

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ESPÉCIES VEGETAIS DE COBERTURA E RESÍDUOS INDUSTRIAIS
E URBANOS NA CULTURA DA SOJA EM SISTEMA DE SEMEADURA
DIRETA**

CAMILA MANENTE RIGOLON

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP
Agosto - 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ESPÉCIES VEGETAIS DE COBERTURA E RESÍDUOS INDUSTRIAIS E
URBANOS NA CULTURA DA SOJA EM SISTEMA DE SEMEADURA
DIRETA**

CAMILA MANENTE RIGOLON

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Theodoro Büll

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Agricultura)

BOTUCATU - SP

Agosto - 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Rigolon, Camila Manente, 1978-
R572e Espécies vegetais de cobertura e resíduos industriais e urbanos na cultura da soja em sistema de semeadura direta / Camila Manente Rigolon. - Botucatu : [s.n.], 2006. vi, 90 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Leonardo Theodoro Büll
Inclui bibliografia.

1. Soja. 2. Semeadura. 3. Resíduos industriais. 4. Soja - Cultura. 5. Resíduos urbanos. I. Büll, Leonardo Theodoro. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ESPÉCIES VEGETAIS DE COBERTURA E RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS NA CULTURA DA SOJA EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA"

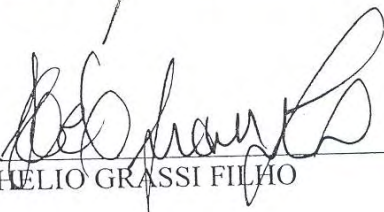
ALUNO: CAMILA MANENTE RIGOLON

ORIENTADOR: PROF. DR. LEONARDO THEODORO BULL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LEONARDO THEODORO BULL



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. TAKASHI MURAOKA

Data da Realização: 04 de agosto de 2006.

À DEUS, pela proteção e força em
todos os momentos da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Leonardo Theodoro Bull pela orientação.

Aos meus pais Guilherme e Maria Antonieta e meus irmãos Marcela e Felipe pelo estímulo e apoio em todos os momentos.

A Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP (Botucatu), pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos laboratórios de análise de solos, plantas e fertilizantes do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, pela utilização dos equipamentos, espaço e realização de análises.

Ao laboratório de análise de solo e planta do Departamento de Produção Vegetal/Área Agricultura, pela utilização do espectrofotômetro de emissão em plasma induzida em argônio para leitura de metais pesados no solo e na planta.

A equipe de orientados do professor Leonardo Theodoro Büll: Juliano Corulli Corrêa, Alessandra Gamero, Mauricio G. de M. Peres, Eder, Rafael, Elisa Freitag, Clarice Backes e Fabiana Fernandes pelo auxílio na realização desse trabalho.

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal/Área Agricultura e do Departamento de Recursos Naturais/Área Ciência do Solo pelos ensinamentos e colaboração no trabalho.

A todos os técnicos e funcionários de campo e laboratórios, do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo pela execução do experimento na Casa de Vegetação e das várias análises laboratoriais.

A todos os amigos de pós-graduação pela convivência e aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA	07
4.1 Utilização de resíduos industriais e urbanos na agricultura	07
4.2 Cobertura vegetal e sistema de semeadura direta.....	12
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
5.1 Localização do experimento.....	16
5.2 Delineamento experimental, tratamentos empregados e análise estatística	16
5.3 Instalação e condução do experimento.....	17
5.4 Parâmetros do solo avaliados	20
5.4.1 Análise química	20
5.4.2 Análise microbiológica.....	21
5.5 Características das plantas avaliadas	21
5.5.1 Fitomassa.....	21
5.5.2 Teor de nutrientes e metais pesados	21
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1 Nutrientes e metais pesados.....	23
6.2 Nitrato e amônio no solo	57
6.3 Análise microbiológica do solo	60
6.4 Fitomassa.....	62
6.4.1 Plantas de cobertura.....	62
6.4.2 Cultura da soja.....	63
6.5 Nutrientes e metais pesados nas plantas.....	63
6.1 Plantas de cobertura.....	63
6.2 Cultura da soja.....	72
7 CONCLUSÕES	80
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Resultados da análise química dos resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006	18
2 Análise química inicial do solo usado para o preenchimento dos vasos. Botucatu, 2006.	19
3 Valores de pH do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	25
4 Valores de matéria orgânica do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	27
5 Valores de fósforo (P) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	28
6 Valores de Al do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	29
7 Valores de H+Al do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	30
8 Valores de potássio (K) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	32
9 Valores de cálcio (Ca) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	34
10 Valores de magnésio (Mg) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	35
11 Valores de CTC do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	37
12 Valores de V% do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	39
13 Valores de S do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	40
14 Valores de boro (B) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	42
15 Valores de cobre (Cu) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	43

16	Valores de ferro (Fe) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	46
17	Valores de manganês (Mn) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	47
18	Valores de zinco (Zn) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	48
19	Valores de arsênio (As) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	51
20	Valores de cádmio (Cd) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	52
21	Valores de cobalto (Co) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	53
22	Valores de mercúrio (Hg) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	54
23	Valores de chumbo (Pb) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	55
24	Valores de estanho (Sn) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	56
25	Valores de nitrato do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	58
26	Valores de amônio do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	59
27	Valores de nitrogênio microbiano do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	61
28	Valores de carbono microbiano em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006	61
29	Massa de matéria seca das espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006	62
30	Massa de matéria seca de soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006	63

31	Teor de nutrientes (N, P, K) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.....	65
32	Teor de nutrientes (Ca, Mg, S) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006	68
33	Teor de micronutrientes nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.....	69
34	Teor de metais pesados (As, Cd, Co e Cr) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.....	71
35	Teor de metais pesados (Hg, Pb e Sn) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006	72
36	Teor de nutrientes (N, P e K) na soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas de cobertura. Botucatu, 2006.....	74
37	Teor de nutrientes (Ca, Mg e S) na soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas de cobertura. Botucatu, 2006.....	75
38	Teor de micronutrientes na soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas de cobertura. Botucatu, 2006.	76
39	Teor de metais pesados (As, Cd, Co e Cr) na soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e das espécies vegetais de cobertura. Botucatu, 2006	78
40	Teor de metais pesados (Hg, Pb e Sn) na soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e das espécies vegetais de cobertura. Botucatu, 2006	79

RESUMO

O uso racional de resíduos industriais e urbanos na agricultura traz benefícios químicos, físicos e microbiológicos ao solo. Estes benefícios podem ser atribuídos também às diferentes espécies de resíduos vegetais presentes na superfície do solo, em sistema de semeadura direta. A associação destas práticas favorece ainda mais estas propriedades, pois a elas se somam os benefícios de ambas as atividades. O projeto teve por objetivo estudar a aplicação de diferentes tipos de lodos de esgoto e resíduos industriais na cultura de soja e verificar os efeitos das diferentes espécies vegetais utilizadas como cobertura, em sistema de semeadura direta, nas características químicas e biológicas ao longo do perfil do solo e no desenvolvimento da cultura da soja. O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2004/2005, em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA / UNESP, Campus de Botucatu. O delineamento experimental foi na forma de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes resíduos industriais e urbanos: lodo de esgoto centrifugado, lodo de esgoto de biodigestor, resíduo industrial escória de aciaria e lama cal, além de uma testemunha que corresponde a não aplicação de resíduos. Estes estavam em interação com quatro tipos de espécies vegetais de cobertura: nabiça, aveia, girassol e milheto. Os resultados foram submetidos à análise de variância, pelo teste de média, com valores de significância a 1% de probabilidade. Os resíduos industriais e urbanos testados podem ser considerados materiais alternativos para correção de acidez do solo. Os teores de macro e micro nutrientes do solo foram alteradas pela aplicação dos resíduos industriais, urbanos e pelas plantas de

cobertura em todas as profundidades analisadas. A aplicação dos resíduos industriais, urbanos e o uso das plantas de cobertura favorecem o desenvolvimento dos microrganismos no solo. Com relação aos teores de metais pesados nas plantas e no solo, pode-se dizer que os resíduos industriais e urbanos utilizados podem ser utilizados na cultura da soja

VEGETAL SPECIES OF COVERING AND INDUSTRIAL AND URBAN RESIDUES IN THE SOYBEAN CROP IN NO-TILLAGE SYSTEM. Botucatu, 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CAMILA MANENTE RIGOLON

Adviser: LEONARDO THEODORO BÜLL

SUMMARY

The rational use of industrial and urban residues in agriculture brings chemical, physical and microbiological benefits to the ground. These benefits can also be attributed to the different species of vegetal residues gifts in the surface of the ground, in no-tillage system. The association of these practical favors these properties still more, therefore they add the benefits of both the activities. The project had for objective to study the industrial application of different types of sewer silts and residues in the soybean crop and to verify the effect of the different used vegetal species as covering, in no-tillage system, the chemical and biological characteristics throughout the profile of the ground and in the development of the soybean crop. The experiment was lead during the agricultural years of 2004/2005, in house of vegetation, the College of Sciences Agronomics - FCA/UNESP, Campus of Botucatu. The experimental delineation was in the form of blocks to perhaps in factorial project 4 x 4, with four repetitions. The treatments had been constituted by four different industrial and urban residues: centrifuged biosolid, biodigestor biosolid, industrial residue steel furnce and extinct lime, beyond a witness who corresponds not the application of residues. These were in interaction with four types of vegetal species of covering: nabiça, black oats, sunflower and milheto. The results had been submitted to the variance analysis, for the test of average, with values of significance 1% of probability. Tested the industrial and urban residues can be considered material alternative for correction of acidity of the ground. The texts of nutrient macro and micron of the ground

had been modified by the application of the industrial, urban residues and for the plants of covering in all the analyzed depths. The application of the industrial, urban residues and the use of the covering plants favor the development of the microbiological in the ground. With regard to metal texts weighed in the plants and the ground, it can be said that used the industrial and urban residues can be used in the soybean crop.

1. INTRODUÇÃO

As conseqüências da aplicação de resíduos industriais e urbanos na superfície do solo, em sistema de plantio direto, para culturas anuais, ainda não são conhecidas. Quando se trata de diferentes espécies vegetais de cobertura, que servirão como palhada, não existem estudos sobre suas ações, tais como: velocidade de decomposição, solubilização dos resíduos industriais e urbanos aplicados ao solo e ação na biologia do solo. Acredita-se que a utilização destes resíduos no sistema de semeadura direta, seguindo critérios definidos, pode trazer benefícios ao solo.

Um fato de preocupação nos dias de hoje é o aumento da população nos grandes centros urbanos, que tem acarretado vários problemas, entre eles um dos principais é o descarte dos lodos de esgoto.

Devido a esse fato, o uso do lodo de esgoto na agricultura pode ser uma das alternativas mais promissoras para a disposição desses materiais e vem sendo cada vez mais adotado por comunidades do mundo todo, tornando-se uma prática sustentável desde que realizada de forma racional, sem prejuízo ao ambiente. Esta mesma preocupação ecológica também existe nas áreas industriais, sendo o local de destino da deposição destes resíduos controlados através de empresas certificadoras.

A utilização do lodo de esgoto e resíduos industriais na agricultura, além de eliminar um resíduo socialmente incômodo, permite o aproveitamento pelas plantas dos elementos nutritivos e compostos orgânicos neles contidos e ainda tem como característica melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

A utilização desses resíduos no sistema de semeadura direta pode trazer melhorias ao ambiente radicular, pois favorece as propriedades do solo e contribuem na redução do consumo de fertilizantes inorgânicos.

Uma vez que ambas as práticas são capazes de proporcionar efeitos benéficos ao meio, acredita-se que a soma delas poderá trazer ainda melhores efeitos ao ecossistema.

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os resultados da aplicação de diferentes tipos de lodos de esgoto e resíduos industriais na cultura de soja e verificar os efeitos das diferentes espécies vegetais utilizadas como cobertura, em sistema de semeadura direta, nas características químicas e biológicas ao longo do perfil do solo e no desenvolvimento das plantas de soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Utilização de resíduos industriais e urbanos na agricultura

O aumento da população nos grandes centros urbanos tem como um dos principais problemas o descarte dos lodos de esgoto e atualmente existe uma crescente demanda econômica e ambiental para utilização do solo agrícola como local para recebimento de lodos de esgoto.

A utilização de lodos de esgoto como fertilizantes organo-minerais é uma maneira racional de se desfazer destes resíduos, pois além de eliminar materiais socialmente incômodos, aproveitam-se os elementos nutritivos e compostos orgânicos neles contidos (Hernando et al, 1989), porém, esta prática inspira cuidados devido a grande velocidade de decomposição da matéria orgânica em ambiente de clima tropical (Carvalho et al., 1983).

Os lodos de esgoto têm como características melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e contribuir para diminuir o consumo de fertilizantes inorgânicos (Bettioli et al., 2000; Fiest et al., 1999; Vieira, 2000; Melo et al., 2001; Melfi et al., 2001; Tsutiya, 2001; Corrêa e Bull, 2001). A composição destes variam enormemente em função do local de origem, ou seja, da área de onde provêm, residencial ou industrial, da época do ano e do processo utilizado para a sua obtenção (Silveira et al., 2003). Atualmente a região

metropolitana de São Paulo produz cerca de 500 ton/dia de lodo de esgoto, com estimativa para aumentar para 1.500 ton/dia em 2005 (Melfi et al, 2001).

Na aplicação destes resíduos na agricultura como corretivo/fertilizante, devem ser tomadas certas precauções a fim de evitar contaminação do meio ambiente e riscos ao ser humano (Rocha e Shirota, 1999).

A principal limitação do uso dos lodos de esgoto seria a presença de altas concentrações de metais pesados, podendo ocasionar efeitos fitotóxicos nas culturas e/ou promover contaminação nos solos e nas águas subterrâneas, no entanto, alguns estudos conduzidos no Brasil mostram que os lodos de esgoto e alguns resíduos industriais não acarretam tal contaminação (Corrêa e Bull, 2001; Bettioli et al., 2000). A CETESB (1999) impõe limitações aos metais pesados poluentes, sendo que limites superiores aos estabelecidos não são aceitáveis para aplicação do lodo de esgoto em solos agrícolas (Tsutiya, 2001).

Os critérios para taxa de aplicação de lodos de esgoto na área agrícola são em função do nitrogênio disponível, que não deverá exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendado pela cultura agrícola e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto, podendo também ser baseada na capacidade de neutralização da acidez do solo, não ultrapassando o valor de pH 7,0 em CaCl_2 (Tsutiya, 2001; Melo et al., 2001).

No Brasil a literatura apresenta alguns resultados que de forma geral são favoráveis à utilização de biossólidos na agricultura. O seu uso na agricultura atua como fonte de nutriente para as culturas, aumento do teor de matéria orgânica, elevação do pH do solo, diminuição do teor de alumínio trocável, aumento no rendimento de matéria seca e da absorção de N, P, Ca, Mg e Zn. Acarreta também, aumentos significativos na CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e do C-orgânico, melhorando a estrutura do solo e atuando no complexo coloidal. (Rocha e Shirota, 1999; Melo et al, 1994 e Bertoncini et al, 1998).

O seu uso na correção da acidez do solo, elevando o valor de pH e neutralizando o Al tóxico foi constatado em vários trabalhos conduzidos por Mazur et al. (1983a, b); Bataglia et al. (1983); Berton et al. (1989); Collier et al. (1992); Sousa et al. (1993); Oliveira (1995); Berton et al. (1997); Silva et al. (1998); Andrade et al. (1999); Fiest et al. (1999); Carmo et al. (2000); Melo et al. (2000); Corrêa e Bull (2001); Tsutiya (2001); Melfi et al. (2001).

Segundo Berton et al. (1989), uma das explicações para o aumento do

pH, pela aplicação de lodos de esgoto, é a formação de íons amônio devido à oxidação do N-orgânico. Já para Carmo e Lambais (2000) e Corrêa e Bull (2001) esta elevação do pH do solo é devido ao enriquecimento do lodo de esgoto com cal virgem (CaO), para esterilização, o qual possui alto poder corretivo, em alguns tipos de lodos de esgoto.

A escória de aciaria um resíduo industrial, apresenta comportamento semelhante ao calcário, sendo justificado seu uso como corretivo de acidez, de acordo com Piau (1991); Pereira (1978); Veloso et al. (1992); Louzada (1987).

As quantidades de nitrogênio contidas nos lodos de esgoto têm concentração variável de 2,2 a 5,5% e as de fósforo variam de 1,0 a 3,7%. As concentrações de potássio, no entanto, são pequenas, porque o mesmo é altamente solúvel em água. Já a matéria orgânica varia de 40 a 70% (Bettiol, 2000; Tsutiya, 2001; Melo et al., 2001). Segundo Andreoli (1997) aproximadamente 50% do nitrogênio e do fósforo contidos no lodo de esgoto são utilizados pela planta já no primeiro ano de aplicação.

Como fornecedores de nutrientes às plantas, os lodos de esgoto têm sido eficientes principalmente para fósforo (Bettiol e Carvalho, 1982 b; Boareto e Nakagawa, 1982; Villas Boas et al., 1984; Berton et al., 1989; Simonete et al., 1999; Corrêa e Bull, 2001; Melfi et al, 2001), pois atuam como melhoradores do aproveitamento do fósforo aplicado ao solo, ocorrendo liberação moderada, porém contínua (Minhoni et al., 1993), além de apresentarem menor custo de P_2O_5 e N em relação a fontes tradicionais, como Super Triplo e uréia (Silva et al., 1998).

O nitrogênio aplicado via lodo de esgoto é um dos mais importantes, conforme relatado por Glória (1992); Melo et al. (1994); Vieira et al. (2000); Simonete et al. (1999); Galli et al. (1999); Corrêa e Bull (2001). A formação de amônia ocorre paulatinamente à medida que o material orgânico vai sendo mineralizado (Andrade et al., 1999), sem que a haja quantidade excessiva de nitrato no solo (Vieira et al., 2000).

A adubação orgânica com lodo de esgoto aumenta os teores de Ca e Mg. Estes dados foram também confirmados nos trabalhos de Marques et al. (1997); Silva et al. (1998); Fiest et al. (1999); Simonete et al. (1999); Fortes Neto et al. (1999); Corrêa e Bull, (2001); Tsutiya, (2001); Melfi et al. (2001); Melo et al. (2001), porém não tem sido boa fonte de K, devido a este nutriente ser facilmente solubilizado em água, encontrando-se em baixos teores. Silva et al. (1998) encontraram diminuição no teor de K com o aumento da doses de

lodos de esgoto na cultura da cana-de-açúcar.

Aumentando os valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ também aumentará a soma de bases. O aumento da saturação por bases e de capacidade de troca de cátions do solo através da aplicação de lodos de esgoto foram verificados nos trabalhos de Melo et al. (1994); Bertoncini et al. (1999); Galli et al. (1999); Simonete et al. (1999); Fiest et al. (1999); Carmo et al. (2000); Corrêa e Büll (2001).

Com relação aos teores de Zn, Mn e Cu disponíveis no solo, observou-se que o aumento na quantidade de lodo de esgoto elevou, de maneira geral, a disponibilidade destes elementos no solo. (Marques, 1997; Simonete et al., 1999).

De acordo com Bettiol et al. (2000) os lodos de esgoto contêm matéria orgânica e quantidades apreciáveis de nutrientes. O uso de lodo de esgoto aumenta a concentração de matéria orgânica no solo, favorecendo a CTC, aumentando a ação quelante, aumentando assim o poder tampão e contribuindo como fonte de nutrientes de acordo com trabalhos apresentados por Bataglia et al. (1983), Melo et al. (1994), Marques (1997), Bettiol et al. (2000), Corrêa e Büll (2001).

A matéria orgânica contida no lodos de esgoto pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração de água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão (Tsutiya, 2001; Carvalho, 2001; Melo et al., 2001).

A principal característica física do solo afetada pela M.O. é a agregação, afetando assim indiretamente as demais características físicas do solo, como a densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e a infiltração da água, que são fundamentais para a capacidade produtiva do solo (Bayer e Mielniczuk, 1999). A agregação também sofre influencia dos cátions Ca^{2+} e Al^{3+} , determinando aumento de volume causando redução da densidade.

De acordo com Melfi et al. (2001) a aplicação de lodo de esgoto estimula a população microbiana no solo em função da adição de nutrientes e matéria orgânica, havendo um aumento de população dos microrganismos heterotróficos e diminuição dos autotróficos.

