

EFEITO DE LODO URBANO HIGIENIZADO, CALCÁRIO E RESÍDUOS VEGETAIS NO CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

CHAVES, J.C.D.¹; MIYAZAWA, M.²; COLOZZI FILHO, A.³ e FERREIRA, T.L.⁴

- Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ-CBP&D/Café-

¹ Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Bolsista do CBP&D-Café, Caixa Postal 481, CEP 86001-970, Londrina-PR; <jchaves@pr.gov.br>; ² Pesquisador do IAPAR, Londrina-PR; ³ Pesquisador do IAPAR, Londrina-PR; ⁴ Aluno de Graduação da UEL.

RESUMO: O lodo de esgoto é um material que se acumula, principalmente nos grandes centros urbanos, constituindo-se em desafio para a humanidade, que necessita encontrar uma utilização adequada para esse material. Com o objetivo de avaliar o efeito do lodo urbano higienizado (tratado com cal) no desenvolvimento e na nutrição de mudas de cafeeiro e as modificações químicas no solo, foi conduzido experimento em casa de vegetação no Instituto Agrônomo do Paraná, utilizando-se um solo ácido (LEd) incubado em vasos com capacidade para 3,5 dm³, com lodo, calcário dolomítico e resíduos vegetais. Os tratamentos basearam-se na quantidade de lodo para neutralizar 0,5; 1,0; e 2,0 vezes a acidez extraída (H+Al). O lodo (L) foi aplicado isoladamente e associado à palha de café (PC) e guandu (G) na relação de volume 14 : 1 (solo: resíduo). A testemunha constou de calcário (C) para neutralizar 1,0 vez (100%) a acidez extraída. Todos os tratamentos receberam P e K para elevar os teores em 150 mg dm⁻³ e 4,0 mmolc dm⁻³. Uma semana depois da incubação foi plantada uma muda de cafeeiro da variedade Catuaí em cada vaso, e seis meses após foram realizadas as avaliações previstas. A matéria seca total, a área foliar e o volume radicular foram afetados pelas doses de lodo, obedecendo à seguinte ordem decrescente: L 0,5 > L 1,0 > L 2,0. A associação do lodo com o resíduo vegetal PC potencializou o efeito sobre o crescimento: PC > L > G > C. Em relação ao solo, ocorreu aumento do pH, neutralização do Al³⁺ e diminuição da acidez total (H+Al), conforme o aumento das doses de lodo. Quanto aos metais pesados, o método Mehlich-1 mostrou maior eficiência de extração que o DTPA (extrator orgânico). Houve incremento no solo de alguns metais pesados, particularmente Cr e Ni, com o aumento das doses de lodo. Na nutrição das plantas, ocorreu redução no teor foliar de manganês com as doses de lodo, especialmente em associação com PC; a concentração foliar de fósforo diminuiu na presença do G. O teor foliar dos metais pesados mostrou correlação direta com as doses de lodo e foi elevada principalmente para Co e Pb. O lodo urbano higienizado, na menor dosagem, mostrou ser um produto com potencial para ser utilizado na agricultura, direcionando este material de modo ecologicamente correto, além de diminuir a necessidade dos fertilizantes inorgânicos.

Palavras-chave: lodo urbano, resíduos vegetais, calcário, características químicas do solo.

