



Teores de Cálcio e Magnésio em Latossolo após Aplicação de Resíduos Industriais e Urbanos

Calcium and Magnesium on an Oxisol after the Application of Urban and Industrial Wastes

SANTOS, Susiane de Moura Cardoso dos¹; ANTONANGELO, João Arthur²; SERAFIM, Gabriela Moura³, MELO, Thalia Mayara Pereira de⁴; BÜLL, Leonardo Theodoro⁵

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia/MS, susianemoura@yahoo.com.br; ²Oklahoma State University, United States, joao.antonangelo@okstate.edu; ³Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP, Botucatu, São Paulo, bull@fca.unesp.br, ⁴Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia/MS, gabrielamouraserafim@gmail.com, tha.melo@hotmail.com

Resumo: Resíduos industriais e urbanos aplicados à culturas agrícolas sob sistema de plantio direto (SPD) podem promover benefícios aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A reutilização desses materiais reduz o aporte de fertilizantes, proporcionando maior sustentabilidade ambiental e econômica. Além de atuarem como reguladores da acidez do solo, alguns desses resíduos são excelentes fontes de nutrientes às plantas, como o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg). Neste contexto, objetivou-se analisar os teores de Ca e Mg num Latossolo sob SPD, após aplicação superficial de resíduos industriais e urbanos em um Latossolo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x4+1, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro resíduos: LC - lodo de esgoto centrifugado com adição de cal virgem (CaO); LB - lodo de esgoto proveniente de biodigestor com adição de polieletrólitos; E - escória de aciaria; e Lcal - lama cal, aplicados nas doses 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹. Em amostras de terra coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, foram avaliados os teores de Ca e Mg. Os resíduos E e a Lcal apresentaram os maiores teores de Ca no solo nos dois anos de cultivo. Quanto aos teores de Mg, os maiores valores foram obtidos com a aplicação de LB. Maiores teores de Ca e Mg foram encontrados até 20 cm de profundidade.

Palavras-chave: Lodo, Nutrientes, Resíduos, Calcário.

Abstract: Urban and industrial wastes applied to crops under no-tillage system (NT) can promote benefits to the physical, chemical and biological attributes of the soil. The reuse of such materials reduces the input of fertilizers, providing greater environmental and economical sustainability. In addition of acting as regulators of soil acidity, some of these residues are excellent sources of plant nutrients, such as calcium (Ca) and magnesium (Mg). In this context, we aimed to analyze the Ca and Mg contents on an Oxisol under NT after surface application of urban and industrial wastes. The experimental design was a randomized block, in a 4x4+1 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of four residues: LC - sewage sludge centrifuged with addition of virgin lime (CaO); LB - sewage sludge from biodigester with addition of polyelectrolytes; E - steel slag; and Lcal - lime mud, applied at doses 0, 2, 4 and 8 Mg ha⁻¹. In soil samples collected from 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm layers, were evaluated the Ca and Mg contents. The E and Lcal residues showed the highest Ca contents in the soil during the two years of cultivation. As for the Mg contents in the soil,



the highest values were obtained with the application of LB. Higher Ca and Mg contents were found up to 20 cm deep.

Keywords: Sludge, Nutrients, Waste, Lime.

Introdução

Do ponto de vista agrícola, a principal importância no uso de resíduos corresponde ao fornecimento de nutrientes neles presentes e/ou elevado teor de matéria orgânica. Porém, existe a possibilidade de elementos e/ou substâncias potencialmente tóxicas estarem presentes (MATTIAZZO; PIRES, 2008).

O solo, por suas características físicas, químicas e biológicas, é naturalmente eficiente quanto à remediação de resíduos, principalmente devido à grande quantidade de microrganismos presentes. Ainda assim, alguns resíduos urbanos e industriais podem ser utilizados como condicionadores e fertilizantes do solo. No entanto, além do elevado teor de matéria orgânica contida nesses resíduos, existem também os elementos prejudiciais ao solo e ao meio-ambiente, como mencionado. Portanto, torna-se desafiador sua aplicação/utilização adequada (BELHOTE et al., 1998), já que o solo por si só não é capaz de remediar 100% do que é prejudicialmente adicionado, como os metais pesados, por exemplo.