Segundo Fortes Neto et al (1999), doses mais elevadas de lodo possibilitaram um aumento significativo da biomassa microbiana do solo principalmente nas

camadas até 20 cm de profundidade, onde há maior exploração pelo sistema radicular e disponibilidade de matéria orgânica.

Os lodos de esgoto aplicados no solo induzem a um aumento efêmero da biomassa, medida pela quantidade de C ou N. O maior estímulo do crescimento das populações microbianas pode ser notado devido à presença de matéria orgânica (Corrêa e Büll, 2001; Fortes Neto, 1999).

Carmo et al. (2000) mostraram que a adição dos lodos de esgoto aos solos estimulou a atividade respiratória total dos microrganismos. A atividade de mineralização do C-orgânico no solo, medida pela liberação de CO₂, aumentou proporcionalmente ao aumento da quantidade de C-orgânico incorporado. Pode ocorrer que a relação desbalanceada dos nutrientes no lodo de esgoto, principalmente sua riqueza por cálcio e sua pobreza em potássio podem limitar o desempenho da população microbiana no solo (Melo et al., 2001).

A adição de lodo de esgoto aumenta a quantidade de nitrogênio mineralizado no solo, onde no início de sua aplicação nota-se a imobilização do N pelos microrganismos, formando assim uma competição com a planta neste período, havendo uma indisponibilização deste nutriente temporariamente (Carmo et al., 2000). A mineralização do N orgânico é resultante da atividade microbiana durante os cultivos disponibilizando N mineral as plantas. A contribuição do N mineralizável é cerca de 20 vezes a da fixação biológica do nitrogênio atmosférico. (Camargo et al., 1999).

Selles et al. (1990) atribuíram o aumento do fósforo lábil, em 33% em função da elevação do fósforo orgânico em decorrência da mineralização lenta e contínua, realizada pela população microbiana, resultando na liberação de lodo de esgoto que atuariam reduzindo a competição pelos sítios de absorção.

Dentre os resíduos industriais que podem ser usados pela agricultura como corretivos de acidez e fertilizantes, está a escória de aciaria e a lama cal (Corrêa e Büll, 2001; Silva et al., 2003). A escória de aciaria apresenta constituinte neutralizante (SiO₃²⁻) e é fonte de silício, bases como cálcio e magnésio, além de micronutrientes, sendo justificado seu uso como corretivo de acidez (Melloni et al., 2001; Prado et al., 2002). A lama cal é um material proveniente da fabricação de papel e celulose, constituindo-se predominantemente de carbonato de cálcio e hidróxido de sódio, agindo também como corretivo da acidez do solo,

porém sem causar danos à sua estrutura, pois o excesso de sódio é fortemente perdido por lixiviação (Vettorazzo et al., 1999).

2.2 Cobertura vegetal e sistema de semeadura direta

A proteção dos solos das regiões tropicais com uma cobertura vegetal tem sido objeto de estudo de alguns trabalhos (Pereira, 1990; Landers, 1995), pois o clima atua favorecendo a rápida decomposição dos restos culturais, devendo-se então atentar para a quantidade e durabilidade dos resíduos vegetais produzidos pelas espécies antecessoras à cultura principal. Essa necessidade torna-se ainda maior quando a colheita é de uma leguminosa e não ocorre imediata semeadura de outra cobertura vegetal (Alves et al., 1995).

Segundo Pereira (1990) é de extrema importância a seleção de coberturas vegetais, com finalidade de proteção superficial do solo, formação de “palhada”, bem como reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos do solo e na resposta das culturas subsequentes.

A formação de “palhada” representa a essência do sistema de semeadura direta, que caracteriza-se, segundo Pöttker e Bem (1998), pela produção e manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo não revolvido. Derpsch et al. (1985) demonstraram que neste sistema de cultivo os restos de plantas podem ser deixados superficialmente, sem a mobilização do solo, pois a incorporação se daria por via biológica. Assim, com o transcorrer do tempo, o acúmulo de resíduos vegetais na superfície e a ausência de revolvimento resultam em complexas modificações na fertilidade do solo (Caíres, 2000).

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes, onde a incorporação se dá por via biológica (Derpsch et al., 1985), que são liberados lentamente pela ação dos mesmos (Franchini et al., 2000), promovendo aumento de matéria orgânica ao longo do tempo (Caíres, 2000), resultando no aumento na CTC (Igue 1984). Esse sistema de cultivo também promove menor efeito erosivo quando comparado com o convencional, aumento do teor de umidade e melhor manutenção de temperatura do solo, fatores os quais são primordiais as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Miyazawa et al., 2000).

A deposição periódica de resíduos orgânicos na superfície do solo favorece a acidificação do solo (Caíres, 2000), pois continuamente a matéria orgânica está sendo decomposta em ácidos orgânicos e dióxido de carbono; estes ácidos orgânicos podem se ligarem a ânions como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e serem lixiviados para subsuperfície.

A mobilização de cátions, o aumento do pH e a imobilização do Al pela aplicação de resíduos vegetais em solos ácidos se devem a formação de complexos organo-metálicos. A intensidade destas alterações químicas no solo depende da quantidade de resíduos vegetais, mas também da qualidade e da quantidade de ligantes orgânicos presentes.

A baixa solubilidade do CaCO_3 e a ausência do ânion acompanhante não conferem ao cultivo convencional as mesmas características de caminamento dos cátions e neutralização da acidez em subsuperfície ocorridas em sistema de semeadura direta, e esta ação é atribuída aos complexos orgânicos hidrosolúveis dos resíduos vegetais, os quais destacam-se os ácidos orgânicos que promovem as alterações químicas até a camada subsuperficial dos solos (Franchini et al., 1999).

A capacidade de neutralização da acidez dos solos por resíduos vegetais esta relacionada com os teores de Ca, Mg e K conseqüentemente com ânions orgânicos, pelo princípio da eletronegatividade. O sistema de semeadura direta diminui o contato dos resíduos vegetais com o solo, reduzindo assim a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos por microrganismos (Franchini et al., 1999).

Para aumentar o transporte de Ca e Mg e a neutralização da acidez da camada subsuperficial, o resíduo vegetal deve ser manejado antes do florescimento, sem que, no entanto, ocorra um comprometimento dos efeitos pela redução na produção de matéria seca. Isso porque na época de florescimento o processo de maturação dos tecidos diminui e o teor de substâncias responsáveis pelo transporte de Ca e Mg e pela neutralização da acidez (Miyazawa et al., 2000).

Várias espécies de cobertura vegetais utilizadas em semeadura direta, têm efeito na neutralização da acidez até a camada subsuperficial. A capacidade de neutralização da acidez do solo por resíduos vegetais está associada aos seus teores de cátions e carbono orgânico solúvel (Franchini et al., 1999a; Miyazawa et al., 1999; Miyazawa et al., 1993). Apenas o manejo das palhadas no sistema de semeadura direta não altera os atributos químicos do solo (Tiritan, 2001).

Os resíduos vegetais presentes na superfície também têm recebido atenção adicional em função da liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, capazes de formar complexos orgânicos com alumínio, cálcio e magnésio (Pearson, 1966). A manutenção da “palhada” resulta em menor ação de decomposição microbiana, devido ao menor contato com o solo, sendo assim possível ocorrer produção contínua de ácidos orgânicos, o que beneficia a aplicação superficial da calagem através da formação de complexos, reduzindo o alumínio trocável e aumentando os teores de Ca e Mg em subsuperfície (Pavan, 1994; Oliveira e Pavan, 1996; Miyasawa et al., 1993; Caires et al., 2000). Segundo Amaral et al., (2004) a ação dos ácidos orgânicos na formação de complexos com Ca, Mg e Al, fica restrita a camada de 2,5 cm do solo, pois estes são facilmente decompostos através da ação microbiológica do solo.

Os ácidos orgânicos podem estar correlacionados à percolação do P ao longo do perfil do solo, que são produzidos de acordo com o tipo de planta e o estresse que esta sofre ao longo do ciclo (Gaume et al., 2001). Os resíduos vegetais também são muito importantes para solubilização do fósforo, principalmente o não-lábil, pois existem espécies que possuem capacidade de solubilizar o elemento através da exsudação de suas raízes, a qual contém ácidos orgânicos, e estes, por sua vez, agem na dissolução do colóide liberando o fósforo para o meio (Chien e Menon, 1995).

Uma das principais características que influem na adsorção de fósforo é a matéria orgânica (Gonçalves et al., 1985), a qual interage com os óxidos resultando em redução expressiva dos sítios de fixação, devido ao recobrimento da superfície dos óxidos de Al e Fe por moléculas de ácidos húmicos, acético e málico, ou pela formação de compostos na solução do solo. Ocorre assim uma tendência de menor fixação e, portanto, maior aproveitamento do fósforo oriundo da adubação fosfatada. Este efeito, no entanto, é temporário (Fontes et al., 1992; Afif et al., 1995; Andrade et al., 2003).

Os trabalhos de Miyasawa et al. (1993) e Franchini (2001) demonstraram a capacidade de neutralização da acidez potencial de solos ácidos por extratos e resíduos vegetais. Esta capacidade está associada aos seus teores de cátions e carbono orgânico solúvel, os quais normalmente são maiores em resíduos de adubos verdes, tais como: aveia preta, nabo forrageiro, tremoço, leucena, mucuna, crotalarias e outros. Com o avanço da idade fisiológica dessas plantas ocorre a diminuição gradativa destes ácidos orgânicos no

intervalo entre 60 e 120 dias. A natureza anfótera da reação dos resíduos vegetais faz com que aumente o pH dos solos ácidos e reduza o pH dos alcalinos, tendendo ao valor de pK_a dos resíduos vegetais, situado-se entre 5 e 7.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O trabalho foi desenvolvido no período de 2004/2005, em casa de vegetação, com temperatura e umidade controladas, no Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA /UNESP, Campus de Botucatu-SP, nas coordenadas geográficas de 22°51'S de latitude, 48°26'W de longitude e altitude de 740m.

3.2 Delineamento experimental, tratamentos empregados e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 4X4 sendo avaliadas quatro resíduos combinados com quatro espécies de cobertura vegetal e uma testemunha, sem a aplicação dos resíduos, em blocos ao acaso, com quatro repetições.

Os tratamentos foram constituídos por quatro tipos de resíduos, sendo dois tipos de lodos de esgoto, um centrifugado (LS), proveniente da Estação de tratamento de esgoto da SABESP em São José dos Campos e um de biodigestor (LB), produzido na Estação de tratamento de esgoto da SABESP em Barueri, e dois resíduos industriais, a escória de aciaria (E) cedida pela V & M do Brasil S.A. (Belo Horizonte) e a lama cal (LC) proveniente da empresa Lwarcel Celulose e Papel (Lençóis Paulista). Todos os resíduos obedeciam as normas da CETESB, os valores estão dentro do limite para utilização na agricultura.

Os resíduos foram aplicados em superfície, na dose de 8 t ha⁻¹, em base seca, baseados em dados de trabalhos realizados por Corrêa et al. (2006) que utilizando doses crescentes desses resíduos (0, 2, 4 e 8 t ha⁻¹), obtiveram melhores resultados com a dose de 8 t ha⁻¹. Os resultados da análise química dos resíduos podem ser observados na Tabela 1.

As espécies de cobertura vegetal utilizadas foram milho (*Pennisetum americanum* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Shieb), girassol (*Helianthus annuus*), nabíça (*Raphanus raphanistrum*), simulando uma quantidade de 8 t ha⁻¹ de massa de matéria seca.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, pelo teste de média DMS com valores de significância a 1% de probabilidade utilizando o programa estatístico Sisvar, versão 4.2.

3.3 Instalação e Condução do experimento

Os vasos utilizados para a condução do experimento constaram da sobreposição de cinco anéis de PVC-rígidos, com 20 cm de diâmetro interno, e alturas de 7,5; 5,0; 5,0; 10,0 e 10,0 cm, respectivamente, deixando-se os primeiros 2,5 cm para acomodar a palha e os resíduos, obtendo assim as camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-25 e 25-35 cm, totalizando o volume de 11 dm³.

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos era proveniente da camada arável (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999), textura franco arenosa. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras desse solo e realizadas as análises químicas no Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo. As análises químicas de macronutrientes do solo foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Raij et al. (2001). Os resultados dessa análise podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados da análise química dos resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.

Resíduos	Umid.	MO	C	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Na	Zn	pH	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
			----- % de matéria seca-----								-----mg kg matéria seca----							----- mg dm ⁻³ -----				
Biossólido Centrifugado	5	26	14,4	6/1	2,5	2,0	0,3	28	0,4	0,5	1600	72	104	640	660	12	14	traço	4	traço	7	17
Biossólido Biodigestor	29	50	27,8	7/1	4,0	4,9	0,2	2	0,4	1,6	36750	760	218	500	2950	7	27	0,1	19	traço	180	107
Lama cal	19	3	1,7	4/1	0,4	0,2	0,1	37	0,6	0,3	1096	90	158	20400	86	12	1,4	traço	13	traço	96	60
Escória	2	1	0,3	1/1	0,3	1,4	0,1	23	2,1	---	229000	16	34300	600	24	12	5	traço	61	traço	19	308

Tabela 2. Análise química inicial do solo usado para o preenchimento dos vasos. Botucatu, 2006.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V%
4,8	9	6	3	26	1	10	6	17	44	39
Boro		Cobre		ferro		manganês		zinco		
0,08		1,7		29		5,7		0,7		

Os vasos foram dispostos sobre o piso cimentado da estufa, e preenchido com solo peneirado em malha de 4 mm para separação de torrões, raízes e palha.

O fornecimento de água às plantas foi manual, de modo a ter maior controle do volume aplicado. Foi determinada a curva característica de umidade do solo por meio de placa porosa, como descrito por Kiehl (1979). De posse deste valor, os vasos foram pesados, obtendo assim a retenção para a manutenção da umidade em 70% da capacidade de campo durante o experimento através de pesagens diárias e regas pela superfície.

A aplicação dos resíduos foi realizada em superfície em agosto de 2004, lembrando que os resíduos urbanos foram expostos ao sol por aproximadamente um mês, para redução do teor de umidade inicial, que estava em torno de 60-70%. Antes da semeadura das culturas de cobertura, o solo recebeu adubação com 150 mg dm⁻³ de K na forma de KCl, 80 mg dm⁻³ de N na forma de Ca(NO₃)₂ (parcelada em duas aplicações, 50 % aos 20 dias e 50% aos 30 dias após a emergência das plantas) e 200 mg dm⁻³ de P, 50% na forma de superfosfatos simples e 50% na forma de termofosfato (Yorim Master).

Em setembro de 2004 foram plantadas as culturas a serem utilizadas como cobertura e em novembro (60 dias após a emergência das plantas) foi realizada a colheita das mesmas. Estas foram cortadas em pedaços de aproximadamente 15 cm e utilizadas como cobertura para a cultura da soja. Foram coletadas amostras das plantas para avaliação da fitomassa, teor de nutrientes e metais pesados.

Em cada vaso foram conduzidas quatro plantas de girassol e milho e cinco plantas de nabiça e aveia, sendo a população definida como uma tentativa de simular as proporções de densidade populacional de cada espécie a campo. Já para a cultura da soja, foram conduzidas quatro plantas por vaso.

Em dezembro de 2004 foi semeada a cultura da soja, cultivar BR 28 (Seridó), porém devido à baixa porcentagem de emergência, foi necessária nova semeadura, sendo realizada em janeiro de 2005 com a cultivar BRS 154 que tem como características o alto potencial de rendimento de grãos, resistência a doenças e adaptação ao plantio direto. É resistente ao cancro da haste causado por *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis*, a podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata*, a mancha olho-de-ra, causada por *Cercospora sojina*, a pústula bacteriana, causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* e ao oídio, causado por *Microsphaera diffusa*. Tem flor branca, pubescência marrom, tegumento da semente amarelo-brilhante, hilo preto e habito de crescimento determinado. Apresenta estatura de planta alta, com boa resistência ao acamamento. Tem ciclo médio de maturação. Na primeira semeadura foi feita uma adubação com o fertilizante químico 0-20-10, totalizando 1 g vaso⁻¹ em sulco de plantio, além da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium*, práticas estas não necessárias na segunda semeadura uma vez que já haviam sido efetuadas. Nos dias 4, 11 e 16 de fevereiro realizou-se a aplicação de 200 ml por vaso de solução nutritiva de Furlani (1997), composta de nitrato de cálcio Hydro Especial (750g m⁻³), Nitrato de Potássio (500g m⁻³), MAP (150 g m⁻³) e Sulfato de Magnésio (400 g m⁻³), devido o aparecimento de sintomas de deficiência de nitrogênio nas plantas.

Em março, quando as plantas de soja encontravam-se no início do estágio R5 (Fehr et al., 1971), ou seja, início da formação das vagens, realizou-se a colheita de todas as plantas.

3.4 Parâmetros do solo avaliados

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo da FCA/UNESP, exceto as análises de metais pesados que foram realizadas no Departamento de Produção Vegetal/Setor de Agricultura e Melhoramento Vegetal.

3.4.1 Análise química

Após a colheita da soja foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-25, e 25-35 cm. As análises químicas de

macronutrientes do solo foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Raij et al. (2001).

Os micronutrientes e metais pesados foram analisados através da extração com DTPA, método descrito por Camargo et al. (1986) e o boro foi determinado através do método de cloreto de bário-microondas, descrito por Abreu et al. (1998).

A análise de NO_3 e NH_4^+ no solo, com amostras de solo conservadas em refrigeração, realizou-se por meio de um destilador de arraste de vapor semimicro Kjeldahl, de acordo com metodologia descrita Tedesco et al. (1995).

3.4.2 Análise microbiológica

Para análise microbiológica foi utilizado o método de irradiação-extração em microondas de acordo com Ferreira (1999), determinando o teor de carbono e o nitrogênio microbiano do solo para os diferentes tratamentos.

Para essa análise coletou-se amostras de solo apenas nos dois anéis superiores, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, as quais foram colocadas sob refrigeração (4°C) até o momento da realização das análises.

Porções de 80 g de solo de cada amostra foram pesadas e divididas em duas partes, uma irradiada em microondas e a outra não. Posteriormente determinou-se o carbono e nitrogênio total pelo método proposto por Raij et al. (1991).

3.5 Características das plantas avaliadas

As análises de plantas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo da FCA/UNESP, exceto as análises de metais pesados que foram realizadas no Departamento de Produção Vegetal/Setor de Agricultura e Melhoramento Vegetal.

3.5.1 Fitomassa

Determinou-se a fitomassa das espécies utilizadas como cobertura vegetal e das plantas de soja, quando estas se encontravam no início do estágio R5 (Fehr et al., 1971), ou seja, início da formação das vagens.

Após a colheita, as plantas foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 60 °C, durante 48 horas, decorrido este intervalo avaliou-se a fitomassa, através do peso de matéria seca.

3.5.2 Teor de nutrientes e metais pesados

No florescimento pleno das plantas de soja, correspondente ao estágio R2 na escala de Fehr et al. (1971), foram realizadas amostragens de folhas com pecíolos, coletando-se a terceira folha a partir do ápice de duas plantas por vaso. Já para as espécies de cobertura, o teor de nutrientes foi realizado em toda parte aérea.

Essas amostras foram lavadas com água corrente e deionizada, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. Em seguida procedeu-se a determinação de macro e micronutrientes (Cu, B, Fe, Zn, Mn) e metais pesados (Cd, Cr, Co, Hg, Pb, As e Sn) seguindo as técnicas descritas por Malavolta et al. (1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultados estão apresentados em função de cada cobertura vegetal: girassol (G), milho (M), nabiça (N) e aveia (A), e de cada resíduo urbano ou industrial: LS (lodo de esgoto proveniente de São José dos Campos/SP), LB (lodo de esgoto proveniente de Barueri/SP), LC (lama cal), E (escória de azeite) e T (testemunha).

4.1 Nutrientes e metais pesados no solo

As alterações dos atributos químicos no perfil do solo, em cinco profundidades, estão apresentados em função de cada cobertura vegetal e de cada resíduo urbano ou industrial (Tabela 3 a Tabela 24).

A Tabela 3 mostra que todos os resíduos apresentaram alterações no pH do solo, com elevações desses valores, podendo-se notar o efeito tanto dos resíduos como das espécies vegetais utilizadas.