EFFECT OF SEWAGE SLUDGE, LIME AND PLANT RESIDUES ON COFFEE GROWTH AND SOIL CHEMICAL CHARACTERISTICS

ABSTRACT: The sewage sludge is a material that accumulates mainly in big urban centers. It is a challenge for the humanity to find an adequate use of this material. The objective was to evaluate the effect of treated urban sewage sludge (lime treated) on growth and nutritional status of the coffee seedlings and on changes in soil chemical properties. A green house experiment was carried out at the Agronomic Institute of the State of Parana, Londrina, using an acid oxisol incubated in plastic pots (3.5 dm³ capacity) with swage sludge, dolomitic lime, and plant residues. The sludge was added in amounts equivalent to neutralize 0.5, 1.0, and 2.0 times the total extractable soil acidity (H+Al). The sludge (S) was applied alone and associated with coffee bean straw (CBS) and with pigeon pea (PP) at a rate of 14 : 1 (soil : residue), volume base. The control was lime (L) at rate to neutralize 100 % of the total extractable soil acidity. All treatments received P and K fertilizers up to a level of 150 mg dm⁻³ and 4 mmol_e dm⁻³, respectively. After one week incubation of soil with amendments a coffee seedling, Catuai cultivar, was planted at the center of each pot and conducted for six months. After that time total dry matter, leaf area, and root volume were evaluated. All plant parameters were affected by the rates of sludge in the following order: S 0.5 > S 1.0 > S 2.0. The mix of sludge with plant residue (CBS) affected all plant parameter in the following order: CBS > S > PP > L. In relation to soil, increasing the rates of sludge increased pH and decreased exchangeable Al and total soil acidity (H+Al). For the heavy metals, Mehlich-1 solution showed greater extraction efficiency in relation to DTPA solution. Increasing sludge rates increased heavy metal concentrations in soil, particularly Cr and Ni. In relation to plant nutrition, it was found a reduction in leaf Mn with increasing sludge rates, mainly in association with CBS; leaf P concentration decreased in the presence of PP. Leaf heavy metal levels showed direct correlation with sludge rates, mainly for Co and Pb. The treated urban sludge at the lowest rate seems to be a product with potential use in agriculture when applied ecologically correct. It also decrease the need for inorganic fertilizers.

Key words : sewage sludge, plant residues, lime, soil chemical characteristics.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas atualmente com o aumento da população mundial é o crescimento do volume de esgoto urbano, coletado pelas redes das cidades. A destinação final constitui-se em verdadeiro desafio em termos de poluição ambiental, porque envolve aspectos de disseminação de doenças e possibilidade de contaminação de rios e lençol freático por metais pesados, nitratos, etc.

Segundo Carvalho & Barral (1981), o despejo do lodo nos rios e oceanos tende a ser eliminado. A concentração em aterros sanitários constitui sério problema, devido à contaminação de lençóis subterrâneos de água, além da produção de odores, o que faz com que esta alternativa seja mal vista pela população.

Segundo Ludovice (1998), aproximadamente 35 % da população brasileira dispõe de coleta de esgoto e apenas 10% do esgoto coletado sofre algum processo de tratamento. A reciclagem do lodo na agricultura é, sem dúvida, uma das melhores alternativas, quando atende aos requisitos necessários em relação à concentração de metais pesados e patógenos. É a principal rota de disposição de lodo da Comunidade Européia e o mesmo deverá ocorrer entre os países do Mercosul, principalmente se for considerado que o lodo produzido não vem apresentando altos níveis de metais pesados (Basta, 1995).

O lodo de esgoto higienizado é um resíduo do tratamento das águas servidas, sejam domésticas, industriais ou agroindustriais. Ele possui uma constituição sólida e sua composição química varia de acordo com a procedência. O lodo é uma fonte de matéria orgânica e nutrientes para as plantas cultivadas (Melo et al., 1994).

Segundo Silva et al. (1999), no Brasil, o lodo de esgoto foi avaliado como fertilizante para as culturas de soja, arroz e milho, mostrando que tem possibilidades de aproveitamento para este fim. A EMBRAPA realizou pesquisas com lodo como fertilizante no milho e obteve resultados viáveis do ponto de vista agrônômico e sob o aspecto de segurança sanitária, pois o produto final a ser consumido pela população não entra em contato com o lodo. O mesmo não se pode afirmar para as hortaliças, sendo necessário que o produtor se conscientize dos riscos, visto que o lodo fica em contato com a parte comestível (Silva et al., 1999). Particularmente, acreditamos que o lodo é um material muito promissor como fonte de matéria orgânica e nutrientes em produção de mudas de culturas perenes, floricultura, pastagem, sistemas florestais e culturas perenes em geral.