Quando se pretende fazer o uso de resíduos para fins agrícolas, vários fatores devem ser levados em consideração, desde aqueles pertencentes à legislação, como aqueles que servem de apoio para a avaliação e para a tomada de decisão sobre a possibilidade de promover a reciclagem agrícola do resíduo (MATTIAZZO; PIRES, 2008).

De acordo com Belhote et al. (1998), o efeito da aplicação dos resíduos no solo é mais impactante nos primeiros 10 cm de profundidade. As modificações são observadas principalmente na acidez e nas bases trocáveis (potássio (K), Ca e Mg), com efeito direto na saturação por bases do solo (V%) e sua capacidade de troca catiônica (CTC).

A lama cal é um resíduo alcalino proveniente da fabricação de papel e celulose, constituído predominantemente de carbonato de cálcio e hidróxido de sódio, agindo também como corretivo da acidez do solo, podendo ser comparado a um calcário (FREITAG, 2008).

Outro resíduo que também possui qualidades agrícolas é a escória de aciaria, proveniente da matéria-prima dos minérios de ferro, cuja incorporação ao ferro gusa ou aço é indesejável. A escória de aciaria é um subproduto da produção do aço, composta por óxidos de cálcio e de magnésio (CaO e MgO, respectivamente)



portanto, também pode ser usada como corretivo de solo, dada a sua alcalinidade (CAPUANI, 2013).

As melhorias nas características químicas do solo pela utilização de escórias decorrem da elevação dos valores de pH, dos teores de Ca e Mg, da CTC e da V%, diminuindo ainda a concentração de acidez potencial ($H+Al$) - (PRADO et al., 2002; 2003). Seu potencial de uso agrícola é como alternativa ao tradicional calcário, com a vantagem de que sua aplicação diminui o impacto ambiental em torno das indústrias produtoras de ferro e aço. As escórias são classificadas como corretivo de acidez do solo, aplicando-lhe a mesma legislação do calcário para sua comercialização e utilização CONAMA, 2006).

O lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias nas estações de tratamento de esgotos. A sua aplicação em doses crescentes promovem diminuição do pH e aumento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio (N) total, fósforo (P), K, Na, Ca e Mg nos solos (NASCIMENTO et al. 2004).

Quanto aos sais resultantes da decomposição do lodo de esgoto, os de sódio podem causar problemas, pois este elemento pode substituir o cálcio e o magnésio do complexo de troca, espalhando a argila, destruindo os agregados e a estrutura dos solos e diminuindo a permeabilidade e a infiltração da água BETTIOL e CAMARGO (2006).

Com isso objetivou-se analisar os teores de Ca e Mg no solo, após aplicação superficial de resíduos industriais e urbanos em um Latossolo sob SPD.

Metodologia

O trabalho foi conduzido a campo, no período de 2011 a 2013, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Campus de Botucatu/UNESP, localizada no município de Botucatu, São Paulo - SP, latitude de 22°51'S e longitude de 48°26'W, altitude de 740 m. O experimento vem sendo conduzido em área manejada sob SPD, submetida à aplicação superficial de resíduos industriais (escória de aciaria e lama cal) e urbanos (lodos de esgoto) no ano de 2002. Desde então, os resíduos foram aplicados em anos ímpares seguindo as mesmas doses (0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹). Dessa forma, as reaplicações foram realizadas em 2005, 2007, 2009 e 2011.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Santos, 2013). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro resíduos: LC-lodo de esgoto centrifugado com adição de cal virgem (CaO), proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Presidente Prudente; LB-lodo de esgoto proveniente



de biodigestor com adição de polieletrólitos, produzido pela ETE de Barueri, SP; E escória de aciaria gerada pela Mannesmann, e Lcal-lama cal proveniente da empresa de celulose Ripasa. As características químicas dos resíduos supracitados estão descritas na Tabela 1. Os resíduos foram aplicados em quatro doses, 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹, além de um tratamento adicional com a aplicação de calcário na dose de 2 Mg ha⁻¹. As doses foram aplicadas manualmente de forma superficial e homogênea.

As amostragens de terra para a caracterização química foram realizadas três meses após a aplicação dos resíduos. Fez-se a coleta do solo nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, sendo coletadas três amostras simples para formar uma amostra composta em cada parcela. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e secas ao ar. Após a secagem, foram destorroadas e peneiradas em peneiras de malha de 2 mm para posterior análise química.