Os melhores efeitos ocorreram na profundidade de 0,00-0,05 m, provavelmente devido ao curto tempo de reação, com os maiores valores de pH encontrados quando se utilizou o LS, LC e E. Resultados semelhantes foram encontrados por Corrêa et al. (2004).

Este aumento nos valores de pH é função da característica química de cada resíduo, como o LS e a LC que apresentaram CaO em sua formulação, podendo a elevação do pH ser atribuída aos ânions acompanhantes de Ca e Na, e da E pela presença do silicato, que segundo Alcarde (1992) apresentam constituintes neutralizantes na sua composição (SiO_3^{2-}), tendo no solo a mesma reação do calcário.

O LB embora não tenha diferido da testemunha, também apresentou elevação do pH na profundidade de 0,00-0,05 m, confirmando resultados de diversos trabalhos onde demonstram a capacidade de lodos, sem tratamento prévio com cal, em elevar o pH de solos, atribuindo neste caso, o efeito neutralizante às reações envolvidas na degradação da carga orgânica do resíduo (Carmo et al., 2000; Stark e Clapp, 1980; Logan et al., 1997).

Conforme os resultados, pode-se observar que a LC apresentou maior correção do valor de pH no perfil do solo quando comparado com os demais resíduos.

Com relação às espécies vegetais utilizadas, a cultura da aveia (A), embora tenha apresentado os menores valores com relação ao pH até a profundidade de 0,25 m, na profundidade de 0,25-0,30 m apresentou melhor resultado, evidenciando sua atuação no caminamento dos diferentes resíduos no perfil do solo. Várias espécies de cobertura vegetal utilizadas em semeadura direta têm efeito na neutralização da acidez até a camada subsuperficial do solo, estando associada aos seus teores de Ca, Mg, K e carbono orgânico solúvel (Franchine et al., 1999, Miyazawa et al., 1999).

A Tabela 4 apresenta os valores de matéria orgânica em decorrência da aplicação dos resíduos e de cobertura vegetal. Os maiores valores foram obtidos na profundidade de 0,00-0,05 m, quando utilizados LS e LB, por conter considerável quantidade de matéria orgânica na sua composição. Vários trabalhos observaram expressivos aumentos nos teores de matéria orgânica no solo em razão da aplicação de lodo de esgoto (Nascimento et al., 2004; Marciano et al., 2001; Barbosa et al., 2004).

Para os resíduos industriais LC e E, os valores de matéria orgânica foram menores devido a estes resíduos apresentarem em sua composição basicamente constituintes minerais.

Quanto às espécies vegetais utilizadas, a cultura da aveia (A), embora tenha apresentado os menores valores com relação a M.O. até a profundidade de 0,25 m, na profundidade de 0,25-0,30 m apresentou os maiores resultados.

Tabela 3. Valores de pH do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	pH (CaCl ₂)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7,4 A	6,8 A B	6,9 A	7,3 A	7,1 A
LB	6,0 C a	5,6 C a b	5,8 B a	5,0 C b	6,6 B
LC	6,9 A B a b	7,3 A a	7,3 A a	6,2 B b	6,9 A
E	7,1 A B a	6,9 A a b	6,9 A a b	6,3 B b	6,8 A
T	6,4 B c a	6,2 B C a	5,8 B a b	5,2 C b	5,9 B
Média	6,7 a	6,6 a	6,5 a	6,0 b	6,4
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5,7 B	6,2 A B	5,8 B	6,3 A	6,0 B
LB	5,3 B	5,2 C	5,4 B	4,9 C	5,2 C
LC	6,5 A a b	6,9 A a	6,5 A a b	5,9 A B b	6,4 A
E	5,9 A B	5,8 B c	5,6 B	5,6 A B C	5,7 B
T	5,5 B	5,4 C	5,2 B	5,2 B C	5,3 C
Média	5,8 a b	5,9 a	5,7 a b	5,6 b	5,7
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5,6 A	5,5	5,5 B	5,8 A	5,6 B
LB	5,2 B	5,2	5,4 B	5,3 B	5,3 D
LC	5,7 A b	5,9 a	6,3 A c	5,5 A B b c	5,9 A
E	5,5 A B	5,4	5,6 B	5,5 A B	5,5 C B
T	5,3 A B	5,3	5,5 B	5,5 A B	5,4 C D
Média	5,4 b	5,7 a	5,5 b	5,5 b	5,5
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5,2 B b	5,3 A B a	5,7 A B a	5,5 b	5,5 B
LB	5,2 B b	5,4 B a b	5,4 C a b	5,5 a	5,4 B
LC	5,5 A b	5,8 A a	5,8 A a	5,5 b	5,6 A
E	5,3 A B	5,5 A B	5,5 B C	5,3	5,4 B
T	5,4 A B	5,5 B	5,5 B C	5,3	5,4 B
Média	5,3 b	5,5 a	5,6 a	5,4 b	5,4
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5,2	5,5	5,3	5,4 C	5,3 B
LB	5,2 b	5,3 b	5,3 b	6,3 B a	5,5 B
LC	5,4 b	5,5 b	5,4 b	7,2 A a	5,9 A
E	5,3 b	5,6 b	5,5 b	6,9 A a	5,8 A
T	5,2	5,3	5,6	5,6 C	5,4 B
Média	5,2 b	5,4 b	5,4 b	6,3 a	5,6

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

A Tabela 5 apresenta os resultados de fósforo em decorrência da aplicação dos resíduos e das espécies vegetais.

Os resíduos proporcionaram elevação nos teores de fósforo principalmente na camada superficial, com exceção para a lama cal. Este aumento do fósforo no solo pode ser atribuído às aplicações dos resíduos, em especial os lodos de esgoto LS e LB e E aciaria que apresentam em sua composição 2,0, 4,9 e 1,4% da massa de matéria seca (Tabela 1).

O tratamento que apresentou maior valor de P na profundidade de 0,00-0,05 m foi o LS combinado com a cobertura vegetal de aveia. Corrêa et al. (2004) demonstraram que os níveis de fósforo, bem como suas fontes e modo de aplicação somados aos diferentes tipos de palha, entre elas a aveia, influenciaram a dinâmica desse nutriente nas camadas do solo. Isto é devido à capacidade de adsorção de P diminuir com o aumento da concentração deste elemento no solo (Whalen et al., 2002), e da capacidade de adsorção dos colóides do solo ser diminuída em presença dos ácidos orgânicos liberados pela palha em superfície (Franchini et al, 2001). Aumento de fósforo disponível no solo em função da aplicação de lodo de esgoto foi demonstrado por vários trabalhos, entre eles Marques (1997), Berton et al. (1989 e 1997), Silva et al. (1998 e 2002), Nascimento et al. (2004) e Galdo et al. (2004), em razão do lodo de esgoto diminuir a adsorção do elemento no solo, devido a matéria orgânica fornecer íons orgânicos que competiram com o fosfato pelos sítios de adsorção, bem como a formação de complexos e quelatos, aumentando assim sua disponibilidade (Hue, 1995).

Tabela 4. Valores de matéria orgânica do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	M. O. (g dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	20 A B	18 A B	19	18 A	19 A
LB	22 A a	22 A a	20 a b	17 A B b	20 A
LC	20 A B a	17 B a b	16 b	13 B C b	16 B
E	18 B a	18 B a	16 a b	13 B b	16 B
T	17 B a	15 B a b	17 a	12 B b	15 B
Média	19 a	18 a b	17 b	14 c	17
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	15 A B a	13 b	14 A B a b	14 A a b	14 A B C
LB	17 A a	14 b	14 A B b	14 A b	14 A
LC	17 A a	14 b	13 B b	13 A b	14 A B
E	13 C a b	13 a b	15 A a	12 A b	13 B C
T	14 B C a	14 a	14 A B a	10 B b	13 C
Média	15 a	13 b c	14 b	13 c	14
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	13 A B a b	12 B b	13 a b	14 A a	13
LB	14 A B a	12 A B b	13 a b	14 A B a b	13
LC	15 A	13 A B a b	13	13 A B	13
E	12 B a b	13 A B a b	14 a	12 B C b	13
T	13 A B a	14 A a	14 a	10 C b	13
Média	13 a	13 a b	13 a b	12 b	13
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	14 A a	12 A B b	12 a b	13 a b	13
LB	14 A B a	11 B b	13 a b	13 a b	12
LC	14 A	13 A	13	143	13
E	12 B C b	13 A a b	14 a	12 b	13
T	12 C	13 A B	13	12	12
Média	13 a	12 b	13 a b	12 a b	13
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	14	12	13	13 B C	13 B
LB	14 b	12 b	14 b	17 A a	14 A
LC	14 b	12 b	14 b	18 A a	14 A
E	12	14	13	15 B	13 A B
T	12	14	12	12 C	13 B
Média	13 b	13 b	13 b	15 a	13

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 5. Valores de fósforo (P) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	P resina (mg dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	119 A B b	85 b	92 b	193 A a	122 A
LB	126 A B	115	125	83 B	112 A B
LC	80 B	93	112	72 B	89 B C
E	144 A a	135 a b	109 a b	88 B b	119 A
T	86 B	84	86	64 B	80 C
Média	111	102	105	100	104
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	61 a b	49 b	52 b	97 A a	65
LB	75	63	77	59 A B	69
LC	68	67	54	57 B	61
E	69	50	64	63 A B	61
T	49	54	50	60 A B	53
Média	64	57	59	67	62
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	41 b	45 b	66 a	62 a	53 A
LB	45	45	48	59	49 AB
LC	53	52	52	51	52 A B
E	41	46	45	49	45 B
T	40 b	47 a b	56 a b	57 a	50 AB
Média	44 c	47 b c	53 a b	56 a	50
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	46 b	46 b	57 A a	50 A B b	52
LB	39 b	49 a b	56 A B a	55 A a	50
LC	48 a b	55 a	61 A B a	38 B b	50
E	47	49	48 B	47 A B	47
T	44	49	57 A B	44 A B	48
Média	45 b	50 a b	57 a	47 b	50
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	36	35	37	42 B	38 C
LB	38 b	44 b	48 b	86 C a	54 B
LC	38 b	42 b	35 b	95 C a	52 B
E	48 b	50 b	47 b	127 A a	68 A
T	28 b	42 b	53 b	78 C a	50 B
Média	38 b	42 b	44 b	86 a	52

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Valores de alumínio (Al^{+3}) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Al^{+3} (mmol _c dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0	0	0	0 B	0 B
LB	0 b	0,3 b	0,3 b	1 A a	0,4 A
LC	0	0	0	0 B	0 B
E	0	0	0	0 B	0 B
T	0	0,3	0	0,3 B	0,1 B
Média	0 b	0,1 b	0,1 b	0,3 a	0,1
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,3 A B	0 B	0 B	0 B	0 B
LB	0,3 A B b	0 B b	0,8 A a	1 A a	0,5 A
LC	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
E	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
T	0,5 A a	0,5 A a	0,5 A a	0 B b	0,3 A
Média	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0 A B	0	0	0 B	0 B
LB	0,5 A a	0	0 b	0,5 A a	0,3 A
LC	0 A B	0 b	0,3	0 B	0,1 A B
E	0 A B	0	0	0 B	0 B
T	0,3 A B	0,3	0,3	0 B	0,2 A B
Média	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0 B	0	0	0 B	0 B
LB	0 B	0	0	0 B	0 B
LC	0,3 A a	0 b	0 b	0 B b	0,1 A B
E	0 B b	0 b	0 b	0,5 A a	0,1 A
T	0 B	0	0	0 B	0 B
Média	0,1	0	0	0,1	0
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0 B b	0 b	0,5 a	0,3 a b	0,2
LB	0,3 A B	0	0,3	0,3	0,2
LC	0 B	0	0	0	0
E	0 B	0	0,3	0	0,1
T	0,5 A a	0,3 a b	0 b	0 b	0,2
Média	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 7. Valores de H+Al do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	H + Al (mmol _c dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	8 C	10 B	12 B	9 D	10 C
LB	16 A b	10 A b	20 A b	28 A a	21 A
LC	10 B C b	9 B b	9 B b	16 C c	11 C
E	10 B C	11 B	11 b	14 c	11 C
T	14 A B c	17 A b c	19 A a b	22 B c	18 B
Média	12 c	13 a b	14 b	18 a	14
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	18 A B	16 B C	19 B C	15 B
LB	22 A b	21 A B b	23 A B a b	28 A a	23 A
LC	14 B	13 C	14 C	18 B	15 B
E	16 B	17 A B C	19 A B C	18 B	18 B
T	19 A B b	22 A a b	24 A a	20 B a b	21 A
Média	19 b	18 a b	20 a	20 a	19
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	19 A	18 A	19 C	20 B
LB	21 A a b	19 A b	23 A a	24 A a	22 A
LC	16 B b	15 B b	20 B C a	20 B a	18 D
E	19 A	19 A	21 A B C	20 B	20 B C
T	21 A	20 A	22 A B	20 B	21 A B
Média	19 b c	18 c	21 a	21 a b	20
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	21 A B a	18 B b	18 B C a b	21 a
LB	22 A	19 B	22 A B	21	21 A B
LC	19 B a b	18 B b	18 C b	22 a	19 C
E	20 A B	19 B	20 A B C	21	21 B C
T	20 A B b	23 A a	22 A a b	21 a b	21 A
Média	20 a b	19 b	20 a b	21 a	20
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	21 a b	18 b	23 a	22 A a b
LB	21 a b	20 a b	22 a	18 B b	20 A
LC	21 a b	19 b	23 a	10 C c	18 B
E	21 a	19 a	20 a	11 C B	18 B
T	23 a	22 a	21 a	17 B b	20 A
Média	21 a	19 b	22 a	15 c	20 A

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

A redução do Al^{+3} (Tabela 6) e da acidez potencial representada pelos valores de H+Al (Tabela 7), evidenciam os efeitos positivos dos resíduos industriais, urbanos e das coberturas vegetais para a correção dos níveis destes elementos no solo, com exceção do LB, que apesar de ter diminuído os teores iniciais de Al^{+3} e H+Al do solo, foi menos eficiente quando comparado aos demais, fato este que pode ser atribuído ao não uso do cal em seu tratamento.

Neste sentido, segundo Marques (1997) e Melo et al. (2000) a adição de lodo de esgoto ao solo tem provocado diminuição da acidez potencial, aumento do pH e segundo Berton et al. (1989) diminuição no teor de Al trocável. Utilizando escória de siderurgia como corretivo de acidez Prado et al. (2002) também verificaram diminuição da concentração de H+Al.

Nas condições do presente trabalho, pode-se dizer que a aplicação de resíduos industriais e urbanos, aplicados em superfície traz grandes benefícios na redução da acidez trocável, em razão da diminuição do alumínio tóxico, proporcionando melhor ambiente ao crescimento radicular e com isso maior absorção de água e nutrientes, o que induz melhor desenvolvimento da parte aérea e produtividade.

Observando a Tabela 8, verifica-se que os resíduos LS e LC apresentaram baixos teores de K^+ nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, provavelmente devido à alta concentração de Ca^{+2} presente nos mesmos, competindo por sítios de adsorção, possibilitando sua lixiviação ao longo do perfil.

Os resíduos LB e E apresentaram os maiores teores de K^+ no solo, podendo ser justificado pela composição química do resíduo. No caso da utilização de biossólidos na agricultura Ros et al. (1993) recomendam complementação com K, principalmente quando a cultura é exigente neste nutriente.

Tabela 8. Valores de potássio (K^+) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	2,0 C a	1,3 B a b	1,2 B b	1,2 b	1,4 B
LB	3,2 B a	2,7 A a b	2,1 A b	0,8 c	2,2 A
LC	1,9 C a	1,4 B a b	1,5 A B a	0,6 b	1,4 B
E	4,1 A a	1,7 B b	1,6 A B b	0,7 c	2,0 A
T	2,0 C a	1,5 B a	1,9 A B a	0,7 b	1,5 B
Média	2,7 a	1,7 b	1,6 b	0,8 c	1,7
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,0 B	0,7	0,6	0,6	0,7 B
LB	1,8 A a	0,9 b	0,7 b	0,6 b	1,0 A
LC	1,0 B	0,6	0,7	0,5	0,7 B
E	2,3 A a	0,7 b	0,7 b	0,5 b	1,0 A
T	0,9 B	0,8	0,8	0,4	0,7 B
Média	1,4 a	0,7 b	0,7 b	0,5 b	0,8
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,6 B b	0,6 b	0,5 b	1,6 A a	0,8
LB	1,2 A B	0,4	0,6	0,4 B	0,6
LC	0,6 B	0,4	0,5	0,4 B	0,5
E	1,6 A a	0,4 b	0,4 b	0,4 B b	0,7
T	0,7 D	0,5	0,7	0,4 B	0,6
Média	0,9 a	0,4 b	0,5 b	0,6 a b	0,6
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,5 B C a	0,2 b	0,5 a	0,4 a b	0,4
LB	0,5 B a	0,2 b	0,4 a b	0,6 a	0,4
LC	0,4 B C a b	0,2 b	0,4 a	0,5 a	0,4
E	0,7 A a	0,3 b	0,3 b	0,4 b	0,4
T	0,3 C b	0,4 a b	0,5 a	0,5 a b	0,4
Média	0,5 a	0,3 b	0,4 a	0,5 a	0,4
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,5 B b	0,4 b	0,4 b	1,9 a	0,8 A B
LB	0,5 B	0,3	0,5	1,0	0,6 B
LC	1,4 B	0,4	0,6	1,0	0,8 A B
E	3,0 A a	0,4 b	0,6 b	1,2 b	1,3 A
T	0,4 B	0,4	0,9	1,0	0,7 B
Média	1,2 a	0,4 b	0,6 b	1,2 a	0,8

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Em relação às espécies vegetais, verifica-se que o girassol promoveu os maiores teores de K^+ no solo em todas as camadas avaliadas, salientando também a eficiência da aveia em promover maior caminhamento no perfil. Estas espécies vegetais também podem ter absorvido menos K, levando a estes resultados.

Na Tabela 9 pode-se observar os efeitos nos teores de Ca^{+2} em decorrência do uso dos resíduos e das plantas de cobertura. Os resíduos LS e LC apresentam maiores deste elemento na profundidade de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m. Este fato pode ser justificado por eles conterem grandes quantidades deste nutriente, com o LS contendo 28 % e LC, 37% de Ca (Tabela 1). O LB apresentou os menores teores de Ca, por apresentar apenas 2% do elemento na massa de matéria seca.

Comparando-se os dois lodos de esgoto utilizados, o alto teor de Ca^{+2} do LS é atribuído ao uso de cal do processo de desinfecção deste, o que não acontece no LB (Melo et al. 2001).

O alto teor de Ca encontrado quando se utilizou a LC também foram observados por Guerrini e Villas Bôas (1996) que demonstraram que a lama cal pode ser comparada a um calcário calcítico em função deste material constituir-se predominantemente por carbonato de cálcio e hidróxido de sódio.

No caso das espécies vegetais, a cultura da aveia favoreceu os teores de Ca^{+2} em profundidade, sendo que a cultura do girassol apresentou os maiores teores até a camada de 0,25 m.

A Tabela 10 apresenta os resultados de magnésio em decorrência da aplicação de diferentes resíduos industriais e urbanos e de coberturas vegetais. Verifica-se que a E apresentou os maiores teores de Mg no solo, quando comparada com os demais resíduos. Esse aumento é o resultado da composição química do material empregado, pois no processo de fundição do aço, o Ca e o Mg provenientes do calcário e silicato participam das reações (Firme, 1986). Prado e Fernandes (2000) trabalhando com escória de siderurgia, também encontraram aumentos nos teores de Ca e Mg nos solos cultivados com cana-de-açúcar.

