

QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA EM SOLO COM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO

SUGARCANE TECHNOLOGICAL VARIABLES, PLANT CHEMICAL COMPOSITION, AND SOIL FERTILITY AS INFLUENCED BY SEWAGE SLUDGE

Marcos Omir MARQUES¹; Paulo Affonso BELLINGIERI²; Tadeu Alcides MARQUES³; Thiago Assis Rodrigues NOGUEIRA⁴

1. Professor Adjunto, Departamento de Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Universidade Estadual Paulista - Unesp. omir@fcav.unesp.br; 2. Professor Titular, Departamento de Tecnologia, FCAV/UNESP; 3. Professor Doutor, Universidade do Oeste Paulista, Centro de Ciências Agrárias; 4. Mestrando em Ciência do Solo, FCAV/UNESP, Bolsista Fapesp.

RESUMO: Estudaram-se os efeitos da aplicação de 4 doses de lodo de esgoto (0, 40, 80 e 160 t ha⁻¹, base úmida) aplicadas em área total e incorporadas a 20 cm de profundidade, com dois níveis de fertilização mineral (50 e 100 % da dose recomendada) e um tratamento adicional (condições naturais do solo), sobre a fertilidade do solo (amostras coletadas nas linhas e entrelinhas), teores de macronutrientes e características agro-industriais da cana-de-açúcar (RB72454). O experimento foi conduzido, em condições de campo em área do viveiro experimental da COPLANA (Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba), Guariba-SP, em Argissolo Vermelho, textura média. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2+1, com 3 repetições. O lodo de esgoto proporcionou melhoria nas condições gerais de fertilidade do solo, principalmente pela diminuição da acidez potencial devido aumento nos valores de pH, proporcionalmente ao aumento da dose aplicada. As melhores condições de fertilidade do solo foram encontradas nas entrelinhas sugerindo que a aplicação localizada de lodo de esgoto nas linhas de plantio pode proporcionar melhores resultados quanto ao aproveitamento de nutrientes às plantas. A associação do lodo de esgoto com a adubação mineral, nas condições em que foi conduzido o experimento, permite a economia de metade da adubação mineral recomendada, mantendo-se a produtividade, as características de solo em sua maioria, e as características tecnológicas da cana-de-açúcar. O incremento na dose de lodo de esgoto incorporado ao solo não exerceu qualquer influência sobre as características agroindustriais da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp.; Biossólido. Fertilidade do solo. Variáveis agroindustriais.

INTRODUÇÃO

Toda e qualquer atividade humana resulta na produção de resíduos. Essa produção correlaciona-se diretamente com a densidade demográfica das diferentes regiões. Assim, as maiores produções de resíduos e os maiores problemas com os mesmos ocorrem nos grandes centros urbanos, com destaque para aqueles altamente industrializados.

A remoção dos resíduos sólidos dos esgotos constitui-se em uma prática de saneamento mais usada e promissora para minimizar os efeitos da poluição ambiental. Desta prática resulta um composto organo-mineral, atualmente denominado de lodo de esgoto, cujas características químicas, físicas e biológicas estão ligadas à origem dos dejetos.

Existem vários métodos de descarte para o lodo de esgoto, como lançamento em alto mar, incineração e deposição em aterros sanitários (PEDROZA et al., 2003). Porém o uso agrônomico

tem se mostrado como uma tendência mundial (LOPES et al., 2005). A reciclagem agrícola do lodo de esgoto destaca-se por reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais envolvida na produção de fertilizantes e os custos decorrentes dos insumos agrícolas nos sistemas produtivos. Além disso, diminui o impacto ambiental causado, na medida em que dispensa a adoção de outras opções de destino (NOGUEIRA et al., 2006).

Por apresentar, em sua composição, matéria orgânica e nutrientes de plantas, em níveis apreciáveis, o lodo de esgoto sanitário tem grandes possibilidades de ser utilizado como fertilizante e condicionador do solo, podendo substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais (NASCIMENTO et al., 2004).

A exigência nutricional da cultura a ser instalada determina a quantidade de lodo de esgoto que deve ser usada. A aplicação de lodo de esgoto nas diversas culturas tem sido estudada, demonstrando que a cana-de-açúcar é uma das alternativas mais adequadas (MARQUES, 1990 e

SILVA, 1995), especialmente para o Estado de São Paulo. Silva et al. (2001) verificou que o lodo de esgoto aumenta a fertilidade do solo pela diminuição da acidez e fornecimento de nutrientes para a cultura de cana-de-açúcar. Silva et al. (1998) encontraram aumentos na produtividade da cana-de-açúcar quando aplicaram 30 t ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Em países industrializados, o lodo de esgoto é usado como fertilizante alternativo há muito tempo, e por este motivo foram realizadas muitas pesquisas sobre os efeitos deste resíduo no solo. Entretanto, os resultados, que geralmente são obtidos em solos de clima temperado, dificilmente podem ser extrapolados para os solos ácidos de clima tropical.

Portanto, com o presente estudo, objetivou-se estudar os efeitos decorrentes da incorporação de lodo de esgoto, em solo cultivado com cana-de-açúcar, sobre sua fertilidade, além dos efeitos na composição química e variáveis agroindustriais da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área do viveiro experimental da COPLANA (Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba), Município de Guariba/SP, cujo clima é o mesotérmico de inverno seco (Cwa) definido pelo critério de classificação climática de Köppen. O solo em que foi conduzido o experimento é classificado como ARGISSOLO VERMELHO, textura média (EMBRAPA, 1999).