O objetivo do trabalho foi o de avaliar o desenvolvimento e a nutrição do cafeeiro e algumas alterações químicas no solo especialmente quanto aos metais pesados, a fim de viabilizar a utilização do lodo na implantação da lavoura cafeeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do IAPAR, em Londrina – PR, em vasos de barro com capacidade para $3,5 \text{ dm}^3$ de solo original (SO), do tipo latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd). Os tratamentos incluíram os materiais lodo (L), calcário (C), palha de café (PC), guandu (G) e PK e constituíram-se nos seguintes: 1. Calcário dolomítico + PK; 2. L 1 + PK; 3. L $\frac{1}{2}$ + PK; 4. L 2 + PK; 5. L 1 + PK + PC; 6. L 1 + PK + G; 7. L $\frac{1}{2}$ + PK + PC; 8. L $\frac{1}{2}$ + PK + G; 9. L 2 + PK + PC; 10. L 2 + PK + G. As doses de lodo foram: lodo $\frac{1}{2}$, lodo 1 e lodo 2 = quantidade para neutralizar metade, uma e duas vezes a acidez extraída (H + Al), respectivamente. Os resíduos vegetais utilizados foram PC = palha de café e G = guandu (*cajanus cajan*), sendo a quantidade baseada no volume de solo: volume de resíduo = 14 : 1. O fósforo (P) e potássio (K) foram aplicados ao solo para elevar os teores em 150 mg dm^{-3} e 4 mmol dm^{-3} . Após a mistura do solo com o lodo, resíduos vegetais e PK, o material foi colocado nos vasos, sendo adicionado 600 ml de água; posteriormente foi mantida umidade próxima a 70% da capacidade de campo. Após uma semana, foram plantadas mudas de cafeeiro cultivar IAPAR-59, em fase de orelha de onça. O experimento foi conduzido por seis meses; após este período, os vasos foram desmontados para coleta de solo, raízes e parte aérea das plantas, para as respectivas análises químicas do solo e da planta, bem como área foliar, volume radicular e peso da matéria seca total da planta. Além das análises de rotina de solo e planta, foram incluídas determinações de metais pesados. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das plantas

1. Matéria seca total

O desenvolvimento das mudas foi severamente afetado pelos tratamentos empregados. O calcário isoladamente não melhorou o desenvolvimento, enquanto a dose de lodo para neutralizar metade da acidez extraída (lodo $\frac{1}{2}$) provocou o melhor crescimento do cafeeiro, sendo potencializado quando misturado com palha de café (PC), conforme mostra a Tabela 1. O crescimento das plantas diminuiu com o aumento das doses de lodo em aplicações isoladas ou em associações com os resíduos vegetais.

Tabela 1 - Matéria seca total produzida pelas mudas de cafeeiro nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Matéria seca g / planta
1. calcário dolomítico + PK	0,237 d
2. lodo 1 + PK	0,680 cd
3. lodo ½ + PK	2,090 b
4. lodo 2 + PK	0,265 d
5. lodo 1 + PK + PC	1,527 cb
6. lodo 1 + PK + G	0,530 cd
7. lodo ½ + PK + PC	3,467 a
8. lodo ½ + PK + G	1,130 cbd
9. lodo 2 + PK + PC	1,215 cbd
10. lodo 2 + PK + G	0,217 d

Médias seguidas d as mesmas letras não diferem estatisticamente a 5 % pelo teste de Tukey.

2. Volume de raízes

O volume radicular apresentou tendência semelhante à produção de matéria seca. Verifica-se na Tabela 2 que, nos tratamentos em que foram adicionados calcário dolomítico, lodo 2 e lodo 2 + G, foram obtidos os menores volumes de raízes; por outro lado, os maiores crescimentos radiculares foram com as doses de lodo ½ e principalmente lodo ½ associado com PC que diferiu estatisticamente de todos os demais tratamentos.