Tabela 9. Valores de cálcio (Ca^{+2}) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	307 A a	260 A B a b	178 b	224 A a b	242 A
LB	79 C	59 D	53	27 B	54 C
LC	244 A B a	229 A a	171 b	42 B c	189 A B
E	242 A B a	178 B C a	169 a b	61 B b	162 B
T	141 B C a	111 C D a b	46 a b	28 B b	81 C
Média	203 a	181 a	123 b	76 b	146
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	80 A B a	60 A B a b	40 b	55 a b	59 A B
LB	46 B	39 B	43	23	38 C
LC	98 a a	83 A a b	52 b c	31 c	66 A
E	71 A B a	44 B b	37 a b	30 b	46 B C
T	52 B	29 B	25	27	33 C
Média	59 a	51 b	39 b c	33 c	48
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	40 B a	40 B a	29 b	29 b	34 B
LB	37 B a	49 B a	25 b	24 b	31 A B
LC	53 A a	54 A a	27 b	25 b	40 A
E	35 B a	30 C a b	26 b	25 b	29 B
T	35 B a	28 C b	25 b	26 b	29 B
Média	40 a	38 a	26 b	26 b	32
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	34 a b	38 A B a	29 b c	24 A B c	31 A B
LB	34 a	36 B C a	25 b	30 A a b	32 A B
LC	38 a	44 A a	27 b	23 B b	33 A
E	36 a	29 C D a b	24 b	24 A B b	28 B C
T	35 a	25 D b	25 b	24 A B b	28 C
Média	36 a	35 a	26 b	25 b	30
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	31	36	20	24 C	28 B
LB	32 b	36 b	24 b	135 B a	57 A
LC	33 b	36 b	21 b	209 A a	75 A
E	36 b	29 b	25 b	139 B a	57 A
T	32	24	25	44 C	31 B
Média	33 b	32 b	23 b	110 a	50

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 10. Valores de magnésio (Mg^{+2}) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Mg ($mmol_c dm^{-3}$ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	15 B	8 B	8	7	9 B
LB	15 B a	13 B a b	10 a b	4 b	10 B
LC	11 B a b	7 B a b	16 a	4 b	10 B
E	38 A a	27 A b	17 b	6 c	22 A
T	13 B a	8 B a b	8 a b	3 b	8 B
Média	18 a	12 b	12 b	5 c	12
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5 B	3	4	3	4
LB	7 B a	5 a b	4 a b	2 b	5
LC	5 B	4	4	5	4
E	10 A a	4 b	5 b	4 b	6
T	5 A B	3	4	5	4
Média	6 a	4 b	4 b	4 b	5
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	6	4	6	4 C	5
LB	5	5	6	4 B C	5
LC	5	5	6	7 A	6
E	6	6	5	7 A	6
T	5	5	7	6 A B	6
Média	5 a b	5 b	6 a	6 a b	5
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	8 a b	8 a b	10 a	7 b	8
LB	8	7	8	8	8
LC	7 b	8 a b	10 a	8 a b	8
E	8 a b	8 a b	9 a	7 b	8
T	8	8	10	8	8
Média	8 b	8 b	9 a	8 b	8
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	9	9	8	8 B	8 B
LB	8	8	10	6 B	8 B
LC	10	9	9	7 B	9 B
E	10 b	8 b	9 b	20 A a	12 A
T	8 a b	8 a b	11 a	6 B b	9 B
Média	9	8	9	10	9

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Houve caminhamento do Mg no perfil do solo, independente do resíduo utilizado, sendo esse elemento, juntamente com o Ca indispensável no crescimento radicular, principalmente em profundidade. A cultura do girassol apresentou maiores quantidades desse nutriente na camada superficial, favorecendo também o seu caminhamento no perfil. Quando utilizou-se a aveia e o resíduo E, verificou-se que na profundidade de 0,25-0,35 m um alto teor de Mg.

Na Tabela 11 são mostrados os valores para capacidade de troca catiônica (CTC) em decorrência da aplicação de diferentes resíduos e coberturas vegetais utilizadas. O aumento da CTC verificado se deve ao fato da elevação do pH, levando a diminuição drástica do H+Al, bem como ao aumento do teor de Ca, Mg e K.

O aumento nos valores de CTC do solo foi expressivo para todos os resíduos e plantas de cobertura, com os maiores teores na camada superficial. O efeito direto dos lodos de esgoto LS e LB e indiretamente da E e LC na CTC do solo pode ser explicado em razão do aumento da matéria orgânica por esses resíduos, a qual representa grande influência na CTC dos solos intemperizados, que apresentam predominância de caulinita e gibsitita; a elevação nos valores de CTC do solo proporcionarão aumentos na disponibilidade dos nutrientes para a nutrição das culturas (Melo e Marques, 2000). Trabalhos de Oliveira et al. (2002) e Nascimento et al. (2004) com lodo de esgoto têm demonstrado aumento nos valores de CTC do solo.

Apesar de ter ocorrido aumento da CTC em todos os solos tratados com os resíduos e coberturas vegetais utilizadas, os maiores valores foram encontrados quando se utilizou o resíduo LS e LC, devido ao Ca. Na aveia pode ser devido ao crescimento radicular.

Tabela 11. Valores de CTC do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	CTC (mmol _c dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	332 A a	278 A a b	200 A b	242 A a b	263 A
LB	114 C	95 C	84 B	60 B	88 C
LC	268 A B a	317 A a	198 A b	63 B c	211 A B
E	294 A a	217 A B a	199 A a	81 B b	179 B
T	169 B C a	136 B C a b	75 B a b	54 B b	108 C
Média	235 a	208 a	151 b	100 c	174
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	105 A B a	80 A B a b	64 b	74 a b	81 A B
LB	77 B	66 A B	71	54	67 B C
LC	117 A a	101 A a b	70 b c	54 c	85 A
E	99 A B a	67 A B a b	63 a b	53 b	70 A B C
T	77 B	56 B	54	53	60 C
Média	95 a	74 b	64 b	57 b	73
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	65 B a	63 B a	54 b	55 b	59 b
LB	64 B a	64 B a	54 b	52 b	59 b
LC	74 A a	75 A a	53 b	52 b	63 a
E	62 B a	55 C b	53 b	52 b	55 c
T	62 B a	53 C b	54 b	53 b	56 c
Média	65 a	62 b	54 c	53 c	58
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	64 a	64 B a	57 b	53 B b	60 A B
LB	65 a	63 A B a	56 b	60 A a b	61 A
LC	65 a	71 A a	56 b	53 A B b	61 A
E	65 a	57 B b	54 b	53 B b	57 B
T	63 a	57 B a b	57 a b	53 B b	57 B
Média	64 a	62 a	56 b	54 b	59
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	62	64	52	56 C	58 B
LB	62 b	64 b	57 b	160 B a	86 A
LC	65 b	64 b	54 b	226 A a	102 A
E	70 b	57 b	55 b	172 B a	88 A
T	63	54	58	68 C	61 B
Média	64 b	60 b	55 b	136 a	79

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Os resíduos que apresentaram maiores valores de saturação por bases foram o LS, LC e E na camada superficial, com os menores valores deste com a combinação com a aveia. Já na camada de 0,25-0,35, quando se utilizou a aveia, houve aumento do V% nos resíduos utilizados, com exceção do LS.

A saturação por bases está intimamente ligada ao pH, a justificativa para tal fato é de que solos intemperizados, onde predominam minerais 1:1 e sesquióxidos de ferro e alumínio, as cargas negativas do solo são em grande parte dependentes de pH, e com seu aumento há maior disponibilidade de cargas para a adsorção de Ca, Mg e K aos colóides, principalmente, orgânicos fazendo com que os valores de V% aumentem conseqüentemente (Raij, 1991).

A Tabela 13 mostra os valores de enxofre em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de diferentes coberturas vegetais. Houve diferença entre os resíduos na camada de 0,00-0,05 m, apenas quando utilizadas nabiça e aveia, com teores de S bastante variáveis.

Verifica-se maior concentração de S na camada até 0,05 m, mas também é encontrado nas camadas de 0,15-0,25 e 0,25-0,35, o que pode ser explicado pelo fato do S estar no solo na forma de ânion, podendo ser lixiviado devido a repulsão que sofre pela presença das cargas negativas do solo.

A Tabela 14 mostra os valores de boro em conseqüência da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de diferentes coberturas vegetais, indicando que os resíduos LS, LB e E, apresentaram os maiores teores de B, até os 0,10 m de profundidade.

O efeito do LS e E pode ser justificado em razão dos elevados valores de pH do solo proporcionados por esses dois resíduos, o que favorece a disponibilidade deste nutriente.

Tabela 12. Valores de V% do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	V%				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	97 A	96 A	88 A	95 A	94 A
LB	86 B a	79 B a	76 B a	52 C b	73 B
LC	92 A b	96 A a	95 A a	74 B b	89 A
E	96 A B a	95 A a	94 A a	81 B b	91 A
T	87 A B a	78 B a b	74 B b	58 C c	74 B
Média	91 a	89 a b	85 b	72 c	84
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	77 A	78 A B	79 A B	69 A B
LB	48 C a	70 B a	68 B C a b	60 B b	62 C
LC	66 A B a	85 A a	87 A a b	70 A b	79 A
E	65 A B a	80 A B a b	74 A B a b	68 A B b	72 B
T	61 B C a	72 A B a b	59 C b	55 B a b	62 C
Média	77 a	73 a	66 b	63 b	70
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	70 B	71 B	65 A	64 A
LB	67 B a	70 B a	58 B b	55 B b	62 B
LC	79 A a	79 A a	62 A B b	61 A B b	70 A
E	69 B a	65 A B a b	59 A B b	62 A a b	64 B
T	66 B	61 B	60 A B	62 A	62 B
Média	70 a	69 a	61 b	61 b	65
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	66 a	72 A B a	67 a	59 b
LB	66 a b	69 A B a	61 b	65 a b	65 A B C
LC	71 a b	74 A a	67 b	60 c	68 A
E	69 a	66 B a b	62 b	59 b	64 B C
T	69 a	59 C b	61 b	60 b	62 C
Média	68 a	68 a	63 b	61 b	64
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	65 a b	71 a	55 c	61 C b c
LB	65 b	69 a	61 b	80 B a	69 A B
LC	68 b	71 b	57 c	96 A a	73 A
E	70 b	66 b	63 b	91 A a	72 A
T	64 b	59 b	63 b	74 B a	65 B C
Média	66 b	67 b	60 c	80 a	68

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 13. Valores de enxofre (S) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	S (mg dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	26	22	38 B	32 A	29
LB	30 a b	42 a	40 A B a b	16 A B b	32
LC	32 b	37 b	63 A a	7 B c	35
E	25 a b	37 a	32 B a b	7 A B b	25
T	30 a b	39 a	43 A B a	7 B b	30
Média	28 b	35 a b	43 a	13 c	30
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	21 A a	9 b	10 b	11 b	13
LB	9 B	10	16	7	11
LC	7 B	10	13	5	9
E	8 B	8	11	5	8
T	10 B	10	10	6	9
Média	11 a b	9 a b	12 a	7 b	10
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	14	7	7	7 B	9
LB	6	8	13	7 B	8
LC	7	8	9	7 B	7
E	7 b	7 b	11 a b	19 A b	11
T	8	9	9	8 b	8
Média	8	8	10	9	9
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7	13	8 B	10 B	10
LB	12 b	13 b	24 A a	7 B b	14
LC	7 b	8 b	15 A B a b	23 A a	13
E	14	9	12 B	14 A B	12
T	12	7	11 B	8 B	9
Média	10	10	14	12	12
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	12	12	20 A B	18 B	16 B
LB	14 c	24 b c	36 A a b	50 A a	31 A
LC	8 b	17 a b	22 A B a b	31 B a	19 B
E	14	12	24 A B	30 B	20 B
T	17	26	14 B	27 B	21 B
Média	13 c	18 b c	23 a b	31 a	21

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

O lodo de esgoto LB foi o tratamento que apresentou os melhores resultados no teor de B disponível na camada de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m. Esse aumento pode ser justificado em razão desse resíduo apresentar em sua composição 50% de matéria orgânica a qual é fonte primária desse nutriente no solo. Os incrementos nos teores de B em função da aplicação de LS, de forma semelhante ao LB, são em razão desse lodo de esgoto apresentar 26 % de sua composição em matéria orgânica, contribuindo para o aumento no teor B disponível no solo.

Quanto às plantas de cobertura, a nabiça apresentou os melhores resultados em todas as camadas estudadas.

A Tabela 15 apresenta os valores de cobre em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de diferentes coberturas vegetais. Os maiores teores de Cu encontrados no solo foram proporcionados quando se aplicou LB, até a profundidade de 0,10 m. Estes valores podem ser atribuídos a alta presença de Cu em sua constituição química.

Para os resíduos LS, LC e E, houve redução nos teores de Cu no solo até a profundidade de 0,10 m, em função da aplicação dos resíduos na superfície do solo que favoreceu maior elevação do pH nesta profundidade, reduzindo dessa forma a disponibilidade deste nutriente no solo.

Tabela 14. Valores de boro (B) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Boro (mg dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,16 A B a	0,09 C b	0,15 B a	0,15 A a	0,14 AB
LB	0,20 A b	0,20 A b	0,25 A a	0,12 A c	0,19 A
LC	0,16 B b	0,12 B C b	0,14 B b	0,07 B C a	0,12 C
E	0,19 A B a	0,15 B a	0,15 B a	0,07 C b	0,14 A B
T	0,15 B a b	0,16 A B a	0,17 B a	0,11 A B b	0,15 B
Média	0,17 a	0,14 b	0,17 a	0,10 c	0,15
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,12 a b	0,10 B C b	0,15 a	0,14 A a	0,13 A
LB	0,13 b	0,14 A B a b	0,17 a	0,10 B c	0,14 A
LC	0,10 a b	0,09 C b c	0,14 a	0,06 C c	0,10 B
E	0,12 b	0,13 A B C a b	0,15 a	0,08 B C c	0,12 A
T	0,12	0,14 A	0,15	0,11 A B	0,13 A
Média	0,12 b	0,12 b	0,15 a	0,10c	0,12
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,10 b	0,10 B b	0,17 A a	0,17 A a	0,13 A B
LB	0,10 b	0,14 A a	0,15 A B a	0,08 B b	0,12 B C
LC	0,11 b	0,15 A a	0,13 B a b	0,07 B c	0,11 C
E	0,11 a b	0,14 A a	0,14 A B a	0,09 B b	0,12 B C
T	0,12 b	0,15 A a b	0,17 A B a	0,13 A a b	0,14 A
Média	0,11 c	0,13 b	0,15 a	0,11 c	0,20
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,11 c	0,13 b c	0,18 a	0,16 A a b	0,15 A
LB	0,10 b	0,15 a	0,15 a	0,05 D c	0,11 B
LC	0,12 b	0,13 b	0,14 b	0,07 C D a	0,12 B
E	0,11	0,14	0,14	0,11 B C	0,13 A B
T	0,10 b	0,15 a	0,16 a	0,12 A B a b	0,13 A B
Média	0,11 b	0,14 a	0,15 a	0,10 b	0,13
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,13 b	0,13 b	0,16 a	0,15A a b	0,14 A
LB	0,09 b	0,15 a	0,15 a	0,08 A B b	0,12 B
LC	0,10 b	0,14 a b	0,14 a	0,06 B c	0,11 B
E	0,09 b	0,14 a	0,15 a	0,10 B b	0,12 B
T	0,11 b	0,16 a	0,15 a	0,16 A a	0,14 A
Média	0,10 b	0,14 a	0,15 a	0,11 b	0,13

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 15. Valores de cobre (Cu) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Cobre (mg dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,2 C	1,2 C	1,3 B	1,2 B	1,2 C
LB	4,2 A	4,1 A	3,7 A	4,0 A	4,0 A
LC	2,2 B	2,2 B	1,6 B	1,4 B	1,9 B
E	1,2 B C	1,2 B C	1,2 B	1,2 B	1,2 C
T	1,3 B C	1,7 B C	1,4 B	1,3 B	1,4 B C
Média	2,0	2,1	1,8	1,8	1,9
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,5 B	1,7 B	1,6	1,3 B	1,5 B
LB	2,2 A a	2,3 A a	1,7 b	2,0 A a b	2,0 A
LC	1,7 B	1,5 B	1,6	1,4 B	1,5 B
E	1,5 B	1,6 B	1,5	1,3 B	1,5 B
T	1,6 B	1,6 B	1,5	1,3 B	1,5 B
Média	1,7 a	1,7 a	1,6 a b	1,5 b	1,6
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,7 a	1,5 b	1,5 a b	1,5 B a b	1,5 B
LB	1,7 a b	1,6 b	1,6 a b	1,8 A a	1,7 A
LC	1,6	1,6	1,6	1,6 B	1,6 B
E	1,6 a	1,6 a	1,6 a	1,4 B b	1,5 B
T	1,7 a	1,6 a b	1,6 a b	1,5 B b	1,6 A B
Média	1,6 a	1,6 a b	1,6 a b	1,5 b	1,6
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,7 A B	1,5	1,5	1,6 A B	1,6 B
LB	1,9 A a	1,6 b	1,6 b	1,8 A a	1,7 A
LC	1,6 A B	1,7	1,6	1,8 A	1,7 A B
E	1,7 A B	1,6	1,6	1,6 A B	1,6 A B
T	1,6 B a b	1,6 a b	1,7 a	1,5 B b	1,6 A B
Média	1,7	1,6	1,6	1,7	1,6
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	2,0	2,0	1,9	1,9 A B	2,0
LB	1,9	1,9	2,0	3,0 A	2,2
LC	2,2	1,8	2,0	2,0 A B	2,0
E	1,9 a b	1,8 b	3,0 a	1,0 B b	1,9
T	2,1	1,9	1,9	1,2 B	1,8
Média	2,0	1,9	2,2	1,8	2,0

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

A Tabela 16 apresenta os valores de ferro em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de diferentes coberturas vegetais. O tratamento que forneceu maior quantidade de ferro ao solo na profundidade de 0,00-0,05 m foi o LB com a aveia e o girassol como cobertura vegetal.

Esse aumento no teor de Fe em função do LB no solo é razão desse resíduo não ter proporcionado alteração nos valores de pH (Tabela 3), somado ao fato do alto teor desse elemento no solo (Tabela 1). Para os resíduos LS, LC e E, houve uma redução nos teores de Fe no solo até a profundidade de 0,10 m, que pode ser atribuída à elevação do pH (Raij, 1991), pela capacidade de neutralização da acidez do solo, devido à presença de CaO e CaOH e, de acordo com Bayer e Mielniczuk (1999), aos ácidos húmicos que mostram grande capacidade de adsorção de Zn, Fe, Mn, Cu, principalmente em função do grupamentos OH nas extremidades do colóide.

A escória de aciaria (E), mesmo apresentando os maiores teores de Fe em sua composição, não elevou os teores desse nutriente no solo, talvez devido aos elevados valores de pH proporcionados por esse resíduo no decorrer do tempo de reação ao longo de todo o perfil do solo, até a profundidade de 0,40 m, o que pode ser atribuído à maior adsorção do Fe às partículas coloidais do solo e da matéria orgânica. Outro fator a ser considerado, pode estar relacionado a possíveis formas insolúveis nos quais os compostos de ferro se encontram fazendo parte da escória, uma vez que, conforme Tabela 1, esse resíduo apresenta teores elevados desse elemento em seus componentes.

Na Tabela 17 estão presentes os valores de manganês em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de coberturas vegetais. Os resíduos LB e E proporcionaram os maiores teores de Mn no solo, até a profundidade de 0,15 m. Cantarella (1999) estipula uma faixa de aceitação alta de teor de Mn^{2+} no solo, com valores entre 100 – 207 $mg\ dm^{-3}$, sendo os valores encontrados bem inferiores a estes, como pode ser observado na Tabela 17, sugerindo que mesmo o LB e a E aumentando o teor de Mn no solo este não chega a níveis considerados tóxicos ao desenvolvimento da planta. O manganês é insolúvel.

Os resíduos LS e LC podem ser considerados os melhores para a redução de Mn^{2+} disponível no solo, uma vez que esse elemento em determinadas concentrações para determinada cultura pode ser considerado tóxico e prejudicar o crescimento radicular e consecutivamente o desenvolvimento da planta. As respostas para

redução do teor de Mn^{2+} no solo, de ambos os resíduos (LS e LC) podem ser atribuídas ao aumento dos valores de pH no solo (Tabela 3), pois a medida que eleva-se os valores de pH reduz-se teor de Mn no solo (Raij, 1991).

