



## Efeito da Aplicação de Lixiviado de Resíduos Sólidos Urbanos na Acumulação de Micronutrientes pelo Girassol e de Sódio no Solo

Paulo Sérgio Alves de Souza<sup>1,2</sup>, Michelle Machado Rigo<sup>2</sup>, Alexandre Andrade Cerqueira<sup>2</sup>, Monica Regina da Costa Marques<sup>2</sup>, Daniel Vidal Perez<sup>3</sup>, Rafael Schirmer de Paula Couto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fundação Osório, Ministério da Defesa, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: [paulosasouza@gmail.com](mailto:paulosasouza@gmail.com)

<sup>2</sup>Laboratório de Tecnologia Ambiental, Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: [michelle.rigo@gmail.com](mailto:michelle.rigo@gmail.com); [alancer40@gmail.com](mailto:alancer40@gmail.com); [monicamarques@uerj.br](mailto:monicamarques@uerj.br);

[rspcouth@gmail.com](mailto:rspcouth@gmail.com). <sup>3</sup> Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: [daniel.perez@embrapa.br](mailto:daniel.perez@embrapa.br).

*Artigo recebido em 26 março 2014; aceito para publicação em 13 outubro; publicado 31 dezembro 2014*

### Resumo

O presente trabalho consistiu na avaliação da acumulação de sódio no solo e de micronutrientes foliares no ciclo inicial do girassol irrigado com o lixiviado de um aterro sanitário urbano desativado, localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, para subsidiar a discussão do reúso agrícola dos resíduos sólidos urbanos. Foram determinados os teores de sódio no solo e os teores de micronutrientes (zinco, ferro, cobre, cromo, manganês, cobalto e níquel) foliares para as mudas de girassol, como resposta à irrigação com o lixiviado bruto. Os resultados obtidos indicaram que para o cobre e o ferro, as concentrações foliares não diferiram estatisticamente em função dos tratamentos utilizados. Entretanto, houve diferença estatística entre os tratamentos para as concentrações foliares de manganês, zinco e cromo. O efeito da aplicação de lixiviado bruto em diferentes concentrações de mistura foi significativo para o sódio, evidenciando que o aumento das concentrações desse efluente, intensifica a presença do íon sódio no solo. Portanto, os resultados do presente estudo reforçaram a necessidade do correto manejo do uso do lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos como fonte de irrigação e nutrição do girassol, bem como indicaram a necessidade de se realizarem estudos mais aprofundados para o bom gerenciamento deste efluente sem prejudicar o sistema solo-planta, reduzindo os possíveis impactos ambientais negativos.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos urbanos, chorume, irrigação, girassol

### Abstract

**Effect of Municipal Solid Waste Leachate Application in Micronutrients accumulation at Sunflower and Sodium in Soil.** This study was to evaluate the accumulation of sodium in soil and foliar micronutrients at the initial cycle of irrigated sunflower, with the leaching of a disabled urban landfill, located at the metropolitan area of Rio de Janeiro, to support the discussions of reuse agricultural municipal solid waste. Sodium in soil and micronutrient (zinc, iron, copper, chromium, manganese, cobalt and nickel) for foliar sunflower seedlings contents in response to irrigation with raw leachate was evaluated. The results indicate that for copper and iron, leaf concentrations did not differ as function of the treatments. However, there were statistically significant differences between treatments for foliar concentrations of manganese, zinc and chromium. The effect of the raw leachate application in different concentrations mixture was significant for sodium, showing that increasing concentrations of the effluent, enhances sodium ion present in soil. So the results of this study reinforce the need for proper management of the use of the leachate of municipal solid waste landfills as a source of irrigation and sunflower nutrition and indicated the need to carry out further studies to the good management of this effluent without harm the soil-plant system, reducing the potential negative environmental impacts.

**Keywords:** municipal solid waste, landfill leachate, irrigation, sunflower



---

## Introdução

A água é um bem essencial para a sobrevivência de todas as espécies de vida existentes no planeta. No entanto, o seu uso tem aumentado bastante nas últimas décadas, devido essencialmente ao seu consumo excessivo por parte dos setores populacional, agrícola e industrial, como consequência do aumento exponencial da população mundial. O aumento do consumo de água, a nível mundial, traduz-se em um enorme desequilíbrio entre as suas necessidades e disponibilidades, que poderão atingir níveis graves em épocas de escassez de precipitação (MONTE, 2010)

O reúso da água, através do reaproveitamento de águas residuais tratadas, provém da necessidade de dar resposta à escassez de água em nível mundial. Esse foi um dos maiores desafios do século XX que se prolonga pelo século XXI. Os efluentes passaram a ser considerados como um novo recurso hídrico que pode ser utilizado em atividades que exijam um menor padrão de qualidade, deixando assim maiores disponibilidades de água doce para fins que necessitam de maior qualidade, como é o caso do abastecimento de água para consumo humano (ASANO, 2004; MONTE, 2010).