Tabela 2 - Volume de raízes das mudas de cafeeiro nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Volume de raízes cm ³ / planta
1. calcário dolomítico + PK	0,395 e
2. lodo 1 + PK	1,075 cde
3. lodo ½ + PK	3,000 ab
4. lodo 2 + PK	0,500 de
5. lodo 1 + PK + PC	2,350 bc
6. lodo 1 + PK + G	0,650 de
7. lodo ½ + PK + PC	3,875 a
8. lodo ½ + PK + G	1,300 cde
9. lodo 2 + PK + PC	1,800 bcd
10. lodo 2 + PK + G	0,300 e

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey.

3. Área foliar

A área foliar nos tratamentos com calcário dolomítico, lodo 2 e lodo 2 + G apresentaram valores inferiores aos dos demais tratamentos. Os maiores crescimentos neste parâmetro ocorreram nos tratamentos lodo ½ e principalmente lodo ½ + PC, o qual diferiu estatisticamente dos demais. A Tabela 3 mostra esses valores e evidencia que a área foliar do cafeeiro diminuiu à medida que houve aumento das doses de lodo, tanto em aplicações isoladas como em associação com os resíduos vegetais.

Tabela 3 - área foliar das mudas de cafeeiro nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Área foliar cm ² / planta
1. calcário dolomítico + PK	44,460 e
2. lodo 1 + PK	148,760 cde
3. lodo ½ + PK	371,770 b
4. lodo 2 + PK	58,850 e
5. lodo 1 + PK + PC	323,060 bc
6. lodo 1 + PK + G	119,120 de
7. lodo ½ + PK + PC	656,650 a
8. lodo ½ + PK + G	213,390 bcde
9. lodo 2 + PK + PC	269,300 bcd
10. lodo 2 + PK + G	49,820 e

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey.

Alterações químicas no solo

1. pH e acidez total (H+Al)

A adição de calcário e lodo contribuiu para elevar o pH no solo acima de 6,0. Os aumentos foram crescentes, conforme as doses de lodo, tanto em aplicações isoladas como em associações com os resíduos vegetais. Os valores foram mais elevados com a aplicação de lodo sem o resíduo vegetal (Figura 1a).

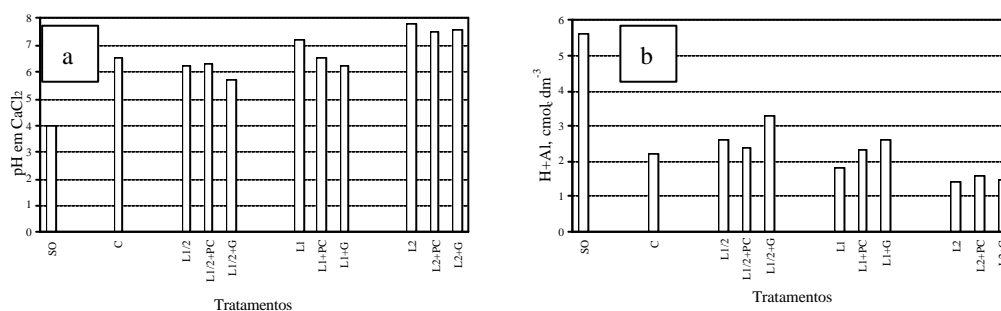


Figura 1 - Efeito da adição de calcário, lodo e resíduos vegetais sobre o pH (a) e acidez total (H+Al) (b) do solo.

A adição de calcário e lodo diminuiu consideravelmente a acidez total do solo, embora não tenha sido suficiente para neutralizá-la totalmente mesmo nas dosagens mais elevadas. O lodo foi mais eficiente nessa redução em aplicações isoladas. O lodo associado ao gandu manteve a acidez mais elevada,

especialmente nas doses mais baixas (Figura 1b). Esta acidez está ligada à presença de H^+ na superfície dos colóides do solo, não trocável mesmo em condições de pH elevado.