A Tabela 18 apresenta os valores de zinco em função a aplicação de resíduos industriais e urbanos e de coberturas vegetais. O tratamento LB com todas as coberturas apresentou maiores teores de zinco, nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m. Esses resultados confirmam os trabalhos de Borges e Coutinho (2004), Galdo et al. (2004) e Berti e Jacobs (1996) que também demonstraram o aumento nos teores de zinco no solo em razão da aplicação de lodo de esgoto, e discutem que estes resultados estão relacionados a complexação desse elemento pela matéria orgânica. A formação de complexos (quelatos) dos micronutrientes com compostos orgânicos da fração húmica e ácidos de baixo peso molecular, reduz a possibilidade de precipitação com os óxidos do solo e, devido à vida útil desse complexo ser curta, possibilita liberação de forma contínua e gradativa dos micronutrientes às plantas (Santos e Camargo, 1999).

Os resíduos LS, LC e E não tiveram muita influência no teor de Zn disponível no solo, o que pode ser atribuído aos valores elevados de pH proporcionados pelos mesmos, diminuindo assim a disponibilidade desse nutriente.

Tabela 16. Valores de ferro (Fe^{+2}) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Ferro (mg dm^{-3} de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	11 C	12 B C	14 B C	12 C	12 C
LB	40 A a b	27 A c	34 A b c	43 A a	36 A
LC	14 B C a b	8 C b	10 C a b	17 B C a	12 C
E	17 B C	15 B C	15 B C	18 B C	16 C
T	21 B	19 A B	21 B	23 B	21 B
Média	21 a b	16 c	19 b c	23 a	19
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	23 B C	17 B C	20	15 B
LB	35 A a	29 A a b	25 b	29 A a b	29 A
LC	17 C	12 C	17	19 B	16 C
E	18 C	16 B C	22	20 B	19 C
T	30 A B	24 A B	24	23 A B	25 B
Média	25 a	19 b	21 a b	21 a b	22
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	21	19	21	22 B
LB	25 a	17 b	25 a b	31 A a	24 A B C
LC	20 b	18 b	21 a b	29 A B a	22 B C
E	23 b	25 b	23 b	34 A a	26 A
T	25	22	24	27 A B	25 A B
Média	23 b	20 b	23 b	28 a	23
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	23	22	24	33 B
LB	45 a b	27 b	24 b	56 A a	38 A
LC	26 b	36 b	22 b	73 A a	39 A
E	24 b	30 b	25 b	62 A a	35 A B
T	27 b	29 b	42 a b	54 A B a	38 A
Média	29 b	29 b	27 b	55 a	35
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	61	57	66	71 A
LB	43 a b	48 a b	75 a	31 B b	49 A B
LC	65 a	59 a	76 a	13 B b	53 A B
E	68 a	48 a b	59 a	14 B b	45 B
T	74 b	68 b	58 b	19 B a	55 A B
Média	60 a	56 a	67 a	29 b	53

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 17. Valores de manganês (Mn^{+2}) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Manganês ($mg\ dm^{-3}$ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,9 C	4,2 B	4,7 B	4,4 C	4,3 B
LB	8,0 A B	8,8 A	8,0 A	7,5 A	8,0 A
LC	5,2 C	3,5 B	4,4 B	5,7 A b	4,7 B
E	8,9 A a	8,6 A a b	7,9 A a b	6,4 A B b	7,9 A
T	6,0 B C b	7,3 A a b	9,5 A a	6,9 A b	7,4 A
Média	6,4	6,5	6,9	6,2	6,5
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	5,4 B b	5,2 B C b	7,7 A a	3,7 B b
LB	7,5 A	7,2 A	6,6 A B	6,8 A	7,0 A
LC	4,4 B	4,0 C	5,1 B	5,0 A B	4,6 B
E	6,0 A B	6,6 A B	7,0 A	6,6 A	6,6 A
T	5,5 B	6,7 A B	6,9 A B	6,6 A	6,4 A
Média	5,8 b	5,9 a b	6,6 a	5,7 b	6,0 A
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	5,9 a b	4,4 C b	6,9 a	4,8 C b
LB	5,8 b	5,3 A B C b	6,8 a b	7,5 A a	6,3 A
LC	5,1	4,7 B C	5,5	5,2 B c	5,1 B
E	5,7	6,1 A B	6,6	7,2 A	6,4 A
T	5,8	6,6 A	6,5	6,9 A B	6,4 A
Média	5,6 b c	5,4 c	6,4 a	6,3 a b	5,9
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	6,3	5,4	7,1	6,5 B
LB	6,8	6,4	6,0	7,7 A B	6,7
LC	6,3 a b	6,8 a b	6,0 b	8,1 A B a	6,8
E	6,0 b	6,5 b	6,2 b	8,4 A a	6,8
T	7,3	6,2	7,1	8,0 A B	7,1
Média	6,5 b	6,3 b	6,5 b	7,7 a	6,8
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	7,6	7,5	8,8	7,9 A B
LB	7,0	7,4	8,8	7,2 A B	7,6
LC	8,7 a	6,8 a b	8,8 a	6,2 B b	7,6
E	7,7 a b	7,3 b	9,7 a	9,0 A a b	8,4
T	7,3	7,1	8,3	7,3 A B	7,5
Média	7,7 b	7,2 b	8,9 a	7,5 b	7,8

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 18. Valores de zinco (Zn^{+2}) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Zinco ($mg\ dm^{-3}$ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,6 B	3,0 B	3,9 B	4,1 B	3,6 B
LB	17,2 A a b	16,2 A b	22,2 A a	18,9 A a b	18,6 A
LC	5,0 B	5,4 B	4,6 B	4,0 B	4,7 B
E	3,7 B	3,1 b	3,7 B	4,4 B	3,7 B
T	3,7 B	4,7 B	4,3 B	3,6 B	4,1 B
Média	6,6	6,4	7,7	7,0	6,9
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	3,5 B	2,4 B	3,8	3,4 B
LB	6,2 A a b	7,7 A a	4,2 c	5,4 A b c	5,9 A
LC	3,0 B b	2,8 B b	3,2 a b	5,0 A B a	3,5 B
E	3,0 B	2,9 B	4,0	4,4 A B	3,6 B
T	2,9 B b	3,5 B a b	3,7 a b	5,2 A B a	3,8 B
Média	3,7 b	3,9 a b	3,8 b	4,7 a	4,0
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	3,2 b	3,2 B b	6,0 a	4,4 a b
LB	3,9	4,9 A B	5,2	4,4	4,6
LC	5,0	3,9 A B	4,0	4,3	4,3
E	4,3	3,9 A B	4,6	3,7	4,1
T	3,7	5,7 A	4,8	4,2	4,6
Média	4,0	4,3	4,9	4,2	4,3
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	4,4 B	3,7	4,6	3,6
LB	3,3 B	3,8	4,3	4,7	4,0
LC	4,0 b	4,2	4,9	3,7	4,2
E	6,8 A a	4,1 b	4,4 b	3,9 b	4,8
T	3,8 B	4,2	4,9	3,3	4,0
Média	4,5 a b	4,0 a b	4,6 a	3,8 b	4,2
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
	LS	4,3	3,9	3,3	4,1 B
LB	3,3	4,0	4,1	12,0 A	5,9
LC	3,4	4,5	4,1	5,0 B	4,3
E	4,1 b	4,7 b	6,5 b	4,2 B a	4,9
T	3,2	4,1	4,4	3,8 B	3,8
Média	3,7	4,2	4,5	5,8	4,5

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

A aplicação de lodos de esgoto (centrifugado e de biodigestor) e de resíduos industriais (lama cal e escória de aciaria) em plantio direto, não causou problemas de poluição ambiental em razão dos metais pesados no solo. De acordo com Mattiazzo et al. (2002) não existe extrator que tenha boa correlação com as quantidades fitodisponíveis para todos os metais pesados existentes no lodo de esgoto, havendo necessidade de se padronizar os métodos de análises, afim de maximizar os resultados obtidos em condições de solos ácidos.

Com a aplicação destes resíduos no solo foram observados apenas traços de elementos: As (Tabela 19), Cd (Tabela 20), Co (Tabela 21), Hg (Tabela 22), Pb (Tabela 23) e Sn (Tabela 24). Não foi observado Cr no solo. Pela legislação americana, através da lei 503, que estipulam níveis para As de $2,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e de 10 mg dm^{-3} para Pb, por ano, e até um limite de $7,6$ e 48 mg dm^{-3} para As e Pb no solo. Cabe ressaltar que os metais pesados apresentam elevada afinidade aos colóides do solo, sendo adsorvidos através de ligações covalentes, ficando muitas vezes indisponíveis à absorção das plantas. A adsorção no solo é determinada pelo equilíbrio entre as partículas de argila, matéria orgânica, hidróxidos de Fe, Al e Mn e quelantes solúveis. O pH, a CTC e a presença de cátions afetam a adsorção e a especiação iônica de metais pesados nos solos (Silveira et al. 2003).

Borges e Coutinho (2004) demonstraram que com a aplicação de lodo de esgoto diminui a disponibilidade do Pb às plantas devido a esse elemento passar da forma trocável para as frações menos fitodisponíveis (orgânica e óxidos), este efeito é ainda mais favorecido em solos com maiores teores de argila e com aumento da neutralização da acidez por meio de reações de precipitação e por aumento da adsorção, de forma covalente, em colóides de cargas variável.

O comportamento dos metais pesados no solo pode ser influenciado por vários atributos do solo, tais como: teor de argila, matéria orgânica, conteúdo de óxidos e pH (Borges e Coutinho, 2004), sendo, talvez, a matéria orgânica a principal responsável pela complexação desses elementos tóxicos no solo, tornando-os indisponíveis as plantas (Sousa et al., 1999). Entretanto trabalhos como de Nascimento et al. (2004) tem demonstrado que a aplicação de lodo de esgoto resulta em valores bem abaixo dos considerados adequados dos estipulados pela legislação européia e americana, o que permite sua aplicação sem maiores riscos ao ambiente. O trabalho de Adreoli e Pegorini (2000) demonstra que o uso agrícola do lodo de esgoto foi exaustivamente pesquisado em todo

mundo, não havendo registro de nenhum efeito adverso sobre o ambiente, por exemplo poluição de metais pesados seguindo todas as regulamentações existentes. A longo prazo, entretanto, o aumento das concentrações de metais pesados no solo resultante da aplicação de lodo de esgoto, torna-se uma preocupação justificada, pois se não controlada, pode ameaçar a cadeia trófica (Hue, 1995).

A complexação de metais por substâncias húmicas e a diminuição de elementos tóxicos e o aumento da disponibilidade de micronutrientes são muito influenciados pela presença de ácidos orgânicos de baixo peso molecular na solução do solo, porém estão presentes em baixíssimas concentrações, além de apresentarem vida útil muito curta (horas), no entanto são liberados constantemente por microrganismos e raízes (Santos et al., 1999).

Tabela 19. Valores de arsênio (As) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

As ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
0,00 – 0,05 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,03	0,00	3,18	4,25	2,11
LB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LC	0,00	0,00	3,83	0,00	0,96
E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T	3,48	0,00	0,00	0,00	0,87
Média	0,90	0,00	1,40	0,85	0,79
0,05 – 0,10 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	9,95 A a	1,50 a b	0,00 B b	0,00 b	2,86
LB	6,83 A B	1,30	1,90 B	0,00	2,51
LC	0,00 B	0,00	0,80 B	0,00	0,20
E	0,00 B b	0,00 b	11,18 A a	0,00 b	2,79
T	0,00 B	0,00	0,00 B	0,00	0,00
Média	3,36	5,60	2,78	0,00	1,67
0,10 – 0,15 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,60	0,00	1,18	0,00	0,69
LB	2,90	0,00	3,53	0,00	1,60
LC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,00	0,00	3,00	0,00	0,75
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	0,90	0,00	1,54	0,00	0,61
0,15 – 0,25 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	4,58	0,45	5,65	0,00	2,67 A B
LB	3,98	4,28	4,08	0,00	3,08 A
LC	3,78	0,00	2,28	0,00	1,51 A B
E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 B
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 B
Média	2,47	0,95	2,40	0,00	1,45
0,25 – 0,35 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7,30 C a	0,10 b	0,00 b	0,00 b	1,85
LB	1,30 B C	0,00	0,00	0,00	0,33
LC	2,90 A B C	2,20	0,00	0,00	1,28
E	5,65 A B a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	1,41
T	0,00 A	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	3,43 a	0,46 b	0,00 b	0,00 b	0,97

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 20. Valores de cádmio (Cd) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Cd ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 C	0,00 a	0,18 B a	1,95	0,53 D
LB	3,9 C B a	0,15 b	0,18 B a b	2,43 a b	1,66 B C
LC	7,65 A a	0,68 b	0,18 B b	1,63 b	2,53 A B
E	6,75 A a	0,45 b	2,03 A b	1,90 b	2,78 A
T	1,38 C a b	0,20 b	2,50 A a	0,88 a b	1,24 C D
Média	3,94 a	0,30 c	1,01 b c	1,76 b	1,75
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 C a	0,00 b	0,23 b	2,10 b	0,58 C
LB	5,10 B a	0,15 b	0,38 b	2,98 a	2,15 A B
LC	8,38 A a	0,68 b	0,15 b	1,88 b	2,77 A
E	5,88 B a	0,43 b	1,90 b	1,48 b	2,42 A
T	1,28 C	0,23	2,23	1,50	1,31 B C
Média	4,13 a	0,30 c	0,98 c	1,99 b	1,85
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 C	0,00	0,15 B	2,30 A B	0,61 B
LB	6,60 A B a	0,15 c	0,15 B c	3,58 A b	2,62 A
LC	8,18 A a	0,68 b	0,20 A B b	1,98 A B b	2,76 A
E	5,28 B a	0,45 b	1,75 A B b	1,60 B b	2,27 A
T	1,75 C b	0,20 b	2,05 A b	1,25 B a	1,31 B
Média	4,36 a	0,30 c	0,86 c	2,14 b	1,91
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 D b	0,00 b	0,15 B b	2,18 a	0,58 C
LB	6,43 B a	0,18 c	0,20 B c	2,48 b	2,32 A
LC	8,08 A a	0,68 b c	0,15 B c	2,03 b	2,73 A
E	6,08 B a	0,33 c	2,10 A b	1,35 b c	2,46 A
T	1,73 C a b	0,25 c	2,35 A a	1,20 a b	1,38 B
Média	4,46 a	0,29 d	0,99 c	1,85 b	1,90
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 C b	0,00 b	0,20 B b	1,98 A B a	0,55 B
LB	5,95 B a	0,15 c	0,23 B c	2,28 A b	2,15 A
LC	7,95 A a	0,73 b	0,53 B b	1,05 A B b	2,56 A
E	5,50 B a	0,33 c	2,25 A b	2,23 A b	2,58 A
T	0,00 C b	0,18 b	2,43 A a	0,73 B b	0,83 B
Média	3,88 a	0,28 c	1,13 b	1,65 b	1,73

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 21. Valores de cobalto (Co) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Co ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,95 A B b	3,10 b	2,90 B b	10,80 A a	5,19 A
LB	4,55 A b	3,50 b	3,23 B b	8,65 B a	4,98 A
LC	3,60 A B b	2,40 b	3,27 B b	6,55 C a	3,96 B
E	3,63 B b	3,38 b	6,98 A a	7,93 B C a	5,23 A
T	2,87 A B b	3,23 b	6,30 A a	7,10 B C a	4,88 A B
Média	3,52 c	3,12 c	4,54 b	8,21 c	4,85
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	4,80 A b	2,23 c	2,33 B c	8,28 a	4,41 B
LB	1,98 B b	3,55 b	2,73 B b	6,88 a	3,78 B
LC	2,50 B b	2,63 b	2,30 B b	8,55 a	3,99 B
E	3,28 A B b	3,38 b	8,00 A a	7,60 a	5,56 A
T	3,00 B b	2,78 b	8,75 A a	7,68 a	5,55 A
Média	3,11 c	2,91 c	4,82 b	7,80 a	4,66
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,13 b	3,23 b	2,38 B b	8,88 a	4,40 B
LB	3,13 b	3,73 b	2,38 B b	7,85 a	4,27 B
LC	2,95 b	2,33 b	2,88 B b	9,23 a	4,34 B
E	2,40 b	2,53 b	7,98 A a	9,03 a	5,48 A
T	3,20 b	2,98 b	9,25 A a	8,55 a	5,99 A
Média	2,96 c	2,96 c	4,97 b	8,71 a	4,90
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,65 b	1,58 b	2,70 B b	7,93 a	3,96 b
LB	3,85 b	3,38 b	2,75 B b	7,38 a	4,34 b
LC	2,80 b	2,93 b	3,08 B b	8,15 a	4,24 b
E	4,03 b	2,75 b	8,25 A a	7,73 a	4,24 a
T	3,18 b	3,03 b	9,15 A a	8,13 a	5,94 a
Média	3,50 c	2,73 c	5,19 b	7,92 a	4,83
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,42 b	2,50 b	3,13 B b	7,18 A B a	4,06
LB	2,43 b	2,28 b	2,65 B b	9,33 A a	4,17
LC	2,63 b	2,65 b	4,28 B b	8,15 A B a	4,43
E	3,00 b	1,80 b	8,70 A a	6,63 B a	5,03
T	2,45 b	2,40 b	7,10 A a	6,78 B a	4,68
Média	2,79 c	2,33 c	5,17 b	7,62 a	4,47

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 22 – Valores de mercúrio (Hg) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Hg ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,75 B	0,00	0,00	0,00	0,19
LB	3,85 A a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,96
LC	0,00 B	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,05 B	0,00	0,00	0,00	0,13
T	0,00 B	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	0,93	0,00	0,00	0,00	0,24
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,78 A a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,19 A
LB	0,60 A a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,15 A
LC	0,00 B	0,00	0,00	0,00	0,00 B
E	0,08 B	0,00	0,00	0,00	0,02 B
T	0,05 B	0,00	0,00	0,00	0,01 B
Média	0,30 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,76
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,93 A a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,23 A
LB	0,20 B a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,05 B
LC	0,03 C	0,00	0,00	0,00	0,01 B
E	0,03 C	0,00	0,00	0,00	0,01 B
T	0,00 C	0,00	0,00	0,00	0,00 B
Média	0,24 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,59
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,91 A a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,23 A
LB	0,27 B a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,07 B
LC	0,01 C	0,00	0,00	0,00	0,00 B
E	0,01 C	0,00	0,00	0,00	0,00 B
T	0,00 C	0,00	0,00	0,00	0,00 B
Média	0,24 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,59
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,15 A a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,29 A
LB	0,28 B a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,07 B
LC	0,03 C	0,00	0,00	0,00	0,01 B
E	0,03 C	0,00	0,00	0,00	0,01 B
T	0,00 C	0,00	0,00	0,00	0,00 B
Média	0,30 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,07

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 23. Valores de chumbo (Pb) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	Pb ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7,45 B b	20,48 A B a b	23,98 B b	60,55 A B	28,11 B
LB	20,28 A B b	17,65 A B b	21,58 B b	75,65 A a	33,79 A B
LC	24,38 A b	10,68 B b	19,43 B b	58,38 B C a	28,21 B
E	19,95 A B b	14,58 A B b	50,93 A a	59,93 B C a	36,34 A
T	16,13 A B b	26,85 A b	51,30 A a	44,78 C a	34,76 A B
Média	17,64 c	18,05 c	33,44 b	59,86 a	32,24
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,85 b	33,95 A a	39,05 B a	53,13 B a	31,74 A
LB	16,85 b	18,10 A B b	25,18 B C b	78,78 A a	34,73 A
LC	20,03 a b	8,65 B b	7,90 C b	35,08 B a	17,91 B
E	13,85 b	13,33 A B b	40,30 B a	50,25 B a	29,43 A
T	21,43 b	18,48 A B b	65,40 A a	46,58 B a	37,97 A
Média	14,60 c	18,50 c	35,57 b	52,76 a	30,36
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5,73 b	17,08 b	22,35 B b	135,93 A a	45,27 A
LB	17,25 b	14,93 b	20,25 B b	83,88 B a	34,08 B
LC	18,00 b	8,65 b	21,60 B a b	40,65 C a	22,23 C
E	13,20 b	12,85 b	44,10 A a	34,08 C a	26,06 B C
T	13,53 b	22,75 b	60,68 A a	32,35 C b	32,33 B
Média	13,54 c	15,25 c	33,80 b	65,38 a	31,99
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,45 B b	19,15 a b	22,28 B b	71,68 A a	29,14
LB	20,35 A B b	19,20 b	19,45 B b	55,30 A B a	28,58
LC	23,23 A B b	13,60 b	21,13 B b	63,90 A a	30,46
E	20,58 A B b	14,40 b	57,30 A a	26,00 C b	29,57
T	17,45 A B b	18,23 b	53,73 A a	39,38 B C a	32,19
Média	17,01 c	16,92 c	34,78 b	51,25 a	29,99
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,40 B b	10,43 b	15,20 C b	42,28 B C a	17,08 C
LB	19,43 A b	12,80 b	14,85 C b	62,88 A a	27,49 B
LC	23,65 A b	11,00 b	23,23 C b	56,98 A B a	28,71 A B
E	15,43 A B b	17,48 b	48,73 B a	58,85 A a	35,12 A B
T	18,65 A b	20,75 b	72,95 A a	33,50 C b	36,46 A
Média	15,51 c	14,49 c	34,99 b	50,90 a	28,97

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 24. Valores de estanho (Sn) do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

Sn ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
0,00 – 0,05 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 b	42,75 b	406,20 A a	47,80 b	124,17
LB	36,10	284,55	22,40 B	65,43	102,12
LC	165,25	3,83	206,03 A B	0,00	93,78
E	107,20	220,12	10,53 B	38,83	94,17
T	3,70	0,00	6,48 B	11,50	5,42
Média	62,45	110,25	130,31	32,71	83,93
0,05 – 0,10 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00	11,15	452,25 A B	4,68	117,02
LB	39,13 a b	186,43 a b	616,78 A a	5,75 b	212,02
LC	27,05	464,25	263,25 A B	7,83	190,59
E	67,75	448,45	16,08 B	0,00	133,07
T	25,08	347,50	15,50 B	14,60	100,68
Média	31,80 a b	291,56 b	272,77 b	6,57 b	150,67
0,10 – 0,15 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	38,15	21,33 B	72,80 B	2,03	33,58
LB	53,80 b	2,00 B b	765,98 B a	11,05 b	208,21
LC	47,20	360,98 A B	386,58 A B	0,00	198,69
E	90,43 b	718,70 A a	26,23 B b	7,83 b	210,79
T	35,15	483,50 A B	23,40 A	0,00	135,51
Média	52,95 b	317,30 a	255,00 a b	4,18 b	157,36
0,15 – 0,25 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,13	80,70 B	131,00	0,00	52,96 B
LB	86,73	176,83 B	0,00	9,48	68,26 B
LC	73,63 b	722,33 A a	151,30 b	14,50 b	240,44 A
E	92,00	42,38 B	7,73	6,65	37,19 B
T	37,83	0,00 B	12,43	0,00	12,56 B
Média	58,06 a b	204,45 a	60,49 a b	6,13 b	82,28
0,25 – 0,35 m					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,00 b	24,98 b	553,58 A a	0,00 b	144,64
LB	37,05	87,50	126,85 B	1,55	63,24
LC	52,20	222,93	67,45 B	32,18	93,69
E	88,15	248,13	4,73 B	16,50	89,38
T	50,13	106,38	25,70 B	6,65	47,21
Média	45,51 a b	137,98 a b	155,66 a	11,38 b	87,63

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 5% de probabilidade.