Realizou-se calagem em área total, baseada em análise de fertilidade prévia do solo, visando elevação da saturação por bases a 70%, segundo recomendação de Spironello (1996), utilizando-se calcário calcinado (PRNT = 130). Novamente, por ocasião da instalação do experimento procedeu-se à amostragem do solo para análise de fertilidade (RAIJ; QUAGGIO, 1983), micronutrientes e metais pesados (LAGERWERFF et al., 1977) obtidos através da leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. Os resultados obtidos da análise química foram: pH em CaCl₂ = 5,7; Matéria Orgânica (M.O.) = 19 g dm⁻³; P resina = 14 mg dm⁻³; K = 0,8; Ca = 18,6; Mg = 13,3; H+Al = 20; SB = 33; T = 53, todos expressos em mmol_cdm⁻³; e V = 62,1%; Zn = 3,02; Mn = 34,22; Fe = 722,21; Cu = 2,35; Cr = 1,89 e Pb = 2,73, todos expressos em mg dm⁻³.

O lodo de esgoto utilizado foi fornecido pela Estação de Tratamento de Águas de Suzano (SABESP), São Paulo. Antes da instalação do

experimento, procedeu-se à coleta de amostras do lodo que, uma vez reunidas, deram origem a uma amostra composta na qual foram quantificados a umidade e as concentrações de macro, micronutrientes e metais pesados. Para a determinação dos elementos mencionados, procedeu-se à secagem do lodo, ao ar, e em estufa com circulação e renovação forçada de ar, a 60-70°C, até massa constante. Em seguida, o material peneirado (2 mm) e homogeneizado para que fosse feita a extração (LOON, 1985) e no extrato obtido foram quantificados, por espectrofotometria de absorção atômica, os teores de K, Ca, Mg, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn. Os teores de P e S foram avaliados, neste mesmo extrato por fotocolorimetria e turbidimetria, respectivamente. Procedeu-se à digestão sulfúrica do material e, no extrato obtido realizou-se a determinação dos teores de N-total conforme a metodologia proposta por AOAC (1985). Os valores encontrados foram: N = 5,5; P = 3,5; K = 3,8; Ca = 42,3; Mg = 7,1; S = 7 g kg⁻¹; Zn = 1,125; Mn = 14; Fe = 44,450; Cu = 625; Cr = 579; Cd = 8; Ni = 346 e Pb = 217, todos expressos em mg kg⁻¹ de matéria seca. A umidade encontrada no lodo foi de 75 %.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo os tratamentos um fatorial 4x2+1, com três repetições. As quatro doses de lodo de esgoto foram: 0, 40, 80 e 160 t ha⁻¹, base úmida; e os dois níveis de fertilização mineral: 50 e 100 % da dose recomendada por Spironello (1996), constituindo no plantio 100, 330 e 140 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente e 300 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 70 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em cobertura, para o nível 100 % da dose recomendada, aplicadas no sulco de plantio e ao lado da linha de cana (cobertura). O tratamento adicional testemunha correspondeu ao solo em suas condições naturais.

O preparo do solo consistiu em uma aração e duas gradagens. Cada parcela foi constituída de cinco linhas espaçadas de 1,40 m, com 5 m de comprimento, totalizando 35 m² ou 25 metros lineares por parcela. O lodo de esgoto foi aplicado manualmente em área total, nas parcelas, e incorporado com enxada rotativa na camada 0-20 cm de profundidade. Realizou-se a abertura dos sulcos e em seguida procedeu-se à fertilização mineral, de acordo com os tratamentos. O plantio da cana-de-açúcar, variedade RB72454, foi realizado em novembro de 2003. Durante a condução do experimento procedeu-se aos tratos culturais normais recomendados para a cana-de-açúcar.

Quando atingido o ponto ideal de colheita (Setembro de 2004), cinco colmos de cada uma das três linhas centrais de cada parcela foram coletados e pesados. Para essa coleta desprezou-se um metro de cada uma das extremidades das parcelas experimentais. Assim, de cada parcela, foi coletado o total de 15 colmos.

No laboratório os colmos amostrados foram pesados, despontados e passados desintegrador marca Codistil, específico para cana-de-açúcar. Na cana desintegrada foram analisadas sacarose aparente ("Pol"), sólidos solúveis ("Brix"), Umidade (TANIMOTO, 1964), Açúcares Redutores (LANE; EYNON, 1984; TANIMOTO, 1964), Cinzas Condutimétricas (COPERSUCAR, 1980), teores de macronutrientes no caldo extraído, no colmo e nas folhas (folhas secas + folhas verdes). (AOAC, 1970; SARRUGE; HAAG, 1974).

Dos ponteiros, foram removidas as folhas e palhas, obtendo-se o palmito da cana. O mesmo foi acondicionado em estufa com circulação e remoção forçada de ar, até peso constante, e submetido às determinações dos teores de macronutrientes (AOAC, 1970; SARRUGE; HAAG, 1974).

Aos pesos dos colmos das amostras coletadas somaram-se os respectivos pesos dos demais colmos da área útil das parcelas experimentais, sendo o peso total de colmos utilizado para o cálculo da produtividade.

No momento da colheita, procedeu-se às amostragens de solo na camada 0-20 cm de profundidade. Para tanto, utilizou-se de trado tipo

holandês para a realização de quatro amostragens em cada uma das três linhas e nas duas entrelinhas centrais de cada parcela, totalizando 20 amostras por parcela. As amostras das linhas e entrelinhas foram acondicionadas separadamente. As amostras de solo, após secagem ao ar e peneiragem (malha = 2,0 mm) foram analisadas quanto à fertilidade, de acordo com a metodologia proposta por (RAIJ; QUAGGIO, 1983).