2. Metais pesados

A avaliação dos metais pesados no solo mostrou maior eficiência de extração da solução Mehlich-1, em relação ao DTPA. Ocorreu aumento nos teores dos metais pesados Cr e Ni de acordo com as doses de lodo aplicadas. Nas doses mais baixas de lodo, os teores de metais pesados no solo foram iguais ou inferiores ao tratamento com calcário (Tabela 4).

Tabela 4 - Teores de metais pesados no solo extraídos por Mehlich-1 e DTPA

Tratamentos	Cr		Co		Ni		Pb	
	Me	DTPA	Me	DTPA	Me	DTPA	Me	DTPA
Calcário + PK	1,46	0,50	0,23	0,05	0,30	0,03	4,19	1,63
L1 + PK	1,61	0,49	0,24	0,06	0,66	0,13	4,23	1,41
L1/2 + PK	1,25	0,51	0,19	0,05	0,38	0,06	4,14	1,78
L2 + PK	1,90	0,65	0,26	0,11	0,94	0,45	4,62	1,94
L1 + PK + PC	1,43	0,54	0,23	0,10	0,66	0,21	4,26	1,56
L1 + PK + G	1,59	0,57	0,25	0,13	0,78	0,20	5,14	1,50
L1/2 + PK + PC	1,27	0,54	0,19	0,42	0,40	0,38	3,27	1,78
L1/2 + PK + G	1,32	0,56	0,27	0,11	0,46	0,16	3,57	1,92
L2 + PK + PC	1,85	0,66	0,27	0,14	1,44	0,49	5,36	2,24
L2 + PK + G	1,93	0,68	0,30	0,14	1,27	0,46	4,67	1,90

Nutrição das plantas

1. Manganês e Fósforo

O teor foliar de manganês (Mn) no cafeeiro foi maior na menor dosagem de lodo (lodo ½) associado com guandu (G); nas doses maiores (L1 e L2), em associação com o guandu ocorreu grande redução na concentração foliar do Mn, provavelmente devido ao efeito da reação do solo (pH) e aumento da adsorção. O tratamento com lodo sem resíduos mostra valores foliares crescentes de Mn com o aumento das doses de lodo. No tratamento lodo + palha de café, os teores de manganês no tecido foliar foram sempre inferiores aos demais (Figura 2a), provavelmente em razão de algum mecanismo que reduziu a disponibilidade do elemento.

Em relação ao fósforo, de acordo com a Figura 2b, na associação de lodo com palha de café, o teor foi maior do que nos demais tratamentos. No tratamento lodo sem resíduo vegetal, o teor de P na folha foi:

L1/2 > L1 > L2, sendo que na dosagem L2 houve considerável decréscimo. No tratamento lodo + guandu, o teor foliar de P foi menor, e o comportamento indefinido, para as doses de lodo utilizadas.