4.2 Nitrato e amônio no solo

Nas Tabelas 25 e 26 encontram-se os teores de nitrato e amônio no solo em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de coberturas vegetais. Na profundidade de 0,00-0,05 m, quando se utilizou as plantas girassol e nabiça, a testemunha (solo sem resíduo) e o resíduo E apresentaram os maiores teores de nitrato, embora esse resíduo apresente os menores teores de N em sua composição (Tabela 1). Embora os lodos sejam considerados fonte direta de N no solo, com o LS contendo 2,5% e o LB 4,0% da matéria seca, estes apresentaram os maiores teores de nitrato apenas quando se utilizou a cultura da aveia (Tabela 25). Os teores de nitrato estão altos nos resultados devido a utilização de MAP e N na adubação.

Os teores de nitrato encontrados no solo são maiores que do amônio, devido a mineralização e nitrificação do N orgânico. Rosolem et al. (2003) relatam que pH em (CaCl₂) superior a 4,0 favorece a mineralização e a nitrificação, podendo existir assim maiores teores de nitrato do que de amônio no solo.

A maior presença de nitrato no solo favorece também o aumento da lixiviação no perfil do solo, independentemente do modo de aplicação do corretivo, melhorando a distribuição do nitrato no perfil, até as camadas mais profundas de 0,40 – 0,60 m (Rosolem et al., 2003). Enquanto o íon amônio possui carga positiva e pode ser adsorvido ao complexo de troca catiônica, dificultando sua lixiviação pelo perfil do solo, o íon nitrato, por possuir carga negativa, é muito pouco adsorvido no complexo de troca aniônica (CTA), de pequena expressão em solos de regiões tropicais, sendo, portanto, altamente lixiviado pelo perfil do solo, apresentando elevado potencial para poluir as águas subterrâneas (Melo et al., 2001).

Houve um caminhamento do ânion nitrato no perfil do solo, onde os maiores teores foram observados na camada de 0,25-0,35 m apenas quando se utilizou a cultura da aveia.

Tabela 25. Valores de nitrato do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	NO ₃ ⁻ (mg dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	76 C b	293 A B a	97 D b	323 A a	197 BC
LB	156 B C	124 C	163 C D	211 A B	163 C
LC	144 B C b c	331 A a	237 B C a b	58 C c	192 B C
E	278 A b	347 A b	350 A B b	88 C a	166 A
T	242 A B b	208 B C b c	377 A a	100 B C c	231 A B
Média	179 b	261 a	245 a	156 b	210
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	14 b	127 B a b	119 a b	186 A a	111
LB	47 b	256 A a	118 b	86 A B b	127
LC	114	91 B	97	54 B	89
E	117	95 B	113	59 A B	96
T	123	133 A B	100	72 A B	107
Média	83 b	140 a	109 a b	91 a b	106
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	21 B c	98 A B a	78 a b	62 b	65
LB	38 B b	130 A a	82 b	57 a b	76
LC	86 A	72 B	60	51	67
E	98 A	83 B	71	70	81
T	88 A	96 A B	70	71	81
Média	66 b	96 a	72 b	62 b	74
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	19 B b	71 A B a	79 a	54 a	56 B
LB	17 B c	96 A a	71 a b	53 b c	64 A B
LC	73 A	58 B	64	53	62 A B
E	96 A a	72 A B a b	64 b	59 b	63 A
T	90 A	74 A B	61	62	72 A
Média	63 A b	74 a	68 a b	56 b	65
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	20	60	57	57 C	49 A
LB	47 b	89 a b	80 b	280 B a	124 A B
LC	58	61	62	263 B C	111 A B
E	71 b	105 b	70 b	536 A a	195 B
T	73 b	67 b	70 b	446 A B a	164 B
Média	54 b	66 b	68 b	316 a	129

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 5% de probabilidade.

Tabela 26. Valores de amônio do solo em cinco profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

	NH ₄ ⁺ (mg dm ⁻³ de solo)				
	0,00 – 0,05 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	11 C b	60 a	55 a	51 a b	44
LB	25 C b	92 a	65 a b	48 b	58
LC	125 A a	51 b	42 b	64 b	70
E	81 B	63	50	53	62
T	66 B a b	67 a b	92 a	46 b	70
Média	64	66	61	52	61
	0,05 – 0,10 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	12 B b	62 a	46 a	42 a	40 A B
LB	20 B b	55 a	40 a b	37 a b	38 B
LC	68 A a	50 a b	53 a b	42 b	53 A
E	50 A a	58 a b	61 a b	43 b	53 A
T	58 A	52	39	35	46 A B
Média	42 b	55 a	48	40 b	46
	0,10 – 0,15 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	8 B c	54 A B a	43 a b	38 b	36 B
LB	19 B b	49 A B a	39 a	43 a	37 B
LC	50 A a	44 B a b	33 b	41 a b	42 A B
E	53 A a	49 A B a b	43 a b	39 b	46 A
T	51 A a	61 A a	36 b	36 b	48 A
Média	38 b	51 a	39 b	39 b	42
	0,15 – 0,25 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7 C c	53 a	62 A a	36 b	39
LB	24 B b	49 a	42 B a	37 a b	38
LC	58 A a	36 b	33 B b	42 a b	42
E	49 A	46	33 B	44	44
T	57 A a	43 a b	44 B a b	35 b	45
Média	39	45	43	39	42
	0,25 – 0,35 m				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	11 B	41	38 B	39 B	32 C
LB	31 A B	45	40 B	54 A B	42 B C
LC	59 A b	43 b	102 A a	56 A B b	65 A
E	52 A b	45	42 B	54 A B	48 A BC
T	57 A a b	49 a b	35 B b	85 A a	57 A B 49
Média	42	45	51	58	44

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 5% de probabilidade.

Nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m houve diferença apenas entre os resíduos que estavam no tratamento com o girassol como cobertura vegetal (Tabela 26), mostrando a importância dessa cultura na ciclagem do nitrogênio, em especial para o início da cultura subsequente, no caso a soja.

O íon amônio praticamente não desceu no perfil do solo, o que é explicado pelo fato de possuir carga positiva, podendo ser adsorvido ao complexo de troca catiônica, o que dificulta sua lixiviação (Tabela 26).

4.3 Análise Microbiológica do Solo

Nas Tabelas 27 e 28 estão presentes os valores de nitrogênio e carbono microbiano no solo em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de coberturas vegetais. Nas duas camadas avaliadas, independente do resíduo utilizado, quando se utilizou a cultura do milheto, obteve-se os maiores valores de N microbiano, porém, quando compararam-se os diferentes resíduos a escória foi a que menos favoreceu esta variável

Para o carbono microbiano (Tabela 28) verifica-se que na profundidade de 0,00 – 0,05 m não houve diferença significativa entre os tratamentos. Na profundidade de 0,05 a 0,10 m houve diferença entre os resíduos apenas quando se utilizou a cultura da nabiça. Entre as coberturas houve maior teor de carbono microbiano quando se utilizou a cultura da aveia.

Apesar da maior porcentagem de carbono e matéria orgânica presente nos lodos de esgoto (Tabela 1), quando comparados aos demais resíduos, estes não influenciaram positivamente nos teores de nitrogênio e carbono microbiano do solo, onde as diferenças podem ser atribuídas as plantas de cobertura.

Os lodos de esgoto aplicados no solo induzem a um aumento efêmero da biomassa, medida pela quantidade de C ou N. O maior estímulo do crescimento das populações microbianas pode ser notado devido à presença de matéria orgânica (Corrêa e Büll, 2001).

Segundo Fortes Neto et al (1999), doses mais elevadas de lodo possibilitaram aumento significativo da biomassa microbiana do solo principalmente nas camadas até 20 cm de profundidade, onde há maior exploração pelo sistema radicular e

disponibilidade de matéria orgânica.

Tabela 27. Valores de nitrogênio microbiano em duas profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

N microbiano (mg g ⁻¹ de solo)					
(0,00 a 0,05 m)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	40 B b	111 A a	51 A b	45 B b	62 B
LB	38 B b	51 C b	41 A B b	76 A a	52 B
LC	151 A a	81 B b	27 B C c	42 B c	75 A
E	6 C c	32 C b	65 A a	43 B a b	36 C
T	30 B C b	54 C a	6 C b	64 A B a	39 C
Média	53 b	66 a	38 c	54 b	53
(0,05 a 0,10 m)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	38 b	118 A a	29 B b c	6 B c	48 A
LB	43	51 B	37 B	32 A B	41 A B
LC	30 b	66 B a	32 B b	45 A a b	43 A B
E	36	19 C	25 B	40 A	30 B
T	34 b	38 B C b	74 A a	59 A a b	51 A
Média	36 b	58 a	39 b	36 b	43

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 28. Valores de carbono microbiano em duas profundidades em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e de espécies de cobertura vegetal. Botucatu, 2006.

C microbiano (mg g ⁻¹ de solo)					
(0,00 a 0,05 m)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	55	56	53	55	54
LB	56	55	55	55	55
LC	56	55	55	54	55
E	55	54	55	55	55
T	53	55	55	55	53
Média	55	55	55	54	55
(0,05 a 0,10 m)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	53	54	53 A B	56	54 A B
LB	51 a b	54 a	49 B b	54 a	52 B
LC	53	55	55 A	56	55 A
E	55	55	54 A	54	55 A
T	52	53	55 A	55	53 A B
Média	53 b	54 a b	53 a b	55 a	54

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

4.4 Fitomassa

4.4.1 Plantas de cobertura

Na Tabela 29 pode-se observar os resultados de massa de matéria seca das espécies de cobertura em função da aplicação dos resíduos industriais e urbanos. Para as espécies de cobertura vegetal, o girassol apresentou maior acúmulo de matéria seca, podendo ser atribuído por esta cultura apresentar maior porte em relação as demais, sendo seguido pelo milho, nabiça e aveia. No entanto as demais espécies, inclusive o girassol, são de fundamental importância para a ciclagem de nutrientes, disponibilização de ácidos orgânicos e estruturação do solo (Franquini et al., 2001; Amaral et al., 2004).

Com relação aos diferentes resíduos, a aplicação do LB proporcionou maior produção de matéria seca das plantas. Na cultura do milho e da nabiça os maiores valores de massa de matéria seca foram obtidos quando da aplicação do LB e os menores quando da aplicação do LC. Para estas duas culturas, a aplicação da LC proporcionou o menor crescimento das plantas, provavelmente pela alta concentração do sódio deste resíduo, que por ter sido aplicado em superfície, pode ter prejudicado o desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente o crescimento das plantas. O tipo de nitrogênio aplicado pode ter influenciado a produção de massa de matéria seca das espécies vegetais.

Tabela 29. Massa de matéria seca das espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.

	Massa de matéria seca das plantas de cobertura				
	-----g/vaso-----				
	Girassol	Milho	Nabiça	Aveia	Média
LS	90,0 a	57,7 B C b	49,1 A B b	13,3 c	52,3 B
LB	102,8 a	77,6 A b	66,5 A b	13,0 c	65,0 A
LC	86,3 a	50,8 C b	47,2 B b	18,3 c	50,7 B
E	98,3 a	71,5 A B b	48,6 A C c	20,8 d	59,8 A B
T	90,5 a	60,9 A B c b	40,6 B c	13,0 d	51,2 B
Média	93,7 a	63,5 b	50,4 c	15,7 d	55,8

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

4.4.2 Cultura da soja

Na Tabela 30 pode-se observar os resultados da massa de matéria seca da cultura da soja em função da aplicação dos resíduos industriais e urbanos. Verificou-se que houve efeito significativo dos resíduos apenas na cultura da nabiça, com maior valor de massa de matéria seca quando aplicado o resíduo LB, diferindo somente da testemunha. Entre as espécies vegetais, a menor massa de matéria seca das plantas de soja foi obtida quando utilizada a cultura do girassol, isto acontece porque quando cortadas, estas plantas retiraram uma maior quantidade de nutrientes.

Tabela 30. Massa de matéria seca de soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas utilizadas como palhada . Botucatu, 2006.

	Massa de matéria seca de plantas de soja				
	-----g/vaso-----				
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	34,8 b	46,4 a	46,2 A B a	48,0 a	43,8
LB	32,4 b	47,0 a	44,9 A a	47,4 a	45,4
LC	40,0	41,7	44,3 A B	45,9	43,0
E	35,2 b	51,6 a	46,9 A B a	45,6 a b	44,8
T	35,2 b	48,4 a	43,9 B a	40,8 a b	41,4
Média	35,0 b	47,0 a	47,2 a	45,5 a	43,7

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

4.5 Nutrientes e metais pesados nas plantas

4.5.1 Plantas de cobertura

De acordo com a Tabela 31 pode-se observar os valores de N, P e K nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Para estes elementos observa-se que a maior quantidade destes foi encontrada na aveia, independente do resíduo utilizado, evidenciando sua eficiência na reciclagem de nutrientes. A nabiça apresentou comportamento intermediário e os menores valores de N, P e K foram obtidos na cultura do girassol e milheto, devido ao efeito da diluição.

Para teores de N, houve efeito dos diferentes resíduos nas culturas do girassol e da aveia. No girassol obteve-se o menor teor de N quando aplicado o resíduo LC, sendo semelhante a testemunha, com os demais não diferindo entre si. Para a aveia, o melhor resultado para o teor de N foi obtido com a aplicação de LS, sendo superior a E e a testemunha. Corrêa (2005) utilizando os mesmos resíduos constatou que o teor de nitrogênio mostrou-se significativo para todos os resíduos, sendo os lodos os que apresentaram maiores destaques na absorção do nitrogênio. Esse fato pode ser justificado em razão desses lodos de esgoto serem fonte desse nutriente, o que, provavelmente, tenha ocasionado maior absorção pela planta; outro fato que deve ser levado em consideração é maior presença de matéria orgânica, que corresponde a 50% da massa de matéria seca de LB e 26% de LS, contribuindo de forma fundamental na concentração de nitrogênio orgânico ao solo e com a mineralização pelos microrganismos, esse nutriente poderá ser absorvido pelas plantas. A maior absorção de nitrogênio pela aveia preta, proporcionada por esses três resíduos é razão deles terem melhorado as características do solo, principalmente pH, as quais são responsáveis pela velocidade de transformação das várias formas de nitrogênio no solo, nitrificação e desnitrificação (ROSOLEM et al. , 2003; QAFOKU & SUMNER, 2001).

O teor de P foi influenciado significativamente pela aplicação dos resíduos apenas na cultura da aveia, com os menores valores quando aplicado E, sendo inferior a testemunha. Quanto ao K, este foi influenciado pela aplicação dos resíduos apenas na cultura do girassol, com a aplicação de E favorecendo o maior teor de K, diferindo apenas da testemunha. O incremento nos teores de fósforo ocorreu em função do aumento das doses de todos os resíduos, fato que está ligado as melhorias nas características químicas do solo, entre elas pH e CTC, contribuindo assim na fertilidade do solo e consecutivamente na maior absorção de P. Corrêa (2005) observou maior absorção de fósforo pela aveia preta nos tratamentos que receberam os lodos de esgotos LB e LS. O aumento de fósforo justifica-se na presença de matéria orgânica contida nesses resíduos, a qual disponibilizaria fósforo orgânico ao solo e esse seria convertido em as formas inorgânicas antes de serem absorvidos aos colóides do solo, evitando a fixação. Os diferentes níveis de adubação fosfatada e os diferentes tipos de palha influenciam a dinâmica do P nas camadas do solo (CORRÊA et al., 2004).

As gramíneas, tem preferência pela absorção de potássio em relação a cálcio e a magnésio devido a CTC radicular menor em relação as leguminosas que tendem a apresentar maior absorção de Ca e o Mg do solo (BÜLL et al., 1993). A maior absorção de potássio pelos resíduos E e LS também pode estar relacionado ao maior crescimento radicular, uma vez que as plantas apresentam absorção de luxo para potássio.

A aplicação de nitrogênio na cultura antecessora a principal, no sistema de plantio direto, vem sendo estudo de vários trabalhos, uma vez que esse nutriente e outros poderiam ser disponíveis de maneira homogênea, em razão da decomposição de sua palhada ao longo do ciclo da cultura principal.

Tabela 31. Teor de nutrientes (N, P, K) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.

Teor de nutrientes nas plantas de cobertura					
N (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	10 A B b c	10 c	14 b	21 A a	13
LB	13 A B b	9 c	15 b	19 A B a	14
LC	9 B b	9 b	15 a	18 A B a	13
E	13 A b	9 c	17 a	16 B a b	14
T	9 A B b	10 b	16 a	18 B a	13
Média	11 c	9 c	15 b	18 a	13
P (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	2,5 b	2,7 b	4,6 a	4,8 A B a	3,6
LB	2,6 b	3,2 b	4,2 a	4,8 A B a	3,7
LC	2,3 c	3,1 b	4,1 a	4,4 A B a	3,5
E	2,6 b	3,3 b	4,7 a	4,1 B a	3,6
T	2,2 c	4,3 a b	4,0 b	4,9 A a	3,8
Média	2,4 c	3,3 b	4,3 a	4,6 a	3,7
K (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	13 A B b	14 b	18 b	29 a	18
LB	17 A B b	10 c	18 b	25 a	17
LC	14 A B b	13 b	22 a	27 a	19
E	19 A a b	15 b	22 a	23 a	20
T	12 B c	14 c	21 b	29 a	19
Média	15 c	13 c	20 b	26 a	19

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

A Tabela 32 apresenta os teores de Ca, Mg e S nas plantas de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Maiores teores de Ca, Mg e S foram encontrados nas plantas de nabiça, mostrando a eficiência desta cultura na absorção destes nutrientes.