Para a análise de variância procedeu-se à realização do teste F. Para a comparação de médias, os resultados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as variáveis que apresentaram significância para efeito de doses de lodo, utilizou-se regressão polinomial (GOMES, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades químicas do solo

Os maiores valores de pH e teores de P, Ca, Mg, SB, T e V% na linha e na entrelinha foram encontrados quando foram aplicadas as maiores doses de lodo de esgoto diferindo significativamente dos tratamentos sem aplicação do resíduo (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Atributos químicos do solo, avaliados em amostras coletadas nas linhas de plantio, ao final do experimento, em função dos tratamentos realizados e variáveis estatísticas.

Lodo ^{1/} (t ha ⁻¹)	P-resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %
0	31,00c	24,0	5,73c	0,8b	15,0c	12,1b	14,8a	31,3c	46,2b	66,02c
40	50,50b	24,5	6,15b	1,0a	38,3b	15,4ab	13,7ab	47,0bc	60,7b	76,42b
80	60,00b	24,7	6,25b	1,0a	37,4b	15,5ab	12,5bc	49,7b	62,2b	79,48ab
160	98,17a	26,0	6,78a	0,9ab	62,1a	19,1a	11,5c	81,8a	93,3a	87,43a
Teste F	62,07**	2,82 ^{NS}	22,83**	4,73*	45,77**	6,30**	10,75**	24,14**	21,53**	16,55**
Fertilização mineral										
50%	56,17	24,8	6,22	0,9	37,6	15,7	13,2	52,8	65,9	77,11
100%	63,67	24,8	6,23	0,9	38,8	15,3	13,1	52,2	65,2	77,57
Teste F	4,39 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,36 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Test.	11,00	25,0	5,97	0,7	17,0	17,1	14,3	40,7	55,0	71,33
C.V. (%)	16,1	5,0	3,6	15,3	19,4	17,9	8,1	20,6	16,3	7,0

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. **, * e ^{NS} Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente. Test. - Testemunha. M.O. - Matéria Orgânica. SB - Soma de Bases. CTC - Capacidade de Troca de Cátions. V - Saturação por bases. ^{1/}Base úmida (Umidade 75 %).

Tabela 2. Atributos químicos do solo, avaliados em amostras coletadas nas entrelinhas, ao final do experimento, em função dos tratamentos realizados e variáveis estatísticas.

Lodo ^{1/} (t ha ⁻¹)	P-resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
				mmol _c dm ⁻³						%
0	10,67c	26,0b	6,12c	0,4	21,5c	13,3c	14,0a	32,5c	49,3c	73,05b
40	87,33b	27,7ab	6,83b	0,4	68,2b	20,2b	10,7b	99,0b	109,3b	88,45a
80	92,17b	28,0ab	6,97ab	0,5	75,2b	20,8b	10,3b	114,0b	105,8b	90,77a
160	170,50a	30,7a	7,20a	0,4	164,9a	36,7a	9,7b	200,8a	210,2a	93,85a
Teste F	606,64**	6,50**	37,53**	1,73 ^{NS}	465,50**	62,09**	28,52**	347,26**	280,28**	40,05**
Fertilização mineral										
50%	90,67	27,9	6,75	0,4	78,9b	23,4	11,3	110,8	112,8b	86,22
100%	89,67	28,2	6,81	0,4	86,0a	22,0	11,0	112,4	124,6a	86,84
Teste F	0,14 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,59 ^{NS}	2,37 ^{NS}	6,41*	1,28 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,20 ^{NS}	8,77**	0,18 ^{NS}
Test.	22,67	26,3	6,27	0,8	24,9	15,5	12,0	37,7	56,0	77,97
C.V. (%)	7,8	6,6	2,8	20,9	8,9	14,0	7,9	8,8	8,7	4,2

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. **, * e ^{NS} Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente. Test. - Testemunha. M.O. - Matéria Orgânica. SB - Soma de Bases. CTC - Capacidade de Troca de Cátions. V - Saturação por bases. ^{1/} Base úmida (Umidade 75 %).

Os teores de potássio tiveram pequeno acréscimo na linha e mantiveram constantes na entrelinha, possivelmente pela aplicação do fertilizante mineral no sulco de plantio e ao lado das linhas e pelas pequenas quantidades fornecidas pelo lodo de esgoto (ALGUZ, 1993). Este fato pode estar relacionado à aplicação de lodo de esgoto, em área total, com teores muito baixos de potássio, promovendo aumento da atividade microbiana que, diante da necessidade do elemento, poderá incorporá-lo, promovendo redução dos teores disponíveis no solo. Outro aspecto a ser mencionado é que o potássio, por ser solúvel em água, é lixiviado, no solo, com facilidade, o que também justificaria os resultados apresentados. Além disso, essa região do solo, embora em menor proporção, poderia ser explorada pelo sistema radicular das plantas.

Os teores de cálcio e magnésio no solo apresentavam-se altos mesmo antes da aplicação dos tratamentos (RAIJ et al., 1996).

Verifica-se aumento nos teores de fósforo no solo com a aplicação do lodo de esgoto (WARMAN, 1986; DIAS, 1994). Segundo Mello (1980) este aumento é devido a adição de material orgânico ao solo que promove aumento na disponibilidade do fósforo pela liberação do fósforo orgânico durante o processo de mineralização, dissolução de fosfatos insolúveis em água pela ação de ácidos carbônicos, provenientes da decomposição de material orgânico, formação de

complexos fosfo-húmicos facilmente assimiláveis, formação de fosfatos orgânicos mais fracamente retidos no solo, revestimento superficial das partículas de argila, evitando contato direto das mesmas com o fosfato.