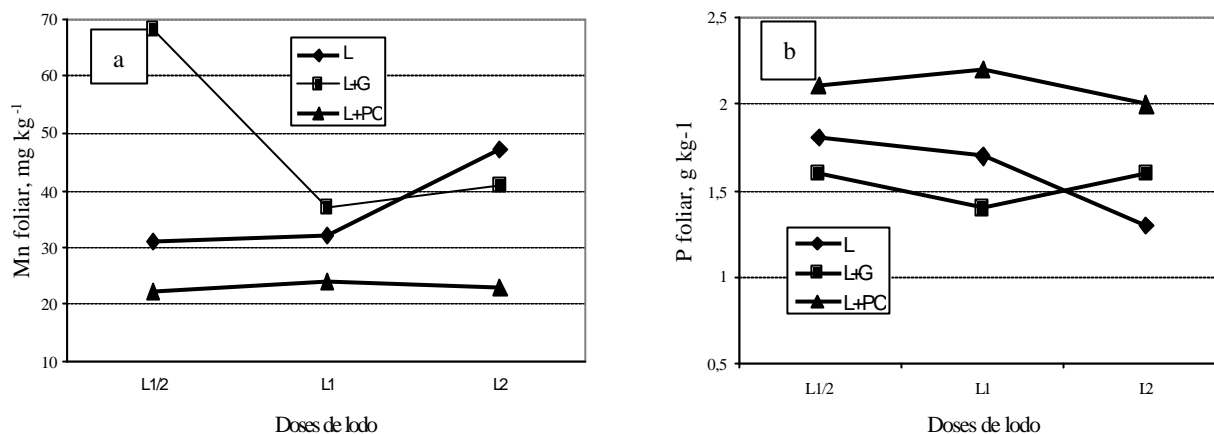


Figura 2. Teor de manganês (a) e fósforo (b) nas folhas do cafeeiro em função das doses de lodo e resíduos vegetais

2. Metais pesados

O teor de metais pesados foi determinado nas folhas do cafeeiro, conforme mostra a Tabela 5. Ocorreu discreto aumento na concentração foliar dos metais Cr, Co e Ni com o aumento das doses de lodo; houve aumento considerável na concentração do Pb na dose mais alta de lodo. Nas associações de lodo com os resíduos vegetais, ocorreu maior concentração de metais com o guandu (G). Os teores foliares nas doses mais baixas de lodo estiveram sempre abaixo do tratamento calcário.

Tabela 5 - Teores de metais pesados nas folhas do cafeeiro, conforme as doses de lodo e associações com resíduos vegetais

Tratamentos	Cr	Co	Ni	Pb	mg kg ⁻¹			
Calcário + NPK		16,06		0,91		9,57		4,73
Lodo 1 + PK		11,91		0,81		6,51		3,24
Lodo ½ + PK		10,90		0,63		5,65		2,33
Lodo 2 + PK		12,26		1,15		6,47		5,29
Lodo 1 + PK + PC		10,55		0,66		5,90		2,83
Lodo 1 + PK + G		11,47		0,94		5,87		4,97
Lodo ½ + PK + PC		10,65		0,74		6,19		3,90
Lodo ½ + PK + PC		10,83		0,82		5,76		3,53
Lodo 2 + PK + PC		11,20		0,94		5,89		3,72
Lodo 2 + PK + G		15,52		1,53		8,05		6,21

CONCLUSÕES

- De acordo com os resultados, foram obtidos ótimos crescimentos do cafeeiro com a dose de lodo para neutralizar 0,5 (50%) da acidez total do solo; os efeitos foram potencializados na presença do resíduo vegetal palha de café (PC).
- lodo utilizado alterou positivamente algumas características químicas do solo, particularmente pH e H+Al.
- lodo de esgoto mostrou ser um produto com bom potencial para ser utilizado na agricultura e contribuir com a comunidade do ponto de vista ambiental, direcionando esse material de modo ecologicamente correto, além de beneficiar os produtores com a melhoria na produtividade e diminuição na utilização de fertilizantes inorgânicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTA, N. T. Land application of biossolids: a review of research concerning benefits, enviromental impacts, and regulations of applying treated sewage sludge. Division of agricultural sciences and natural resources.Oklahoma state university, 1995, p.1.
- CARVALHO, P. C. T. & BARRAL, M. F. Aplicação do lodo de esgoto como fertilizante. Fertilizantes, 3 (2): 3-5, 1981.
- LUDUVICE, M. Gestão de biossólidos e o mercosul. In: I Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do Mercosul. Anais, Curitiba, 1998, p.10.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A. & LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana de açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 18 (3): 445-455, 1994.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Utilização de lodo de esgoto na agricultura. Planaltina, EMBRAPA Cerrados.