Assim, o aproveitamento de águas residuárias ricas em material orgânico tem sido adotado com frequência, como forma de disposição final adequada desses resíduos, concorrendo para que se obtenha melhoria na qualidade do solo, possibilitando a obtenção de aumento na produtividade de muitas culturas agrícolas (Matos et al., 2003).

Devido à sua gigantesca extensão territorial e pelas vantajosas condições de solo e clima, o Brasil se oferece, como poucos países no mundo, para o cultivo de oleaginosas que são matérias-primas de superior qualidade para a obtenção do biodiesel, como a soja (*Glycine max* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), o amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e o girassol (*Helianthus annuus* L.). A produção e o uso do biodiesel no Brasil podem propiciar o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social. Sua ampliação, além de contribuir para a redução da dependência do país em relação ao diesel importado, pode acarretar em ganho econômico para milhares de famílias brasileiras, sobretudo agricultores do semiárido, em função do aumento de renda proveniente do cultivo e comercialização das plantas oleaginosas (OLIVEIRA, 2012; POMPELLI et al., 2011).



Nesse contexto, o girassol (*Helianthus annuus* L.) se destaca entre as plantas que podem ser utilizadas como matéria prima para a produção de biodiesel no Brasil, por ser uma oleaginosa que pode ser cultivada em qualquer região do país por apresentar boa tolerância à seca e ao calor e ciclo curto de cultivo, podendo se tornar uma importante alternativa para o semiárido nordestino. Além disso, o teor de óleo no girassol varia em torno de 40%, enquanto que em outras oleaginosas que vêm sendo utilizadas para a produção do biodiesel, como a soja, esse percentual fica em torno de 20% (EMBRAPA, 2013; POMPELLI et al., 2011).

Dentre os desafios encontrados, para que a produção e o uso de biocombustíveis atinjam a sua amplitude econômica, social e ambiental, principalmente nas regiões carentes do semiárido nordestino, encontra-se a necessidade de se encontrar fontes alternativas de água para irrigação das culturas de oleaginosas.

O lixiviado proveniente de aterros sanitários apresenta alta variabilidade composicional, destacando-se a presença de nutrientes importantes para agricultura, como o nitrogênio, fósforo, potássio, alguns micronutrientes, além de matéria orgânica, atribuindo-lhe elevado potencial para aproveitamento agrícola (Matos et al., 2008).

Entretanto, para evitar a contaminação do solo e da água subterrânea, comprometer negativamente o rendimento das culturas ou mesmo intoxicação da população local, faz-se necessária uma avaliação criteriosa dos impactos ambientais do reúso de lixiviados de aterros sanitários em irrigação agrícola.

A utilização de águas residuárias com elevados teores nitrogênio e fósforo, pode provocar a contaminação dos aquíferos, já que esses íons não são retidos pelo solo, sendo facilmente arrastados pela água, além de provocar efeitos fitotóxicos nas plantas (SANTOS, 2001).

Em particular, a presença de elevadas concentrações de sódio nos solos também pode afetar o desenvolvimento vegetal das plantas, dificultando a absorção de nutrientes. O sódio em excesso, além de provocar alterações nas propriedades físico-químicas dos solos, também dificulta a penetração das raízes das plantas. Desta forma, o uso de águas de irrigação com elevadas concentrações de sódio pode converter um bom solo em um solo pobre para crescimento (STAGNITTI et al., 1998; BELDEN; PANTER, 2005).



---

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a acumulação de sódio no solo e de micronutrientes foliares no ciclo inicial do girassol irrigado com o lixiviado de um aterro sanitário urbano desativado, localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

### **Materiais e métodos**

O presente estudo foi conduzido em vasos plásticos com capacidade de 3,5 L, no período de março a abril de 2014 em casa de vegetação, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Maracanã (Rio de Janeiro – RJ), com coordenadas geográficas de latitude 22° 54' Sul, longitude 43° 14' Oeste.