A comparação dos teores de fósforo nas linhas e entrelinhas (Tabelas 1 e 2) evidencia que, nas entrelinhas, após um ano da instalação do experimento, os níveis de fósforo eram maiores. Esses resultados são coerentes, na medida em que o fósforo, para ser absorvido, necessita estabelecer contato com as raízes, sendo esse fenômeno é favorecido pelo deslocamento do elemento no solo no processo de difusão. Aliás, esses fatos são responsáveis pela a recomendação de que esse nutriente seja aplicado de forma localizada, próximo ao sistema radicular das plantas (MALAVOLTA, 1980).

Quanto ao pH do solo, os valores encontrados na linha de plantio foram sempre menores que os encontrados nas entrelinhas, devido efeito acidificante na linha pelos fertilizantes minerais, principalmente o sulfato de amônio (OSAKI, 1991). Nos tratamentos que receberam lodo de esgoto encontraram-se os maiores teores de bases trocáveis e de valores de pH que consequentemente diminuíram a acidez potencial (H+Al) devido a insolubilização do alumínio tóxico, assim constatando o efeito benéfico do lodo de esgoto no sentido de correção de acidez (SILVA et

al., 1998) e fornecimento de bases trocáveis (DIAS, 1994).

Porém, Warman (1986) empregando doses entre 150 e 300 t ha⁻¹ de lodo de esgoto digerido aerobicamente, base úmida, verificou a inexistência de efeitos consistentes do lodo de esgoto, tanto em solo argiloso como em solo arenoso, sobre o pH do solo.

No que se refere à matéria orgânica no solo em amostras coletadas nas linhas de plantio, verifica-se que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, inclusive do tratamento adicional, indicando que o período de condução do experimento (um ano) foi suficiente para a decomposição da matéria orgânica (DIAS, 1994; OLIVEIRA, 1995). Nas entrelinhas os teores de matéria orgânica foram maiores nas parcelas que receberam 160 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, diferindo das parcelas que não receberam lodo de esgoto.

Nas características químicas analisadas não foi encontrada diferença entre os níveis de fertilização empregados, podendo ser usada metade da dose dos fertilizantes, assim reduzindo a quantidade de fertilizantes minerais e o custo de produção da cultura.

Na Tabela 3 são apresentadas as equações de regressão que melhor se ajustam às relações entre variáveis do solo e doses de lodo de esgoto, nas linhas e entrelinhas. Nas linhas, observa-se que, exceto para o potássio, as demais variáveis apresentam melhor ajuste ao modelo linear ($P < 0,01$). Dessas, tanto na linha quanto na entrelinha, a única variável que estabelece correlação negativa com as doses de lodo é a acidez potencial. Quanto aos teores de potássio na linha, observa-se que os maiores valores ocorrem com a dose de 88,69 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, tendo como melhor ajuste o modelo quadrático ($P < 0,05$). Esses resultados são coerentes na medida em que o lodo empregado nesse trabalho e lodos de esgoto de maneira geral (NOGUEIRA et al., 2006; SILVA et al., 2001) apresenta pouco potássio em sua composição. Dessa forma, os valores encontrados são decorrentes, principalmente, da fertilização mineral realizada (MELO; MARQUES; MELO, 2002), demonstrando, de forma nítida, que a maior dose foi incapaz de promover elevação da concentração de potássio no solo além dos valores obtidos com a dose de 80 t ha⁻¹.

Tabela 3. Equações de regressão que melhor se ajustam às relações entre as variáveis de solo (y) e as doses de lodo aplicadas (x), em amostras coletadas nas linhas e entrelinhas, ao final do experimento.

Variável	Teste F	Equação	R ²
Linha			
P-resina (mg dm ⁻³)	150,47**	Y= 31,33 + 0,411x	0,99
pH (CaCl ₂)	26,52**	Y= 5,80 + 0,0063x	0,97
K (mmol _c dm ⁻³)	10,65*	Y= 0,8 + 0,00613x - 0,00003456x ²	1,00
Ca (mmol _c dm ⁻³)	155,00**	Y= 19,4 + 0,269x	0,91
Mg (mmol _c dm ⁻³)	16,04**	Y= 12,6 + 0,0407x	0,93
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	13,57*	Y= 14,8 - 0,01857x	0,97
Soma de Bases (mmol _c dm ⁻³)	69,49**	Y= 31,4 + 0,3014x	0,96
T (mmol _c dm ⁻³)	67,13**	Y= 45,8 + 0,2826x	0,95
Saturação por Bases (%)	24,32**	Y= 68,57 + 0,125x	0,93
Entrelinha			
P-resina (mg dm ⁻³)	93,49**	Y= 11,00 + 3,418x - 0,045x ² + 0,000187x ³	1,00
Matéria Orgânica (g dm ⁻³)	19,57**	Y= 26,3 + 0,02619x	0,97
pH (CaCl ₂)	36,57**	Y= 6,38 + 0,005881x	0,76
Ca (mmol _c dm ⁻³)	47,90**	Y= 21,5 + 2,07x - 0,0276x ² + 0,000127x ³	1,00
Mg (mmol _c dm ⁻³)	79,95**	Y= 12,9 + 0,141x	0,95
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	33,60**	Y= 12,9 - 0,02309x	0,69
Soma de Bases (mmol _c dm ⁻³)	463,69**	Y= 41,9 + 0,9962x	0,97
CTC (mmol _c dm ⁻³)	32,67**	Y= 49,3 + 2,92x - 0,04331x ² + 0,000196x ³	1,00
Saturação por Bases (%)	35,21**	Y= 78,61 + 0,113x	0,70

** Significativo a 1 % de probabilidade. CTC - Capacidade de Troca de Cátions

Para as amostras coletadas nas entrelinhas, os teores de P, Ca e T, em relação às doses de lodo, se ajustam melhor ao modelo cúbico. De outra forma, as demais variáveis se ajustam ao modelo linear, sendo que Matéria Orgânica, pH, Mg, Soma de bases e Saturação por bases estabelecem correlação positiva com as doses de lodo de esgoto. Exceto para o pH, esses resultados corroboram com Simonete et al. (2003). Contudo, Berton et al. (1997), Sloan e Basta (1995) e Silva et al. (2001) constataram acréscimo nos valores de pH com a adição do lodo de esgoto (Tabelas 1 e 2).