O resíduo que proporcionou maior absorção de Ca e Mg pela nabiça foi o LC, sendo os menores teores encontrados quando utilizou-se o LS. Para os teores de S, a melhor resposta foi encontrada quando utilizou-se o LB para essa mesma cultura.

As culturas de aveia e milho apresentaram baixos teores de Ca, independente do resíduo utilizado, mostrando a baixa eficiência dessas gramíneas na absorção deste nutriente. Para a cultura do girassol, os maiores teores de Ca, Mg e S foram obtidos quando utilizou-se o resíduo LB.

Os maiores níveis de Ca^{2+} no solo proporcionado pela aplicação dos resíduos permitiu que as plantas absorvessem mais desse nutriente, aumentando assim os teores deste nutriente na parte aérea. Os tratamentos com lodos de esgoto têm como explicação para esses resultados, o conteúdo de matéria orgânica nesses resíduos, a qual estaria favorecendo a maior absorção de Ca^{2+} pela aveia preta. Outra justificativa para o incremento nos teores de Ca^{2+} na parte aérea das plantas seria a contribuição dos resíduos, de forma direta, em razão da grande quantidade de Ca^{2+} presente em suas composições químicas, em especial, para o LC, E e LS e em menor escala para o resíduo LB (Tabela 1).

Os teores de Mg na parte aérea das plantas podem ser justificados pela competição com Ca^{+2} pelo mesmo transportador, sendo os níveis de Ca^{+2} no solo maiores que os de Mg^{2+} , elevando a relação Ca/Mg no solo.

A Tabela 34 apresenta os teores de micronutrientes nas plantas de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. As plantas de cobertura girassol e nabiça apresentaram maiores teores de boro, quando comparada as demais. Para o girassol, os maiores teores foram encontrados quando utilizou-se a E e para a nabiça, quando utilizou-se o LC. Fato este que pode ter ocorrido devido a maior elevação do pH quando utilizou-se esses resíduos, pois com o aumento do pH ocorre uma maior disponibilidade de boro no solo.

A quantidade de cobre foi maior nas plantas de girassol quando comparadas as outras espécies vegetais. Entre os resíduos o que proporcionou maior

quantidade de cobre nas plantas de girassol e aveia foi o resíduo LS, porém não diferiu de LB que apresenta alto teor de cobre em sua composição (Tabela 1), e quando utilizou-se a E obteve-se os menores teores de Cu na planta, podendo ser explicado por este resíduo apresentar teores reduzidos desse elemento.

As maiores quantidades de ferro foram encontradas nas plantas de nabiça e aveia, com os menores teores sendo encontrados quando utilizou-se o LB, mesmo este resíduo apresentando altos teores de Fe em sua constituição, podendo ter ocorrido a complexação deste elemento devido ao alto teor de matéria orgânica deste resíduo.

Os teores de Mn na parte aérea da aveia preta foram reduzidos em função da aplicação dos resíduos E, LS e LC e em menor escala o LB. Esses resíduos atuaram na neutralização da acidez do solo, reduzindo a disponibilidade de Mn no solo, em especial para o E, LS e LC, reduzindo-se a absorção de Mn pelas plantas. Os teores de Zn na parte aérea de aveia preta foram favorecidos pela aplicação de LB e LC, o resíduo LB oferece resposta ao teor de Zn na parte aérea das plantas, em razão desse micronutriente estar presente em quantidades significativas na matéria orgânica, servindo de fonte de Zn às plantas.

Tabela 32. Teor de nutrientes (Ca, Mg, S) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.

Teor de nutrientes nas plantas de cobertura					
Ca (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	15 A B b	4 c	29 C a	7 c	14
LB	19 A b	3 c	31 B C a	8 c	15
LC	13 B b	4 c	39 A a	7 c	16
E	17 A B b	4 c	35 A B a	7 c	16
T	13 B b	6 c	34 B a	7 c	15
Média	15 b	4 d	33 a	7 c	15
Mg (g Kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	4,6 B a	3,4 B b	4,9 C a	2,9 b	3,9 B
LB	5,7 A a	3,9 B b	5,2 B C a	3,0 b	4,4 A
LC	4,2 B b	3,3 B c	6,1 A a	2,8 c	4,1 A B
E	4,7 B b	3,6 B c	5,9 A B a	2,5 d	4,2 A B
T	4,2 B b	5,0 A a b	5,3 A B C	2,7 c	4,3 A B
Média	4,7 b	3,8 c	5,5 a	2,8 d	4,2
S (g Kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	1,4 A B c	1,6 c	5,9 B a	2,9 b	3,0 B
LB	2,0 A c	1,4 c	7,2 A a	2,9 b	3,4 A
LC	1,3 A B c	1,3 c	6,2 B a	2,7 b	2,9 B
E	1,6 A B b c	1,0 c	6,4 B a	2,3 b	2,8 B
T	1,1 B c	1,3 c	6,1 B a	2,6 b	2,8 B
Média	1,5 c	1,3 c	6,3 a	2,7 b	3,0

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

A aveia preta apresentou em média maiores teores de manganês entre as espécies de cobertura, independente do resíduo utilizado. O girassol obteve maior teor de manganês com aplicou-se o resíduo LB, enquanto que com o milho os menores teores foram encontrados quando utilizou-se a E, mesmo este resíduo apresentando altos teores de manganês em sua composição.

Os maiores teores de zinco entre as espécies de cobertura foram encontrados na nabiça e na aveia. No tratamento com nabiça o maior teor de zinco foi obtido

com a aplicação do resíduo LB, podendo ser explicado pelo alto teor deste elemento neste resíduo.

Tabela 33. Teor de micronutrientes nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2005.

Teor de micronutrientes em plantas de cobertura					
Boro (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	24,5 B C a	14,8 A b	25,0 A B a	15,8 A b	20,0 A
LB	28,5 B a	10,0 A B b	22,3 B c	8,5 B c	17,3 A B
LC	22,5 C b	6,8 B c	29,0 A a	8,0 B c	16,6 B
E	34,5 A a	4,8 B c	27,0 A B b	7,0 B c	18,3 A B
T	23,5 B C a	9,5 A B b	25,3 A B a	10,3 A B b	17,1 A B
Média	26,7 a	9,2 b	25,7 a	9,9 b	17,9
Cobre (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	8 A a	4 c	2 B d	6 A b	5 A
LB	7 A B a	3 c	3 A B c	5 A B b	4 A B
LC	5 B C a	3 c	3 A B b c	4 B C a b	4 B
E	5 C a	3 b	4 A a b	3 C b	4 B
T	5 C a	3 b	4 A a b	4 B C a	4 B
Média	6 a	3 c	3 c	4 b	4
Ferro (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	60 b	90 b	142 B b	339 A B a	158 B C
LB	99	64	148 B	146 D	114 C
LC	66 b	108 b	284 A a	270 B C a	182 A B
E	99 b	127 a b	234 A B a	195 C D a b	164 B C
T	77 b	122 b	336 A a	395 A a	233 A
Média	80 b	102 b	229 a	269 a	170
Manganês (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	45 B a b	39 A B b	38 b	58 a	45
LB	62 A a	46 A B b	39 b	55 a b	51
LC	42 B	41 A B	50	53	46
E	49 A B a b	36 B b	40 b	56 a	45
T	44 B	53 A	48	58	51
Média	48 b	43 b	43 b	56 a	47
Zinco (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	23 b	23 b	26 B a b	35 a	27 B
LB	33 a b	23 c	57 A a	36 b	37 A
LC	23 b	23 b	35 B a	36 a	29 B
E	30 a b	21 b	33 B a	29 a b	28 B
T	29 a b	25 b	26 B a b	37 a	29 B
Média	27 b	23 b	35 a	35 a	30

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Na Tabela 34 pode-se observar os valores de As, Cd, Co e Cr nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Houve interação apenas entre os resíduos aplicados e as plantas de cobertura aveia e nabiça.

Na cultura da nabiça, os maiores teores de As foram encontrados quando utilizou-se E, de Cd e Co quando utilizou-se LC e para o Cr os resíduos LC e E foram os que proporcionaram os maiores teores, porém não diferindo da testemunha. Para a cultura da aveia, foram encontrados os maiores teores de As na testemunha, de Cd quando utilizado o resíduo LS, de Co quando utilizou-se LB e para o Cr quando aplicou-se os resíduos LB e E.

Quanto as plantas de cobertura os maiores teores de As, Cd e Co foram obtidos nas culturas aveia preta e nabiça, e de Cr no girassol.

A Tabela 35 apresenta os teores de Hg, Pb e Sn em plantas de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Os teores de Hg foram maiores na cultura da aveia, sem a aplicação de resíduos. Para o Pb os maiores teores foram encontrados na aveia e nabiça, sendo que somente houve interação dos resíduos aplicados com a nabiça onde o resíduo LS proporcionou os maiores teores. Observando-se as diferentes plantas de cobertura, os maiores teores de Sn foram obtidos na cultura do milho quando aplicou-se o resíduo LC.

Tabela 34. Teor de metais pesados (As, Cd, Co e Cr) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.

Teor de metais pesados nas plantas de cobertura					
As ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	31,26 b	54,08 b	115,93 B a b	251,48 B a	113,18 B
LB	60,75	50,75	202,77 B	127,55 B	110,45 B
LC	49,53 b	89,48 a b	226,40 A B a b	271,10 B a	159,13 A B
E	85,25 b	108,15 b	408,03 A a	200,28 B b	200,43 A B
T	33,75 c	132,70 b c	261,70 A B b	494,15 A a	230,58 A
Média	52,11 b	87,03 b	0242,96 a	268,91 a	162,75
Cd ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0 b	0,40 b	1,15 B a b	2,63 A a	1,04
LB	0,30	0	0,27 B	1,23 A B	0,45
LC	0,18 b	0 b	3,01 A a	0,03 B b	0,81
E	0,13	0,40	0 B	1,38 A B	0,48
T	0	0,33	0,88 B	0,88 B	0,52
Média	0,12 b	0,23 b	1,06 a	1,23 a	0,66
Co ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7,60	10,68	14,55 A B	9,25 B	10,52
LB	9,38 b	10,98 b	9,03 B b	21,98 A a	12,84
LC	9,93	13,15	18,38 A	13,77 A B	13,80
E	10,33	12,65	15,10 A B	12,60 B	12,67
T	9,23	12,20	13,75 A B	14,75 A B	12,48
Média	9,29 b	11,93 a b	14,16 a	14,47 a	12,46
Cr ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	113,90 a	81,08 b	110,38 C a	68,30 B b	93,41 A B
LB	112,99 a	90,65 a b	86,67 B b	96,80 A a b	96,75 A
LC	113,50 a	103,42 a b	89,35 A B b c	67,97 B c	93,57 A B
E	106,40	97,65	87,63 A B	99,10 A	97,70 A
T	106,43 a	101,65 a b	47,35 A c	79,25 A B b	83,67 B
Média	110,63 a	94,90 b	84,27 c	8228 c	93,02

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 35. Teor de metais pesados (Hg, Pb e Sn) nas espécies de cobertura em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. Botucatu, 2006.

Teor de metais pesados nas plantas de cobertura					
Hg ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,40	0,48	0,50	0,40 A B	0,44
LB	0,20	0,38	0,57	0,23 B	0,34
LC	0,30	0,30	0,05	0 B	0,16
E	0,38	0,23	0,23	0 B	0,21
T	0,43 a b	0,20 b	0 b	0,85 A a	0,37
Média	0,34	0,32	0,27	0,30	0,30
Pb ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0 b	2,00 b	58,55 A a	33,25 a b	24,20
LB	2,93	9,18	0,47 B	25,43	9,50
LC	0,85 b	2,00 b	37,18 A B a b	53,20 a	23,31
E	5,50	10,40	37,60 A B	43,98	24,37
T	15,50	24,38	11,93 B	18,90	17,80
Média	4,96 c	10,29 b c	29,14 a b	34,95 a	19,83
Sn ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	16,85	25,90	0	53,40	24,04
LB	38,45	19,30	0	28,63	21,59
LC	32,35 a b	80,65 a	16,80 b	1,63 b	32,86
E	13,93	24,35	16,80	21,35	19,11
T	51,53	63,28	6,65	36,28	39,43
Média	30,62 a b	42,70 a	8,05 b	28,26 a b	27,41

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

4.5.2 Cultura da soja

De acordo com a Tabela 36 pode-se observar os valores de N, P e K na soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos. No tratamento utilizando a nabiça com a aplicação do resíduo LB, obteve-se o maior teor de nitrogênio foliar na cultura da soja, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica deste resíduo. O teor foliar de P nas plantas de soja não foi influenciado significativamente pelos resíduos utilizados, porém quando utilizou-se a cultura da aveia, esta proporcionou os maiores teores. Os teores de K também não foram influenciados pela aplicação dos resíduos, apresentando diferença apenas

entre as plantas de cobertura, sendo que as plantas de girassol proporcionaram maiores teores foliares de K na soja. O teor de N na folha de soja mostra que a aplicação dos resíduos e calcário favoreceu a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), podendo ser resultado da melhoria das propriedades químicas do solo como pH e aumento dos níveis de nutrientes, fatores que propiciam melhor ambiente de desenvolvimento radicular e consecutivamente maior interação entre a bactéria *Bradyrhizobium* e a raiz de soja. Outro fator importante é que os resíduos proporcionaram aumento nos teores de matéria orgânica no solo, e maior quantidade e qualidade de palhada das espécies vegetais de cobertura que antecederam a soja, fazendo com que aumentasse ainda mais o teor desse nutriente no solo na forma orgânica. A terceira justificativa para o aumento de N nas folhas de soja é que alguns resíduos como os lodos são fonte direta desse nutriente no solo em razão de suas composições químicas e possivelmente pela disponibilização deste nutriente no solo, o qual estaria sujeito a maior absorção pelas plantas de soja. Malavolta et al. (1997) argumentam que um nível adequado de nitrogênio na folha para obtenção de uma produtividade de 2700 kg e soja ha⁻¹ seria de 36 g kg⁻¹.

Corrêa (2005) obteve respostas crescentes e significativas para teor de P nas folhas de soja para todos os resíduos no primeiro ano; já no segundo ano o único resíduo que não mostrou incremento na absorção de P pela soja foi o LC e no terceiro ano os lodos de esgoto LS e LB apresentaram respostas diferenciadas. O teor de P na folha de soja considerado adequado para uma produção de 3000 kg ha⁻¹ é de 2,6 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997).

O lodo de esgoto tem apresentado bons resultados na disponibilidade de nutrientes para diversas culturas dentre elas a soja (BROWN et al., 1997). Mesmo com aumento significativos nos teores de P e N no solo pelo lodo de esgoto, Nascimento et al. (2004) relataram que esses teores apresentados por esse resíduo ainda são considerados baixos, havendo necessidade de suplementação com fertilizantes minerais para a obtenção de altas produtividades.

Tabela 36. Teor de nutrientes (N, P e K) na soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas de cobertura. Botucatu, 2006.

Teor foliar de nutrientes na soja					
N (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	51 a b	50 a b	52 B a	47 b	50
LB	48	50	57 A	49	48
LC	51	50	52 B	50	50
E	53	49	52 B	49	51
T	50	49	52 B	51	50
Média	50	49	51	49	50
P (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	3,6	3,6	3,7	3,6	3,6
LB	3,9	3,8	3,5	3,9	3,8
LC	3,8	3,5	3,7	3,6	3,6
E	3,9	3,5	3,7	3,6	3,7
T	3,8 a b	3,5 b	3,9 a b	4,0 a	3,8
Média	3,8	3,6	3,7	3,7	3,7
K (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	17 a	14 a b	12 b	10 b	13
LB	20 a	14 b	16 a b	7 c	14
LC	17 a	13 a b	14 a	9 b	13
E	20 a	13 b c	14 b	9 c	14
T	19 a	11 b	14 b	11 b	13
Média	18 a	13 b	14 b	9 c	14

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Verifica-se na Tabela 37 que quando se utilizou a aveia como planta de cobertura foram obtidos os maiores teores foliares de Ca, Mg e S para a cultura da soja. Analisando a interação dos resíduos com as plantas de cobertura, verifica-se que quando utilizou-se a aveia com o resíduo LB, obteve-se os maiores teores de Ca para a soja. No caso do Mg, utilizando-se a nabiça como planta de cobertura, os maiores teores deste nutriente na soja foram obtidos quando aplicou-se LS. Teores adequados de Ca e Mg para a soja, de acordo com Malavolta et al. (1997), são de 10,8 e 4,9 g kg⁻¹.

Para os teores de S na soja, houve efeito significativo dos resíduos apenas quando utilizou-se a nabiça como planta de cobertura, com os melhores resultados para a aplicação de LS e LB, fato que pode ser explicado pela maior presença deste nutriente na

composição destes resíduos. Corrêa (2005) constatou que todos os mesmos resíduos aumentaram os teores de S na folha de soja.

Tabela 37. Teor de nutrientes (Ca, Mg e S) na soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas de cobertura. Botucatu, 2006.

Teor foliar de nutrientes da soja					
Ca (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	16	16	17	17 A B	16 A B
LB	16 b	15 b	15 b	20 A a	17 A
LC	15	16	15	16 B	16 A B
E	13 b	15 a b	16 a b	17 A B a	15 B
T	14 b	17 a	14 b	16 B a b	15 A B
Média	15 c	16 a	15 a b	17 a	16
Mg (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	4,5 c	4,9 b c	5,6 A a b	6,2 a	5,3
LB	4,6 b	4,5 b	4,5 B b	6,5 a	5,0
LC	4,5 b	4,8 b	4,8 A B b	6,1 a	5,0
E	4,2 b	4,6 b	4,8 A B b	6,1 a	4,9
T	4,3 c	5,4 a b	4,9 A B b c	6,0 a	5,1
Média	4,4 c	4,8 b c	4,9 b	6,1 a	5,1
S (g kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	2,8	2,5	2,7 A B	2,9	2,7
LB	3,1 a	2,4 b	2,7 A B a b	2,9 a	2,8
LC	2,7 a b	2,7 a b	2,3 B b	2,8 a	2,6
E	2,8 a b	2,3 c	2,4 B b c	3,0 a	2,6
T	2,8	2,6	2,9 A	2,8	2,7
Média	2,8 a	2,5 b	2,6 b	2,9 a	2,7

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 5% de probabilidade.

Tabela 38. Teor de micronutrientes na soja em função da aplicação de resíduos industriais, urbanos e das plantas de cobertura. Botucatu, 2006.

Teor foliar de micronutrientes na soja					
B (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	50	48	45 B	50	48
LB	56	49	52 A B	51	52
LC	59	47	52 A B	50	49
E	55 b	44 a	56 A b	54 b	52
T	56 a	45 b	49 A B a b	55 a	51
Média	53 a	47 b	51 a	52 a	51
Cu (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	8 B b	11 A a	10 a b	9 A B b	9
LB	11 A a	11 A a	9 a b	7 B b	9
LC	10 A B	10 A	10	10 A	10
E	10 A a	8 B b	10 a b	11 A a	10
T	11 A a	7 B b	10 a	10 A a	10
Média	10	9	10	9	10
Fe (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	128	131	124 A B	121	127
LB	136	109	111 B	118	118
LC	145 a	124 a b	116 B a b	107 b	123
E	118 b	119 b	150 A a	121 a b	127
T	119	120	138 A B	114	123
Média	129	120	129	116	124
Mn (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	80 a b	63 B b	84 a	92 B a	80 A B
LB	73 b	72 A B b	88 b	115 A a	87 A
LC	73 a b	75 B b	88 a	80 B a b	73 B
E	64 b	74 B b	78 a b	84 B a	79 B
T	64 b	77 A a	84 a	84 B a	79 A B
Média	71 b	70 b	84 a	91 a	79
Zn (mg kg ⁻¹ de matéria seca)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	57 A B	45 B	51 B	45 B	50 B C
LB	65 A b	71 A b	76 A b	90 A a	75 A
LC	49 B	46 B	52 B	49 B	49 C
E	55 A B	46 B	54 B	47 B	50 B C
T	47 B b	61 A a	59 B a b	56 B a b	56 B
Média	55	54	58	57	56

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 5% de probabilidade.