O solo utilizado no preenchimento dos vasos foi coletado no perfil natural de um argissolo no município de Resende (RJ). Após coletado, foi retirada uma amostra e encaminhada ao Centro Nacional de Pesquisa do Solo (EMBRAPA-SOLOS) para caracterização química e física (Tabela 1) segundo as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 2009).

O solo após seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira com malha de 3,35 mm foi pesado para preenchimento homogêneo dos vasos. Todos os vasos receberam a mesma massa de solo, sendo pesados em balança semi-analítica, totalizando 2.200g de solo por vaso.



**Tabela 1.** Caracterização Física- química do solo utilizado no Experimento.

Parâmetros	Valores		
pH (água)	4,1		
pH (KCl)	3,6		
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /Kg)	0,6		
K <sup>+</sup> (mg/Kg)	0,14		
Na <sup>+</sup> (mg/Kg)	0,04		
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /Kg)	6,9		
Al <sup>3+</sup> (mg/Kg)	2,6		
P (mg/Kg)	46,0		
C (mg/Kg)	11,9		
N (mg/Kg)	1,7		
	Metais	Extração Mehlich <sup>-1</sup>	Extração DTPA
Cu (mg/Kg)		1,17	1,08
Fe (mg/Kg)		55,1	96,5
Mn (mg/Kg)		15,9	6,21
Zn (mg/Kg)		1,40	0,779
Cr (mg/Kg)		-	-
Co (mg/Kg)		0,091	0,045
Ni (mg/Kg)		0,131	0,071
Cd (mg/Kg)		-	0,010
Pb (mg/Kg)		2,97	3,64

O efluente utilizado durante o experimento foi coletado no já desativado Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no município de Duque de Caxias, entre fevereiro e março de 2014 e ficou armazenado em um recipiente fechado de 500L. Para caracterização química e física (Tabela 2) uma amostra de 200 mL foi coletada e encaminhada ao Laboratório de Tecnologia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LABTAM-UERJ),



para análises, conforme adaptações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA,2005).

**Tabela 2.** Caracterização química do lixiviado bruto do aterro de Jardim Gramacho – RJ utilizado durante o experimento

Parâmetros avaliados*	LB
pH (água)	9,21
Condutividade (mS/cm)	7,18
Demanda Química de oxigênio (mg/L)	3.303
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	5.030
Salinidade (mg/L)	3.770
Sódio (mg/L)**	2.252
Zinco (mg/L)*	0,274
Cromo (mg/L)*	0,041
Manganês (mg/L)*	0,180
Cobre (mg/L)*	0,040
Ferro (mg/L)*	2,930

LB: Lixiviado Bruto.\*Leitura via absorção atômica; \*\* Leitura via cromatográfico de íons;

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado montando no esquema fatorial 5x4 + 1 (cinco misturas de concentrações de lixiviado, quatro repetições e uma adubação mineral). Os tratamentos constituíram de 5 concentrações de mistura com lixiviado, sendo: 0% com água de abastecimento, 5%, 15%, 25%, 50% de mistura com concentrações de lixiviado bruto (LB) e uma adubação mineral baseada na metodologia de Novais, Neves e Barros (1991).

Para o plantio, foram utilizadas sementes do cultivar BRS 321, fornecido pela EMBRAPA soja. Para cada vaso, plantou-se 10 sementes e no 15º dia foram retiradas as mudas excedentes, deixando apenas uma muda por vaso.

A irrigação com as diferentes concentrações de mistura do lixiviado bruto de aterro (LB) e com água do abastecimento iniciou-se após 1º dia do plantio das sementes.



No tratamento com adubação mineral e a testemunha (0%) a manutenção da umidade do solo foi feita irrigando os vasos apenas com água de abastecimento, já para os demais tratamentos, foram irrigadas com as concentrações de mistura do lixiviado (sendo: 5%, 15%, 25% e 50%). Tanto o lixiviado, quanto a água de abastecimento foram aplicadas manualmente com o auxílio de uma proveta graduada de 1L, obedecendo a uma frequência de irrigação de dois dias até o término da metade do ciclo do girassol, ocorrida no 45º dia.

Para o cálculo das aplicações do lixiviado e da água de abastecimento utilizou-se o balanço de água no solo feito por meio do método da pesagem dos vasos, onde a diferença de peso correspondeu ao volume de água a ser aplicada para elevar o solo à capacidade de campo (saturação com água do solo, ao nível de 100%) (Equação 1).

$$V = P_{cc} - P \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

V= Volume de água (L);  $P_{cc}$ = Peso do vaso saturado com água (kg) e P= Peso do vaso antes de receber água (kg).