Teores de nutrientes encontrados nas plantas ao final do experimento

Os teores de N no caldo, nas folhas e no palmito não sofreram qualquer influência das doses de lodo de esgoto. A redução em 50 % da adubação

mineral também não exerceu qualquer efeito sobre estas mesmas variáveis. De outra forma, verifica-se que a dose 160 t ha⁻¹ de lodo de esgoto proporcionou os maiores teores de N nos colmos. Para este elemento, aplicando-se a metade da dose recomendada, resultou em efeito significativo, fazendo com que os teores no colmo fossem reduzidos.

De maneira geral, os teores de N em todas as partes analisadas das plantas de cana não apresentaram variações significativas, em função dos tratamentos realizados, mesmo quando comparados com o tratamento testemunha (Tabelas 4 e 5). Os teores variando de 48,96 a 66,76 mg de N por 100 mL de caldo estão próximos aos obtidos por Spencer e Meade (1963) e inferiores aos de Marques (1990) e Silva (1995). Os valores encontrados no colmo estão abaixo do nível crítico de 0,25% (HUMBERT, 1984).

Tabela 4. Macronutrientes no caldo (N - mg 100mL⁻¹; P, K, Ca e Mg - g kg⁻¹) e colmo (g kg⁻¹) de cana-de-açúcar ao final do experimento de acordo com os tratamentos testados e variáveis estatísticas.

Lodo ^{1/} (t ha ⁻¹)	Caldo					Colmo				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
0	55,08ab	0,1	0,7	0,3	0,30	1,3c	0,3b	4,8ab	1,3ab	1,5b
40	51,67b	0,1	0,6	0,3	0,32	1,6b	0,3b	3,9c	0,6c	1,6ab
80	56,79ab	0,1	0,8	0,3	0,32	1,6b	0,3b	5,5a	1,0bc	1,7ab
160	66,76a	0,1	0,7	0,4	0,33	2,2a	0,4a	4,4bc	1,7a	1,8a
Teste F	3,99*	1,97 ^{NS}	1,05 ^{NS}	2,01 ^{NS}	2,29 ^{NS}	69,83**	5,93**	11,32**	21,53**	4,08*
Fertilização mineral										
50%	57,93	0,1	0,7	0,3	0,30	1,6b	0,3	4,4b	1,4a	1,6
100 %	57,22	0,1	0,8	0,3	0,30	1,8a	0,3	4,8a	0,9b	1,6
Teste F	0,05 ^{NS}	1,60 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,08 ^{NS}	13,55**	0,79 ^{NS}	4,93*	27,61	0,92 ^{NS}
Test.	48,96	0,1	0,6	0,3	0,28	1,6	0,3	4,4	0,6	1,6
CV (%)	14,0	15,0	17,5	16,2	6,8	6,9	13,2	10,8	22,4	7,8

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. **, * e ^{NS} Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente. Test - Testemunha. ^{1/} Base úmida (Umidade 75 %).

Tabela 5. Macronutrientes em folhas e em palmitos (g kg⁻¹) de cana-de-açúcar, ao final do experimento, em função dos tratamentos testados e variáveis estatísticas.

Lodo ^{1/} (t ha ⁻¹)	Folhas					Palmito				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
0	8,2	0,6b	16,0ab	6,9b	3,8ab	5,6b	0,5b	17,2	5,1a	7,7
40	7,5	0,4c	13,4b	8,6a	4,5a	6,9ab	0,5b	17,0	3,9b	7,3
80	8,2	0,7a	17,3a	6,9b	3,3b	6,1ab	0,5b	18,4	4,5ab	7,3
160	7,0	0,5bc	15,1ab	7,7ab	4,2a	7,7a	0,7a	16,9	4,8ab	7,7
Teste F	1,43 ^{NS}	19,83**	5,10*	8,43**	7,23**	4,91*	18,12**	0,64 ^{NS}	3,95*	0,65 ^{NS}
Fertilização mineral										
50%	7,7	0,6	15,5	7,5	4,2	6,9	0,5	16,6	4,9a	7,2b
100 %	7,7	0,5	15,4	7,6	3,8	6,2	0,6	18,2	4,2b	7,8a
Teste F	0,01 ^{NS}	5,07*	0,01 ^{NS}	0,16 ^{NS}	3,94 ^{NS}	3,13 ^{NS}	0,84 ^{NS}	3,35 ^{NS}	8,10*	4,60*
Test.	8,3	0,5	12,5	5,6	4,6	6,5	0,6	23,6	4,4	8,0
CV (%)	16,0	12,4	11,7	9,1	11,7	15,7	12,2	12,2	13,6	9,2

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. **, * e ^{NS} Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente. Test. - Testemunha. ^{1/} Base úmida (Umidade 75 %).

Dias (1994) aplicando 30 e 60 t ha⁻¹ lodo de esgoto, e comparando com a adubação mineral, concluiu que o lodo de esgoto, através da mineralização, liberou nutrientes (N, K e Ca) os quais foram absorvidos pelas plantas, apresentando valores superiores ao tratamento com fertilização mineral.