A Tabela 38 apresenta os teores foliares de micronutrientes na planta da soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e plantas de cobertura. Para os teores de boro e ferro na soja, houve interação entre os resíduos e plantas de cobertura apenas para a nabiça, onde a aplicação do resíduo LS proporcionou os menores teores de boro e os resíduos LB e LC de ferro na planta.

Houve interação entre os resíduos e plantas de cobertura para os teores de cobre na cultura da soja. Os menores teores foliares foram encontrados quando utilizou-se o girassol e a aplicação do resíduo LS, para o milho quando utilizou-se E e para a aveia quando aplicou-se o resíduo LB.

Houve diferença significativa para teor de manganês na soja quando se utilizou os resíduos nas culturas de cobertura aveia e milho, onde os maiores teores foram obtidos quando aplicou-se o resíduo LB na cultura da aveia. Talvez o período de reação a disponibilidade de Mn no solo para soja ainda fosse alta, principalmente nas camadas mais profundas onde esses resíduos ainda não haviam atuado na redução de acidez. Corrêa (2005) constatou redução nos teores de Mn^{2+} nas folhas de soja em função dos resíduos E, LS, e LC, permitindo melhor o desenvolvimento da cultura, pois esse elemento em concentrações muito elevadas pode ser tóxico as culturas. Quanto aos teores foliares de zinco na soja os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de LB em todas as culturas de cobertura. De acordo com Malavolta et al. (1997), teores de Zn considerados adequados são próximos a 30 mg kg^{-1} .

De acordo com a Tabela 39 pode-se observar que para As, Co e Cr houve interação dos resíduos somente com a cultura do girassol, proporcionando os maiores teores destes na cultura da soja. Para o As os maiores teores na soja foram observados quando aplicado o resíduo LS, de Co quando aplicado LB e de Cr quando aplicados os resíduos LS, LB e LC.

A Tabela 40 apresenta os teores dos metais pesados Hg, Pb e Sn pesados na soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e plantas de cobertura. Para estes elementos presentes na soja houve interação apenas entre os resíduos e as plantas de cobertura girassol, milho e nabiça. Na interação dos resíduos com a cultura do girassol, os maiores teores de Hg na soja foram encontrados na testemunha porém não diferindo quando aplicou-se LS, LB e E. Na interação dos resíduos com o milho, os maiores

teores foram encontrados quando aplicada a E e na interação dos resíduos com a nabiça quando aplicou-se LB e LC.

Para os teores de Sn na soja, houve interação dos resíduos com a cultura do girassol, com os maiores valores encontrados quando aplicou-se o resíduo LC.

Tabela 39. Teor de metais pesados (As, Cd, Co e Cr) na soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e das espécies vegetais de cobertura. Botucatu, 2006.

Teor de metais pesados nas plantas de soja					
As ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	249,50 A a	16,28 b	9,20 b	5,53 b	70,13 A
LB	095,35 B a	13,80 b	2,82 b	1,63 b	28,41 B
LC	123,763 B a	23,25 b	15,00 b	11,13 b	44,25 A B
E	84,73 C	0	19,43	12,90	9,26 B
T	9,55 C	27,93	16,55	18,78	18,20 B
Média	97,35 a	16,25 b	12,61 b	9,99 b	34,05
Cd ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	5,25	1,08	0	0	0,40
LB	0	0,03	0	0	0
LC	0,30	0	0,73	0	0,26
E	0,18	0,40	1,08	0	0,41
T	1,50 a	0 b	0,93 a b	0 b	0,61
Média	0,50	0,30	0,55	0	0,34
Co ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	13,10 A B a	5,20 b	3,73 b	3,73 b	6,44 B
LB	18,00 A a	3,30 b	3,83 b	3,53 b	7,16 B
LC	15,90 A B a	4,08 b	3,03 b	3,83 b	6,71 B
E	11,55 B a	5,80 a b	3,40 b	2,78 b	5,88 A B
T	2,58 C	5,05	1,10	4,10	3,21 B
Média	12,23 a	4,69 b	3,02 b	3,59 b	5,88
Cr ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	104,93 A a	0 b	0 b	0 b	26,23 A B
LB	111,63 A a	0 b	0 b	0 b	27,91 A
LC	112,10 A a	0 b	0 b	0 b	28,03 A
E	58,30 B a	0 b	0 b	0 b	14,58 B
T	0 C	0	0	0	0 C
Média	77,39 a	0 b	0 b	0 b	19,35

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

Tabela 40. Teor de metais pesados (Hg, Pb e Sn) na soja em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos e das espécies vegetais de cobertura. Botucatu, 2006.

Teor de metal pesado nas plantas de soja					
Hg ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	0,05 A B	0,73 B	0,90 B	1,43	0,78 B
LB	0,18 A B	0,83 B	1,45 A	1,33	0,94 A B
LC	0 B	1,13 A B	1,48 A	1,38	0,99 A B
E	0,05 A B	1,58 A	1,08 A B	1,75	1,11 A
T	0,58 A	0,95 B	1,33 A B	1,60	0,11 A
Média	0,17 c	1,04 b	1,25 b	1,50 a	0,99
Pb ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	6,58	4,05	0,95	3,30	3,72
LB	0	2,35	6,05	2,10	2,63
LC	6,38	4,38	11,40	4,05	6,55
E	10,13	3,15	2,60	12,18	7,01
T	2,63	0	4,78	3,53	2,73
Média	5,14	2,79	5,16	5,03	4,53
Sn ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)					
	Girassol	Milheto	Nabiça	Aveia	Média
LS	7,98 B	0,90	15,28	53,03	19,29 A B
LB	17,80 A B	0	2,83	0	5,16 B
LC	61,85 A	34,93	33,60	8,53	34,73 A
E	30,15 A B	40,65	23,53	7,25	25,39 A B
T	0 B	0	0	9,55	2,39 B
Média	25,36	15,30	15,05	15,67	17,39

Letras minúsculas comparam as médias na linha e maiúsculas comparam na coluna por meio do teste DMS a 1% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

Os resíduos industriais e urbanos testados podem ser considerados materiais alternativos para correção de acidez do solo.

Os teores de macro e micro nutrientes do solo foram alterados pela aplicação dos resíduos industriais e urbanos e possivelmente pelas espécies vegetais de cobertura em todas as profundidades analisadas.

A aplicação dos resíduos industriais e urbanos e o uso das plantas de cobertura favorecem o desenvolvimento dos microrganismos no solo.

Os metais pesados no solo e nas plantas em função da aplicação de resíduos industriais e urbanos se mostraram dentro dos níveis dos tolerados pela legislação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; RAIJ, B.; BATAGLIA, O.C.; ANDRADE, J.C. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-AES determination. **Plant Prod. Sci.**, v.1, n.2, p.96-103, 1998.

AFIF, E.; BARRON, V.; TORRENT, J. Organic Matter delays but does not prevent phosphate sorption by cerrado soils from Brazil. **Soil Science**, v.159, p.207-211, 1995.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações**. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 6).

ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v.19, p.127-32, 1995.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), V.28, p. 115-123, 2004.

ANDRADE, C. A.; MATTIAZZO, M. E., Volatilização de amônia após adição de lodo de esgoto a um latossolo vermelho amarelo. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, 1999 (053-2).

ANDRADE, E.S.; MENDONÇA, V.H.; ALVAREZ, V.; NOVAIS, R.F. Addition of organic and humic acids to Latosols and phosphate adsorption effects. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1003-1011, 2003.

- ANDREOLI, C.V. Proposta preliminar de regulamentação para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Paraná. **Revista SANARE**, v.7, n.7, 1997.
- ANDREOLI, C.V.; PEGORINI, E.S. Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.281-312.
- BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 403-407, 2004.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica no solo. “Ecossistemas tropicais e subtropicais”. Eds. Porto Alegre: Gênese, 1999, 518p.
- BERTON, R.S., VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A.; BATAGLIA, O.C. Peletização de biossólidos e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:685-691 1997.
- BERTON, R.S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13: 187-192, 1989.
- BERTI, W.R.; JACOBS, L.W. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeat sewage sludge application. **Journal Environment Quality**, 25:1025-1032, 1996.
- BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23: 737-744, 1999.
- BETTIOL W.; CAMARGO O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**, EMBRAPA – Meio Ambiente, 312 p. 2000.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T. **Utilização do lodo de esgoto primário e fertilizante organomineral IPT na cultura do milho**. Fertilizantes, São Paulo, 4(1) 14-15, 1982b.
- BOARETTO, A. E.; NAKAGAWA, J. **Utilização de lodo de esgoto como fertilizante para a cultura do milho**. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 1982. 14p. (Relatório Técnico).
- BORGES, M.R.; COUTINHO, E.L.M. Metais pesados no solo após aplicação de biossólidos. I – Fracionamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:543-555, 2004.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUERI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção

de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p 315-357, 2000.

CAMARGO F.A.O.; GIANELLO C.; TEDESCO M.J., VIDOR C. **Nitrogênio orgânico do solo**, In: SANTOS G.A., CAMARGO F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais, Gênese, Porto Alegre – RS, 485 p. 1999.

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 Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto agronômico, 1986. 94 p. (Boletim técnico, 106).

CANTARELLA H. **A qualidade da análise do solo**. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. **Inter-relação fertilidade do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.321-335.

CARMO J.B. DO; LAMBAIS, M.R. Impacto da aplicação de biossólidos na atividade microbiana dos solos, trabalho apresentado na **FERTBIO 2000**, em Santa Maria – RS, de 23 a 26 de outubro de 2000.

CARVALHO, P.C.T. Compostagem, cap. 6 In: In: Biossólidos na Agricultura, 2001. 468p.

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. **Levantamento de solos da Fazenda Experimental Lageado** - Estação Experimental “Presidente Medici”. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1983. 95p. (Boletim Científico, 1).

CETESB **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas** – Critérios para projeto e operação (Manual Técnico). São Paulo 1999, 32p.

CHIEN, S. H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fertilizer Research*, 41: 227-234, 1995.

COLLIER, L.S.; SANTOS, G.A.; PESSANHA, G.G.; PEREIRA, A.L. Efeito do composto de lixo urbano; fontes de Ca e Mg e adubação mineral sobre planossolo cultivado com berinjela e milho doce em sucessão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, Piracicaba, SP. **Anais**. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 402-403.

CORRÊA J. C.; BÜLL L. T. **Utilização de resíduos industriais e urbanos na composição de substratos para mudas de café.** Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências agrônômicas de Botucatu, 198 p. 2001.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; TECCHIO M. A. Índices de acidez no perfil do solo e produtividade da soja em função da aplicação de biossólidos e resíduos industriais em sistema de plantio direto. FERTBIO 2004, Lages – SC, 2004.

DERPSCH, R., SIDIRAS, N., HEINZMANN, F.X. Manejo de solo com cobertura verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.761-73, 1985.

EMBRAPA Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 412 p.

FEHR, W.R.; CAVINES, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Sci.**, v.11, p.929-31, 1971.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), V.23, p. 991-998, 1999.

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. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, 1999 (059-7).

FONTES, M.R.; WEED, S.B.; BOWEN, L.H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some Oxisols from Brasil. **Soil Science American Journal**, v.56, p.982-990, 1992.

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. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, 1999 (048-2).

FRACHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:533-542, 1999a.

- FRANCHINI, J.C., BORKERT, C.M., FERREIRA, M.M., GAUDÊNCIO, C.A.. Alterações na fertilidade do solos em sistema de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:459-67, 2000.
- FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ – VILLA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water – soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid oxisol. **Plant soil**, 231: 55 – 63, 2001.
- GALDO, M.V.; DE MARIA, I.C.; CAMARGO, O.A. Atributos químicos e produção do milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:569-577, 2004.
- GALLI, J. A., FRANCO, E. R., BELLINGIERI, P. A., FREITAS, J. C., Avaliação da escória de aciaria na produção de matéria seca, nutrição mineral e aspectos fisiológicos do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. moench). **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, 1999 (033-9).
- GAUME, A.M., MACHLER, F., FROSSARD, E. Aluminium resistance in two cultivars of *Zea mays* L. explained of phosphorus nutrition. **Plant and Soil**, 234; 73-81, 2001.
- GLÓRIA, N.A. Uso agrônômico de resíduos. In: Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 20, Piracicaba, 1992. **Anais Simpósios**. Campina: Fundação Cargill, 1992. p.195-212.
- GONÇALVES, J.L.M.; FIRME, D.J.; NOVAIS, R.F.; RIBEIRO, A.C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.107-111, 1985.
- GUERRINI, I. A.; VILLAS BÔAS, R. L. SOLO-SUELO 96, Águas de Lindóia, SP,1996 (CD-ROM).
- HUE, N.V. **Sewage sludge**. In: RECH, G.L., eds Soil amendments and environmental quality. Boca Ration, CRC Press, 1995. p.149-168.
- IGUE, K.; PAVAN, M. A. **Uso eficiente de adubos orgânicos**. In: Simpósio sobre fertilizantes orgânicos na agricultura brasileira. Brasília, 1984. P. 383-418.
- INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4, Taubaté, SP. Anais. Taubaté, Universidade de Taubaté, 1984. p.93.
- KIEHL, J.C. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 264p.
- LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia:APDC, 1995. 261p.

- LOGAN, T. J.; HARRISON, B. J.; McAVOY, D. C.; GREFF, J. A. Effects of olestra in sewage sludge on soil physical properties. **Journal of Environmental Quality**, v.25, p.153-161, 1996.
- LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Manual Técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v.2, 168p.
- LOUZADA, P.T.C. Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo. Viçosa, 1987. 52p.
- MARCIANO, C.R.; MORAES, S.O.; OLIVEIRA, F.C. ; MATTIAZZO, M.E. Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Amarelo saturado e não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:1-9, 2001.
- MARQUES, M.O. Incorporação de biossólidos em solos cultivados com cana de açúcar. Jaboticabal, FCAV/UNESP (Tese de Livre docência) 1997, 111p.
- MAZUR, N.; VELLOSO, A.C.X. ; SANTOS, G.A. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7: 157-159, 1983b.
- MELFI, A.J., MONTES, C.R. **Impacto dos biossólidos sobre o solo**, cap.9 In: Biossólidos na Agricultura, 2001. 468p.
- MELLONI, R.; SILVA, F. A. M.; MOREIRA, F. M. S.; FURTINI NETO, A. E. Pó de forno de aciaria elétrica na microbiota do solo e no crescimento de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1547-1554, dez. 2001.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A., eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; MELO, V.P. **O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo**. cap. 11. : In: Biossólidos na Agricultura, 2001. 468p.
- MELO, W.J., MARQUES, M.O., SANTIAGO, G., CHELLI, R.A., LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de biossólidos sobre a fração da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.18:449-455. 1994.
- MINHONI, M.T.A.; CARDOSO, E.J.B.N. ; EIRA, A.F. Efeitos da interação de fosfato de rocha, matéria orgânica e fungo micorrízico no crescimento e na absorção de nutrientes pela soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 17: 165-171, 1993a.

- MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A., CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 411-416, 1993.
- MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A., FRACHINI, C.F. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Potafos, Encarte Técnico, Informações agrônômicas, n° 92. dezembro de 2000.
- MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A., FRANCHINI, J.C., BLOCK, M.F.M. **Efeito residual de compostos orgânicos hidrossolúveis liberados na decomposição da aveia na química de superfície em solos ácidos**. In: Encontro Brasileiro sobre substâncias húmicas, 3., Santa Maria 1999 p, 303-395.
- 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 a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.385-392, 2004.
- OLIVEIRA, E.L., PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, v38. p 47-57, 1996.
- OLIVEIRA, F.C. Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com biossólido. Piracicaba: ESALQ/USP (1995). 90p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ROSSETO, R. Efeito das aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana de açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26: 505-519, 2002.
- PAVAN, M.A. Movimento de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Rev. Bras. Ciência de Fruticultura**, v. 16, p. 86-91 1994.
- PEARSON, R. G. Acids and Bases. **Science**, 151 : 172 – 177, 1966.
- PEREIRA, J.A.R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (Glycine Max (L.) Merrill) no cerrado**. Botucatu, 1990. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP.
- PEREIRA, J.E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno**. Viçosa, 1978. 84p. Tese (Magister Scientiae/Fitotcniá)-Universidade Federal de Viçosa.
- PIAU, W.C. **Viabilidade do uso de escórias como corretivo e fertilizantes**. Piracicaba, 1991. 99p. Dissertação (mestrado em ciências/energia nuclear na agricultura).

- PÖTTKER, D., BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, v.22, p.675-684, 1998.
- PRADO, R. M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, abr. 2002.
- PRADO, R de m.; FERNADES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana de açúcar em vaso. **Scientia Agrícola**, 57:739-744, 2000.
- RAIJ, B. van **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343p.
- RAIJ, V.B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001, 285p.
- ROCHA, M. T., SHIROTA, R. – Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: determinação do ótimo social e custos privados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, 4(2): 55-62, 1999.
- ROS, C.O. DA.; AITA, C.; CERETTA, C.A. FRIES, M.R. Biossólido: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-preta-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 17:257-261, 1993.
- ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: , 2003a.
- SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica no solo. “Ecossistemas tropicais e subtropicais”**. Eds. Porto Alegre: Gênese, 1999, 518p.
- SELLES, F., ZENTNER, R.P., KOCHHANN R.A., FAGANELLO A., DENARDIM J.E. Effects of tillage on the forms and distribution of P in Oxisol in Southern Brazil. In: International Workshop on conservation Tillage System. Passo Fundo, 1990. Trabalhos publicados, Proc. Canadian International Development Agency / Centro Nacional de Pesquisa de trigo – EMBRAPA. 1990 p.86-85.
- SILVA, F.C., BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEIXE, C.A., MENDONÇA, E. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com biossólido. **Pesq. Agrop. Bras.**, 33:1-8 (1998).

SILVA, J.; MELLO, J. W. V.; CORRÊA, M. L. T. Uso de uma escória de aciaria como fonte de fertilizante fosfatado e zinco para uso agrícola. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29, Ribeirão Preto, 2003.

SILVA, F.C., BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEIXE, C.A.; MENDONÇA, E. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com bio sólido. **Pesq. Agrop. Bras.**, 33:1-8 (1998).

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o bio sólido produzido no distrito federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.487-495, 2002.

SILVEIRA, M. L. A.; ALLEONI, L. R. F.; GUILHERME, L. R. G. Biosolids and heavy metals in soils. **Sci. Agri.** (Piracicaba, Braz.) vol. 60. n. 4 Piracicaba Oct/Dec. 2003.

SIMONETE, M. A., KIEHL, J. C., PLESE, L. P. M., Efeito do lodo de esgoto nas propriedades químicas de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, 1999 (049-2).

SOUSA, E.S.; LOPES, A.J.R.; STAMFORD, N.P; FERRAZ, E.B.; OLIVEIRA, J.P.; FIGUEIREDO, M.V.B. Efeito o composto urbano, nitrogênio e mineralizantes em características químicas de um PVA cultivado com caupi: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia, GO. **Resumos**, vol III. Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 247-248.

STARK, S.A. & CLAPP, C.E. & CLAPP, C.E. Residual nitrogen availability from soils treated with sewage sludge in a field experiment. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.9, p.505-512, 1980.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. ; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TSUTIYA, M.T. **Características de bio sólidos gerados em estações de tratamento de esgotos**, cap 4. In: Bio sólidos na Agricultura, 2001. 468p.

VELOSO, C.A.C., BORGES, A.L., MUNIZ, A.S., Veigas, J.A. Efeitos de diferentes materiais no pH do solo. **Sci. Agric.** (Piracicaba), v.49, n.1, p123-8, 1992.

VETTORAZZO, S. C., AMARAL, F. C. S. do., CHITOLINA, J. C., Lixiviação de sais de um solo ácido tratado com lama de cal proveniente de indústria de papel. **Anais** do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, 1999 (039-7).

VIEIRA R.F. Mineralização de nitrogênio em solo suplementado com lodo de esgoto, trabalho apresentado na FERTBIO 2000, em Santa Maria – RS, de 23 a 26 de outubro de 2000.

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L. T. ; BOARETTO, A.E. Estudo da disponibilidade de fósforo do lodo de esgoto aplicado ao solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE