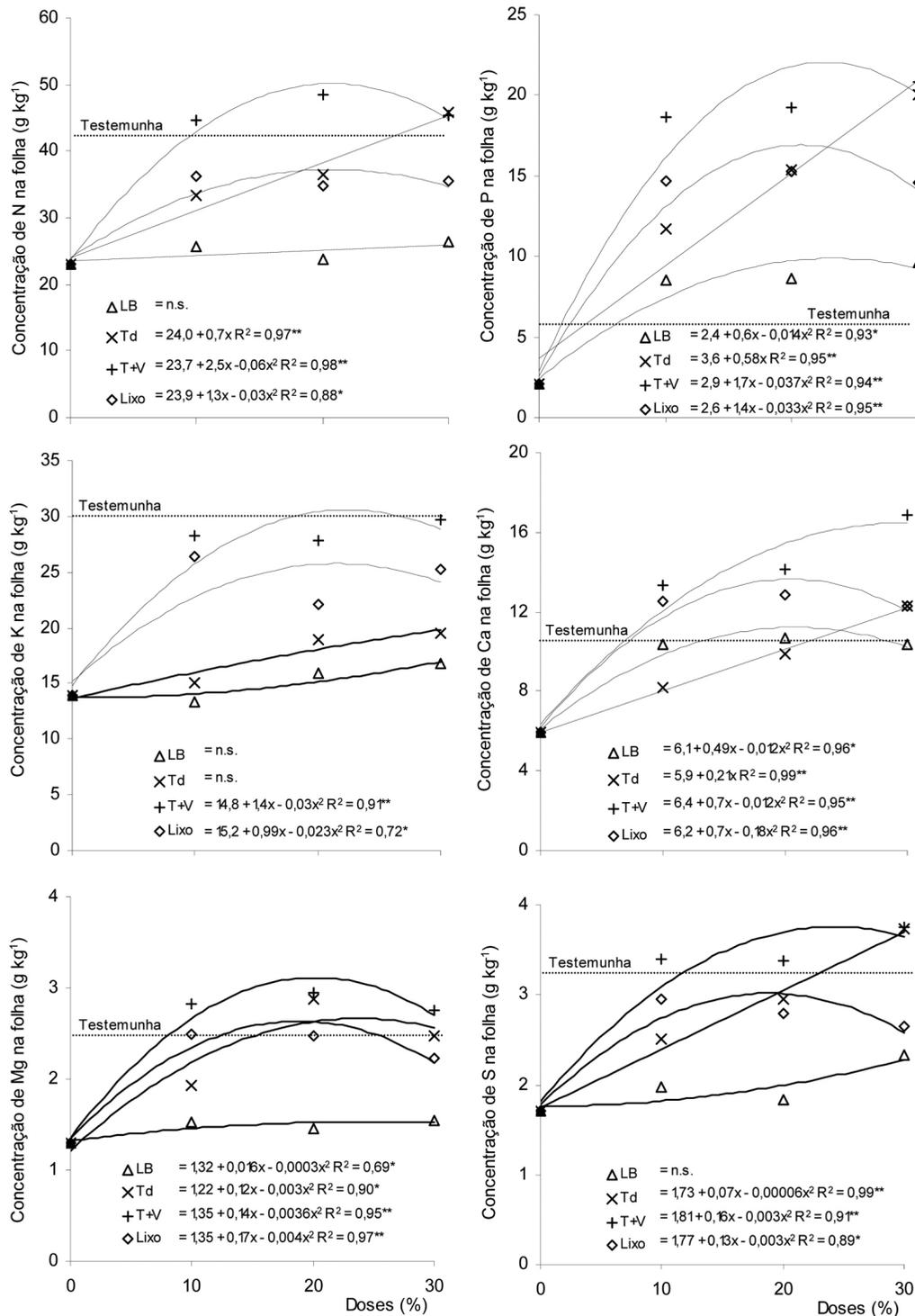


Figura 3 - Concentrações de macronutrientes nas folhas de mudas de café, em função das doses dos resíduos industriais e urbanos.

Figure 3 – Macronutrients concentration in the leaves of coffee seedlings as a function of residues doses.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

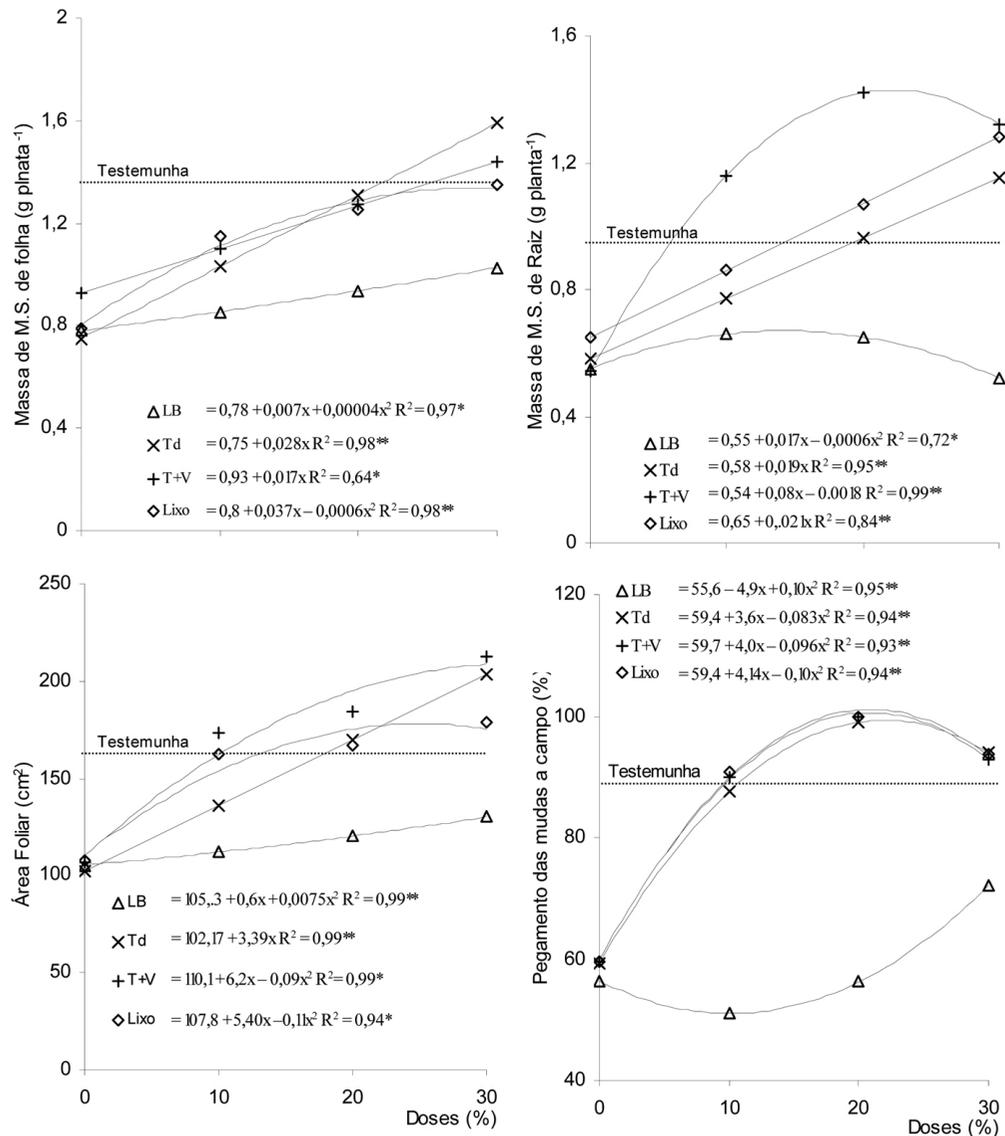


Figura 4 - Massa de matéria seca de folha, de raiz, área foliar e pegamento das mudas a campo, em função das doses dos resíduos industriais e urbanos.

Figure 4 - Dry matter of leaves and roots, leaf area, and seedling establishment in the field as functions of doses of the applied residues.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Para massa de matéria seca de raiz (Figura 4), houve significância com função crescente para Td, T+V e Lixo. As razões para esse comportamento são as mesmas já abordadas para a massa de matéria seca de folha, com ênfase um pouco maior para disponibilidade de Ca e B nas concentrações adequadas no substrato (Figuras 1 e 2), sendo que esses dois elementos fazem parte, de forma direta, no desenvolvimento radicular.

Os resultados menos expressivos de desenvolvimento das mudas de café, encontrados nos tratamentos com LB (Figura 4), podem ser explicados em razão da alta condutividade elétrica, em especial

para os elevados teores de Ca (Figura 2), elevando o potencial osmótico da solução do substrato, diminuindo assim a energia livre da água, o que restringe a absorção de nutrientes (SANTOS & MURAOKA, 1997).

A testemunha IAC, para massa de matéria seca de raiz, mostrou-se intermediária, apresentando valores superiores apenas aos tratamentos que receberam os resíduos LB na dose de 10; 20 e 30%, e Lixo e Td na dose de 10%. O tratamento que apresentou maior valor de massa de matéria seca de raiz, foi o T + V na dose de 20%, e o tratamento que apresentou menor valor, foi o LB na dose de 30%.

Verificou-se diferença com comportamento crescente para variável área foliar nos resíduos Td, T+V e Lixo (Figura 4). A testemunha IAC apresentou-se intermediária aos tratamentos, sendo o T+V na dose de 30% aquele que apresentou maior valor de área foliar.

Os resíduos que podem ser considerados adequados à formação de substrato para mudas de café, em função do pegamento a campo, são Td, T+V e Lixo (Figura 4), sendo as mudas avaliadas durante um período de quatro meses, entre mudas vivas e mortas, a nível de campo. Já o biossólido LB, por apresentar valores inferiores ao desenvolvimento e pegamento das mudas de café a campo, não deve ser utilizado na composição de substratos para mudas de café.

De posse dos melhores resultados do pegamento das mudas de café a campo (Figura 4), foram interpretados os melhores valores para as variáveis da propriedade química do substrato (Figuras 1 e 2), chegando-se aos valores de: pH em CaCl_2 entre 6-7; V% entre 70 a 80%; CTC entre 60 a 100 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; K entre 2,5 a 6 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; P entre 100 e 200 mg dm^{-3} ; M.O. entre 15 e 20 g dm^{-3} ; Ca entre 50 e 100 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg entre 8 e 12 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Zn entre 2 a 3 mg dm^{-3} ; condutividade elétrica entre 50 e 150 (S).

O uso dos resíduos Td, T + V e Lixo, como componente de substrato, pode ser mais uma alternativa viável para uma possível redução econômica de fertilizantes aos viveiristas de café, além de uma disposição final de forma racional e ecológica desses resíduos.

Conclusões

O substrato passa a possuir características químicas distintas, dependendo do resíduo utilizado. Com exceção da terra diatomácea, todos os resíduos atuaram como fornecedores de nutrientes, promovendo, assim, desenvolvimento e pegamento diferenciado em razão dos tratamentos.

Os resíduos que podem ser utilizados para composição de substrato em mudas de café, nas doses empregadas neste trabalho, são o Td, T+V e Lixo, em razão das maiores taxas de pegamento a campo das mudas de café.

Referências

ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; RAIJ, B van.; BATAGLIA, O. C.; ANDRADE, J. C. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-AES determination. **Plant Production Science**, Tokyo, v.1, p.96-103, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Legislação para os padrões legais vigentes para resíduos sólidos** da ABNT, lei NBR 10004, 1987. Disponível em: <http://www.bolsaderesiduos.org.br/normas_01.htm>. Acesso em: 30 maio 2006.

BALLESTERO, S. D.; FORTES NETO, P.; FORTES, N. L. P.; CARNIERI, M.; SANTOS, V. R. C.; KALVALA, F. C. M., Avaliação da produção de CO_2 em composto de lixo com diferentes tempos de fermentação e proporções de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais**. Brasília, 1999. p.46-52.

BATAGLIA, O. C.; BERTON, R. S.; CAMARGO, A. O.; VALADARES, J. M. A. S. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p.277-284, 1983.

BERTON, R.S.; CAMARGO, A.O.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta a aplicação de lodo de esgoto a cinco solos paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.617-624, 1989.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312 p.

BOARETTO, A. E.; NAKAGAWA, J. **Utilização de lodo de esgoto como fertilizante**. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 1986. Relatório Técnico.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CORDELL, C. E.; FILER Jr., T. H. Integrated nursery pest management. In: **Southern Pine Nursery Handbook**. Atlanta, USDA: Forest Service, Southern Region, 1984. p.1-17.

FAVARETTO, N.; DESCHAMPS, C.; MAHO, A. C. X. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e no crescimento e produtividade do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997, **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1997, Rio de Janeiro, p.132-135

FERRO NETO, A. Produção racional de compostos de lixo urbano. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS, URBANOS E FLORESTAIS, 1994, Botucatu. **Trabalhos apresentados**. Botucatu, UNESP, 1994.

FIEST, L. C.; ANDREOLI, C. V.; MACHADO, M. A. M.; CORRÊA, A. R. Influência da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades químicas do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, 1999, Brasília. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1999, Brasília, p. 59-67.

FORTES NETO, P.; CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da aplicação do lodo da indústria de papel e celulose sobre as características químicas e a atividade microbiana do solo e o rendimento da matéria seca do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1999, Brasília, p. 48-52.

GLORIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça como fertilizante. **Boletim Técnico Planalsucar**, v.5, p.5-38, 1983.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substratos, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substrato composto por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.1.069-1.076, 2004.

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas**. A base da produção vegetal em recipientes, Porto Alegre: Gênese, 2000. 312p.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL - LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, 1988. 104p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. A. Efeito de doses de lodo de esgoto sobre a matéria orgânica e a CTC de um latossolo cultivado com cana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.253-254.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T. **Biossólido na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p.289-363.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R.A.; LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre as frações de matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p.449-455, 1994.

PAULA, J. L. de; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim, 100).

SANTOS, R. V.; MURAOKA, T. Interação salinidade e fertilidade do solo. In: CHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**, Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTTELI, H. B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.1-12, 1998.

TRINDADE, A. V.; VILODOSO, C. I. A.; MUCHOVEJ, R. M. C.; COSTA, L. M. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.199-208, 1996

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.) **Biossólido na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. 468p.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil**. U.S. Dept. Agric., 1954. 160p. (Handbook, 60).

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucaliptus e Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.

Recebido em 19-5-2005

Aceito para publicação em 10-9-2006