Para teores de fósforo presentes nos caldos, nos colmos, nas folhas e nos palmitos (Tabelas 4 e 5), observa-se que as médias correspondentes às doses de lodo de esgoto, exceto nos caldos, apresentaram diferenças significativas entre si. À exceção do caldo e folhas, a dose de 160 t ha⁻¹ de lodo de esgoto proporcionou maiores teores do que as demais.

Quanto ao fósforo presente nos colmos, o tratamento adicional não apresentou diferenças significativas em relação aos demais tratamentos. Também da adubação mineral não mostrou diferenças significativas para os teores de P em todas as partes das plantas analisadas. Uma possível explicação seria em função dos altos teores de P no solo (Tabelas 1 e 2), que resultaria em menor possibilidade de resposta ao nutriente (RAIJ et al. 1996). Para obter-se uma boa clarificação do caldo, no processo de produção do açúcar, faz-se necessário que os teores de fósforo permaneçam entre 120 e 260 mg L⁻¹ (HUGOT, 1977). Os teores no caldo, encontrados neste trabalho, são inferiores aos encontrados por Sharma et al. (1981), Marques (1990) e Silva (1995). No colmo os teores encontrados variam de 0,3 a 0,4 g kg⁻¹. Esses valores são inferiores aos encontrados Haag et al. (1980) e Humbert (1984), sendo que este último considera o valor 0,4 g kg⁻¹ como o nível crítico do elemento nos internódios 8-10 da cana-de-açúcar.

As diferentes doses de lodo de esgoto não causaram alterações significativas nos teores de potássio, tanto no caldo quanto no palmito. Já nas folhas e nos colmos, existem diferenças significativas, entretanto não se observa qualquer tendência de aumento nos teores frente às doses crescentes de lodo de esgoto. Assim, pode-se inferir que o fornecimento às plantas teria sido conseqüência da adubação mineral.

Nas comparações do tratamento testemunha com os demais tratamentos, não se detectou qualquer diferença significativa (caldo e colmo). A mesma comparação, nas folhas e palmitos, indica que, as parcelas correspondentes ao tratamento testemunha apresentaram valores inferiores, no caso das folhas, e superiores às doses

de lodo de esgoto para os teores de potássio no palmito. A adubação mineral influenciou os teores de K nos colmos, sendo que a maior dose proporcionou os maiores teores. Observa-se ainda que, os níveis de potássio encontrados nas folhas e no palmito foram superiores àqueles do caldo e colmos, pois esse elemento é extremamente móvel no interior da planta, e tende a se acumular em locais em que o metabolismo é mais intenso.

Os teores de potássio no caldo são concordantes aos encontrados por Sharma et al. (1981) e atende às necessidades das leveduras alcoólicas durante o processo fermentativo (AMORIM, 1985). Porém são inferiores aos citados por Marques (1990) e Silva (1995). Quanto aos teores de potássio nos colmos, estes são superiores aos encontrados por Haag et al. (1980) e inferiores ao nível crítico proposto por Humbert (1984).

Para cálcio e magnésio, os teores encontrados no caldo, folhas, colmo e palmito não apresentaram qualquer correlação frente ao uso das doses crescentes de lodo de esgoto e da adubação mineral empregada, o que dificulta uma conclusão sobre o comportamento destes nutrientes, apesar de serem evidentes as diferenças entre os tratamentos.

Os teores encontrados para cálcio e magnésio nas folhas são concordantes com Zambello Junior e Orlando Filho (1979) e classificados como normais por Humbert (1984). No que se refere ao colmo, os teores encontrados são superiores aos encontrados por Orlando Filho (1983) e Primavesi et al. (1992), embora possam ser considerados normais, segundo a classificação de Humbert (1984).

Na Tabela 6 estão relacionadas às equações obtidas por análise de regressão para as variáveis analisadas nas plantas, cujas análises de variância apresentaram valores significativos. Verifica-se que os teores de N no caldo e palmito, além de P e Mg no colmo apresentam melhor ajuste ao modelo linear. Silva et al. (1998) estudando a exportação de P, K, Ca e Mg na colheita da parte aérea da cana-de-açúcar, verificaram ajuste linear para todos nutrientes analisados. De outra forma, os teores de Ca no colmo e P no palmito melhor se correlacionam com as doses de lodo por modelos quadráticos. Para as demais variáveis (N e K no colmo; P, K, Ca e Mg nas folhas e Ca no palmito) as correlações se adequam aos modelos cúbicos.

Tabela 6. Equações de regressão que melhor se ajustam às relações entre as variáveis medidas em caldo, colmo, folhas e palmito de cana-de-açúcar (y) e as doses de lodo aplicadas (x), em amostras coletadas ao final do experimento.