A determinação dos teores de sódio no solo e dos teores de micronutrientes foliares para as mudas de girassol, como resposta a irrigação com o LB foram obtidas após o corte da parte aérea no 45º dia contados a partir do início de aplicação dos tratamentos. Isso corresponde à metade do ciclo do girassol das sementes BRS 321.

O material cortado foi submetido à secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C, durante 72 h; em seguida, o material foi moído em moinho analítico (IKA A11 Basic ®) com peneira de 30 mesh, acondicionado em sacos de papel e encaminhado ao laboratório da EMBRAPA solos para determinação dos micronutrientes (zinco, ferro, cobre, cromo, manganês, cobalto e níquel) conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

Ao final do experimento, foram retiradas amostras de solo de cada vaso para análise química no laboratório da Embrapa Solos, tais análises seguiram o procedimento da EMBRAPA (2009).



Os dados foram analisados por meio de análise de variância e teste de médias utilizando o teste de Tukey, adotando-se um nível de 5% de probabilidade, por meio do software SAS® (SAS for Windows; by SAS Intitute Inc; Cary; NC; USA).

## Resultados e discussão

A análise de variância mostrou significância para a os micronutrientes foliares e para o sódio no solo, avaliados por meio da interação entre os tratamentos aplicados. Observa-se que para cobre e ferro todas as concentrações foram iguais estatisticamente (Tabela 3) demonstrando que não houve influência da aplicação do lixiviado bruto (LB), uma vez que a adubação mineral e a testemunha com água de abastecimento também, apresentaram-se iguais estatisticamente. Já para manganês, zinco e cromo houve diferença entre os tratamentos, sendo que as menores concentrações da mistura apresentaram maiores valores desses nutrientes, com as maiores médias no tratamento de 5% (Tabela 3).

Nota-se que as maiores médias foram encontradas nas menores concentrações da mistura de lixiviado bruto (LB), assim como na testemunha irrigada com água de abastecimento, isso indica que o aumento dessas concentrações não foi ocasionado pelo uso do lixiviado (Tabela 2). Dessa forma, infere-se que a absorção desses micronutrientes foi proveniente da presença desses elementos no solo (Tabela 1) e na água de abastecimento.

**Tabela 3:** Micronutrientes foliares no Girassol (*Helianthus annuus*) irrigado com diferentes concentrações da mistura de Lixiviado de aterro sanitário.

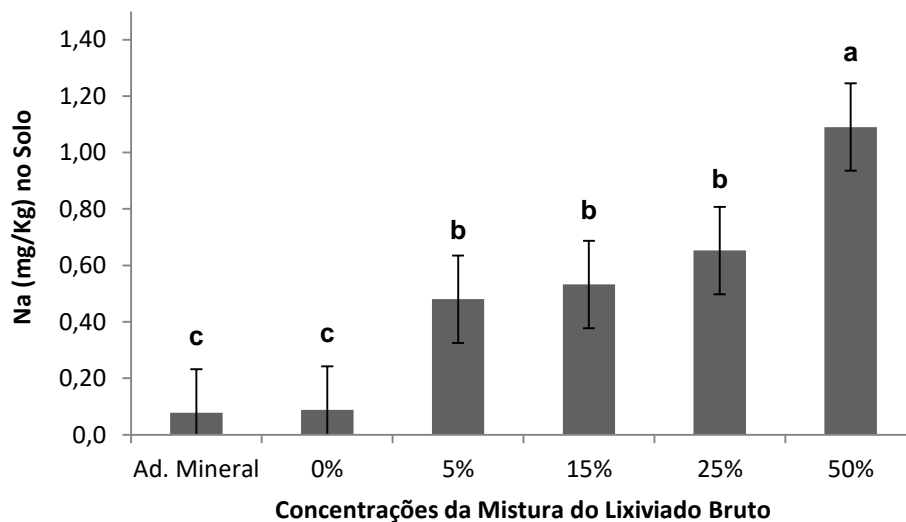
Mistura de Lixiviado	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
Adubação Mineral	7,75 a	354,75a	789,0 a	70,63c	1,15bc
0%	15,28 a	1063,2a	657,5 ab	204,75 b	0,00 c
5%	16,03 a	457,00a	614,5abc	264,75 a	2,23ab
15%	10,46 a	608,25a	437,75 bc	87,88 c	1,79ab
25%	12,06 a	1106,5a	340,25 c	70,45 c	3,04 a
50%	7,02 a	648,75a	476,25 bc	70,00c	0,00 c





Letras minúsculas seguidas pela mestra letra em coluna, não diferente estatisticamente entre si pelo teste de Turkey a 5%.