Variável	Teste F	Equação	R ²
Caldo			
N (mg 100 mL ⁻¹)	6,23*	Y= 51,72 + 0,08356x	0,78
Colmo			
N (g kg ⁻¹)	142,88**	Y= 1,3 + 0,0198x - 0,000318x ² + 0,0000014x ³	0,89
P (g kg ⁻¹)	7,79*	Y= 0,285 + 0,000459x	0,63
K (g kg ⁻¹)	25,67**	Y= 4,7 - 0,0746x + 0,00164x ² - 0,0000074x ³	1,00
Ca (g kg ⁻¹)	25,90**	Y= 1,2 - 0,0136x + 0,000103x ²	0,82
Mg (g kg ⁻¹)	7,58*	Y= 1,5 + 0,00169x	0,98
Folhas			
P (g kg ⁻¹)	21,63**	Y= 0,57 - 0,013x + 0,0003x ² - 0,0000014x ³	1,00
K (g kg ⁻¹)	16,57**	Y= 16,00 - 0,208x + 0,00436x ² - 0,00000193x ³	1,00
Ca (g kg ⁻¹)	23,54**	Y= 6,9 + 0,116x - 0,00222x ² + 0,00000953x ³	1,00
Mg (g kg ⁻¹)	8,31*	Y= 3,3 + 0,081x - 0,00158x ² + 0,0000069x ³	1,00
Palmito			
N (g kg ⁻¹)	27,40**	Y= 5,5 + 0,0133x	0,70
P (g kg ⁻¹)	33,26**	Y= 0,529 - 0,00125x + 0,0000215x ²	1,00
Ca (g kg ⁻¹)	9,54*	Y= 5,1 - 0,064x + 0,00104x ² - 0,00000406x ³	1,00

* e ** Significativos (P < 0,05 e 0,01, respectivamente).

Variáveis Agroindustriais

A análise dos resultados de produtividade, cinzas, Brix, Pol e pureza % caldo, Pol e fibra % cana para os diferentes tratamentos (Tabela 7), permite-nos inferir que a incorporação do lodo de esgoto ao solo, por ocasião do plantio da cana, não exerceu qualquer influência sobre as variáveis agroindustriais acima citadas, mesmo quando se usou a maior dose de lodo de esgoto. O mesmo fato é verificado quando esta análise é feita levando-se em consideração as fertilizações minerais empregadas (50 e 100 % da dose recomendada). Resultados similares foram encontrados por Marques (1990), em experimento que procurou verificar o efeito da aplicação de lodo de esgoto (4, 8, 16 e 32 t ha⁻¹) na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar, porém Silva et al. (1998) encontrou aumento na produtividade quando empregou 30 t ha⁻¹.

Tabela 7. Variáveis agroindustriais de cana-de-açúcar, variedade RB72454, de acordo com os tratamentos testados e variáveis estatísticas.

Lodo ^{1/}	Produtividade	Cinzas	Brix	Pol	Pureza	A.R.	Fibra	Pol
t ha ⁻¹	% caldo				% cana			
0	133,97	0,47	23,08	20,25	87,73	1,25	13,44	16,72
40	134,52	0,49	23,15	20,16	86,79	1,30	14,11	16,40
80	135,32	0,50	23,13	20,10	87,14	1,18	12,76	16,84
160	142,06	0,52	22,67	19,68	86,80	1,10	13,30	16,28
Teste F	0,52 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,89 ^{NS}	1,55 ^{NS}	0,95 ^{NS}	2,76 ^{NS}	1,73 ^{NS}
Fertilização mineral								
50%	137,90	0,50	23,14	20,17	87,15	1,17	13,70	16,58
100 %	135,04	0,49	22,88	19,92	87,08	1,25	13,11	16,54
Teste F	0,30 ^{NS}	0,00 ^{NS}	1,01 ^{NS}	0,89 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,89 ^{NS}	3,09 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Test.	132,54	0,47	22,77	20,14	88,50	1,04	13,93	16,50
CV (%)	9,4	12,6	2,8	3,3	1,0	18,1	6,1	2,9

NS - Não significativo. Test - Testemunha. A.R. - Açúcares Redutores. ^{1/} Base úmida (Umidade 75 %).

Para outras culturas, pesquisadores verificaram que o crescimento vegetativo e produção de grãos das plantas cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto eram iguais ou superiores aos das mesmas plantas adubadas com fertilizantes minerais, nas doses convencionais (LOPES et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2006; SIMONETE et al., 2003), mesmo quando empregando doses de lodo de esgoto de 300 t ha⁻¹, em um período de quatro anos (HINESLY; JONES; ZIEGLER, 1972).

A comparação dos tratamentos que compõe o fatorial com o tratamento adicional, mostrou a existência de diferenças apenas para os valores correspondentes à pureza do caldo (F = 6,80, P < 0,01), em que a não aplicação, de lodo de esgoto e de fertilizantes minerais resultou em valores mais elevados.

CONCLUSÕES

A incorporação do lodo de esgoto proporcionou melhoria nas condições gerais de fertilidade do solo, principalmente pela diminuição da acidez potencial devido aumento nos valores de pH, proporcionalmente à dose aplicada.

As melhores condições de fertilidade do solo encontradas nas entrelinhas sugerem que a aplicação do lodo de esgoto localizado nas linhas de plantio pode proporcionar melhores resultados quanto ao aproveitamento de nutrientes às plantas.

A associação do lodo de esgoto com a adubação mineral, nas condições em que foi conduzido o experimento, permite a economia de metade da adubação mineral recomendada, mantendo-se a produtividade, as características de solo, em sua maioria, e as características tecnológicas da cana-de-açúcar.

O incremento na dose de lodo de esgoto incorporado ao solo não exerceu qualquer influência sobre as características agro-industriais da cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SABESP – Suzano/SP, pelo fornecimento do lodo de esgoto utilizado e a COPLANA (Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba), Município de Guariba/SP, cujo local foi cedido para realização deste experimento.