O efeito da aplicação de lixiviado bruto em diferentes concentrações de mistura foi significativo, evidenciando que o aumento das concentrações de LB, intensifica a presença do íon sódio no solo. Na Figura 1, observa-se que a mistura de 50% de lixiviado bruto apresentou a maior média entre todos os tratamentos. Em adição a este trabalho, Silva et. al (2010) verificaram significativas alterações na saturação do complexo de troca com sódio, em solo cultivado com Tifton 85 submetido à aplicação de percolado de resíduo sólido urbano em diferentes taxas. No entanto, a produtividade da forrageira não foi prejudicada.



**Figura 1.** Efeito das concentrações das misturas de lixiviado bruto no solo para o sódio.

## Conclusões

A aplicação das concentrações de mistura do lixiviado bruto não aumentou a concentração de micronutrientes pelas plantas. Entretanto, o ciclo de 45 dias de aplicação pode não ter proporcionado essa absorção, uma vez que demanda um maior tempo de plantio.



Observa-se que o aumento das concentrações de mistura do lixiviado bruto aplicada via irrigação, ou seja, suprimindo a necessidade hídrica da cultura, favoreceu o aumento da presença do íon sódio no solo.

Desta forma, faz-se importante o correto manejo do uso do lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos como fonte de irrigação e nutrição do girassol assim como é necessário que se realizem estudos mais aprofundados para o bom gerenciamento deste efluente sem prejudicar o sistema solo-planta, reduzindo os possíveis impactos ambientais negativos.

## AGRADECIMENTOS

À Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro (Comlurb) e ao CNPq e a CAPES pelo auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

APHA-American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. Washington: American Water Works Association, p.1.368. 2005.

ASANO, T.; COTRUVO, J. A. Groundwater recharge with reclaimed municipal wastewater: health and regulatory considerations. *Water Research*, v. 38, p. 1941-1951, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2010/janeiro/4asemana/embrapa-e-petrobras-investem-no-girassol-no-semiarido/>>. Acesso em: 23 abr. 2013.

LOPES, P. V. L.; MARTINS, M. C.; TAMAI, M. A.; OLIVEIRA, A. C. B.de.; CARVALHO, C. G. P. de. Produtividade de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Comunica do Técnico, 208. 4p. 2009.



MATOS, A. T. de; CARVALHO, A. L. de; AZEVEDO, I. C. D. d'A. Viabilidade do aproveitamento agrícola de percolados de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.4, p.435–440, 2008.

MATOS, A. T.; BRASILI, M. S.; FONSECA, S. P. P. Aproveitamento de efluentes líquidos domésticos e agroindustriais na agricultura. *In: Encontro de Preservação de Mananciais da Zona da Mata Mineira*, 3, 2003, Viçosa. *Anais...* Viçosa: ABES-MG, ABAS-MG, DEA/UFV, 2003. p.25-79.

MARRECOS DO MONTE, H. & ALBUQUERQUE, A. Wastewater reuse. Technical Guide N°. 14. Lisbon: ERSAR. 2010.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. *In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. Método de pesquisa em fertilidade de solos*. Brasília: Embrapa-SEA, p.189-253, 1991.

OLIVEIRA, Eduardo Luiz de (Org.). *Manual de Utilização de Águas Residuárias em Irrigação*. 1ª ed. Botucatu: Fepaf, 2012. 192 p.

POMPELLI, M. F.; OROZCO, A. J.; OLIVEIRA, M. T.; RODRIGUES, B. R.; BARBOSA, M. O.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FONSECA-MORENO, L. Crise energética mundial e o papel do Brasil na problemática de biocombustíveis. *Agronomia Colombiana*, v. 29, n. 2, p. 423-433, 2011.

SILVA, D.F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.P.; CECON, P.R.; MOREIRA, D.A. Disponibilidade de sódio em solo com capim Tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.10, p.1094–1100, 2010.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V. B. R. *O boro na cultura do girassol*. Ciências Agrárias, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.