ABSTRACT: Four sewage sludge doses (0, 40, 80 e 160 t ha⁻¹, in humid base), sprayed in total area and incorporated at 0-20 cm depth, two mineral fertilization levels (50 and 100 % of recommended mineral fertilization) were combined. Besides the resulting treatments, an additional Control Treatment (no fertilizer) was also tested with the objective to evaluate the sewage sludge effects in quality and sugarcane chemical composition, besides soil fertility. The sugarcane variety was RB72454. The experiment installation and conduction were in a field conditions, at Guariba County, São Paulo state, Brazil. The soil was a Red Argisol, middle texture. The experimental design was a randomized blocks with three replications, totalizing 27 experimental plots. To statistical analysis [Variance analysis and Tukey test (P < 0.05)], the results were organized in a factorial scheme (4x2) plus an additional control treatment. The chemical analysis of soil samples collected in lines and between-lines, one year after beginning of the experiment, showed general soil fertility condition increased mainly by potential acidity reduction and pH increasing proportionally to the sewage sludge rates. The best soil fertility conditions were in soil samples from between lines. This fact suggest that sewage sludge localized application can be draw good results when is considered nutrients uptake efficiency by plants. The association of sewage sludge with mineral fertilizers can promote 50% of cost reduction, keeping the crop productivity, soil chemical properties in most part, and sugar cane technological parameters. The sewage sludge increasing doses did not affect sugarcane technological parameters.

KEYWORDS: *Saccharum* spp.. Biosolid; Soil fertility. Technological parameters.

REFERÊNCIAS

ALGUZ, E. S. **Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo sorgo granífero cultivado em solo que recebeu lodo de esgoto.** 1993. 104f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1993.

AMORIM, H. V. Nutrição mineral da levedura. Aspectos teóricos e práticos. In: SEMANA DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA “JAIME ROCHA DE ALMEIDA”, 1., 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1985. p. 144-148.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington, D.C., 1985. 1141 p.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 4, p. 685-691, out./dez. 1997.

COPERSUCAR. **Amostragem e análise da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1980. 37 p.

DIAS, F. L. F. **Efeito da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench.)**. 1994. 74 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 2000. 477 p.

HAAG, H. P.; ORLANDO FILHO, J.; SARRUGE, J. R.; ZAMBELLO Jr., J. E.; ROSSETO, A. Utilização da vinhaça em solo argiloso e composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **O Solo**, Piracicaba, v. 72, n. 2, p. 5-9, 1980.

HINESLY, T. D.; JONES, R. L.; ZIEGLER, E. L. Effects on corn by application of heated anaerobically digest sludge. **Compost Science**, Emmaus, v. 19, n. 4, p. 26-30, 1972.

HUGOT, E. **Manual de Engenharia Açucareira**. São Paulo: Mestre Jou, 1977. v. 1, 544 p.

HUMBERT, R. P. **El cultivo de la caña de azucar**, 6. ed., México: Editorial Continental S.A., 1984. 719 p.

LAGERWERFF, J. V.; BIESDORF, G. T.; MILBERG, R. P. BROWER, D. L. Effects of incubation and liming on yield and heavy metal uptake by rye from sewage-sludge soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 6, n. 4, p. 427-431, out./dez. 1977.

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugar by Fehling's solution with methylene blue indicator**. London: Norman Rodger, 1984. 8 p.

LOON, J. C. V. **Selected methods of trace metal analysis**. New York. John Wiley & Sons, 1985. p. 289-291.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G.; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 143-147, jan./mar. 2005.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARQUES, M. O. **Efeito da aplicação de lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**. 1990. 164f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C.T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.) **Biossólido na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 2002. cap. 11, p. 289-363.
- MELLO, F. A. F. O. **O fósforo no solo e na adubação fosfatada**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1980. 39 p.
- NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 385-392, mar./abr. 2004.
- NOGUEIRA, T. A. R.; SAMPAIO, R. A.; FERREIRA, C. S.; FONSECA, I. M. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 122-131, jan./jun. 2006.
- OLIVEIRA, F. C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. 1995. 90 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Rio de Janeiro: IAA/PLANASUCAR, 1983. 368 p. (Coleção Planalsucar, 2).
- OSAKI, F. **Calagem & Adubação**. 2. ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991, 503 p.
- PEDROZA, J. P.; HAANDEL, A. C. van.; BELTRÃO, N. E. de M.; DIONÍSIO, J. A. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biossólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 483-488, set./dez. 2003.
- PRIMAVESI, O.; KORNDÓRFER, G. H.; DEUBER, R. Extração de minerais por colmos de cana-planta em três solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 160-161.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Método de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (Boletim Técnico).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. cap. 4, p. 8-13. (Boletim Técnico 100).
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Departamento de Química do Setor de Nutrição de Plantas ESALQ/USP, 1974. 56 p.
- SHARMA, S. C.; JOHARY, P. C.; RAO, G. S. C. Cane juice phosphates and clarification. **The International Sugar Journal**, London, v. 83, n. 985, p. 3-5, jan. 1981.
- SILVA, F. C. **Uso agrônomo de lodo de esgoto: Efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar**. 1995. 170f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 1-8, jan. 1998.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, maio 2001.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, out. 2003.

SLOAN, J. J.; BASTA, N. T. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 24, n. 6, p. 1097-1103, 1995.

SPENCER, G. L.; MEADE, G. P. **Cane Sugar Handbook**, 9. ed. New York: John Wiley & Sons, 1963. 845 p.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. cap. 22, p. 237-239. (Boletim Técnico n. 100).

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis, **Hawaiian Planters Record**, Honolulu, v. 57, n. 2, p. 133-150, 1964.

WARMAN, P. R. Effects of fertilizer, pig manure and sewage sludge on Timothy and soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 15, n. 1, p. 95-100, 1986.

ZAMBELO Jr., E.; ORLANDO FILHO, J. Diagnose foliar e adubação fosfatada em cana-planta para diferentes solos do Estado de São Paulo. In.: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 1., 1979, Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcoleiros do Brasil, 1979. p. 315-318.