Tabela 1. Características químicas dos resíduos utilizados no experimento.

Resíduos	C/N	pH	Umidade	MO- total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
		(CaCl ₂)% ao natural..... mg kg ⁻¹ ao natural.....													
LC	7/1	8,13	25,00	10,50	0,78	0,44	0,05	12,1	0,15	0,11	270	75	4388	69	150
LB	8/1	6,84	18,88	42,12	3	3,37	0,08	1,87	0,38	0,7	243	99	17334	322	1176
Lcal	93/1	8,75	37,32	10,08	0,06	0,23	0,57	16,8	0,23	0,03	3263	6	265	91	9
E	11/1	12,40	9,97	2,00	0,1	1,21	0,04	21,8	2,42	0,9	684	23	145350	22455	25

LC: Lodo de esgoto centrifugado com cal virgem; LB: Lodo de esgoto de biodigestor; Lcal: Lama cal; e E: Escória.

Os resultados foram submetidos à ANOVA, ao teste de média entre os tratamentos, com a aplicação do teste Tukey a 5%. Para tanto, utilizou-se programa Sisvar, versão 4.2.

Resultados e discussão

A E e a Lcal apresentaram os maiores teores de Ca no solo nos dois anos de cultivo (Tabela 2). Isso provavelmente se deve ao fato desses materiais já apresentarem quantidade elevadas de Ca em sua composição (Tabela 1). Entretanto, notou-se que os teores de Ca no solo diminuíram com o aumento da profundidade. Resultados similares foram observados por Corrêa et al. (2007), que também obtiveram incremento nos teores de Ca no solo em função do aumento das doses aplicadas desses mesmos resíduos. Além disso, os resíduos E e Lcal apresentaram maior fornecimento de Ca ao solo quando comparados ao calcário (Tabela 2).



Tabela 2. Teores de cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, para os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013, após aplicação dos resíduos LB (lodo de biodigestor), LC (lodo centrifugado com adição de cal), Lcal (lama cal), E (escória aciaria) em função das doses 0, 2, 4 e 8 Mg ha^{-1} .

Resíduos								
Ca Ano 2011/2012								
Dose	LB	LC	Lcal	E	LB	LC	Lcal	E
Mg ha^{-1}	..... Profundidade 0-5 cm .....				..... Profundidade 5-10 cm			
0	11,4	11,4	11,4	11,4	8,5	8,5	8,5	8,5
2	12,3b	33,0b	92,0a	59,7ab	8,7c	31,42b	59,1a	60,0a
4	13,4b	60,7ab	77,2a	88,9a	11,2b	51,5a	65,1a	59,5a
8	13,8c	140,8ab	137,0b	192,8a	8,5c	91,7b	134,8a	118,6a
Média	12,7b	61,5b	79,4b	88,2b	9,2c	45,8b	66,9a	61,6a
Calcário	52,5				43,0			
	..... Profundidade 10-20 cm .....				..... Profundidade 20-40 cm			
0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
2	8,4b	25,9ab	35,9a	27,4ab	14,0	19,1	31,7	21,3
4	12,9b	36,6ab	43,9a	41,6a	10,68b	24,1ab	37,5a	26,0ab
8	16,1c	44,7b	89,7a	86,7a	13,5c	48,6b	81,7a	50,8b
Média	11,1c	28,6b	44,2a	40,7a	11,3c	24,7b	39,5a	26,3b
Calcário	26,8				20,2			
Resíduos								
Ca Ano 2012/2013								
Dose	LB	LC	Lcal	E	LB	LC	Lcal	E
Mg ha^{-1}	..... Profundidade 0-5 cm .....				..... Profundidade 5-10 cm			
0	8,4	8,4	8,4	8,4	6,8	6,8	6,8	6,8
2	13,5b	33,0b	60,3ab	135,2a	13,5	25,1	44,9	45,2
4	15,1b	60,1b	237,0a	186,6a	8,0b	38,6b	137,1a	62,4b
8	17,1c	136,9b	287,7a	277,8a	7,16b	58,1b	178,6a	152,1a
Média	13,5b	59,6b	148,3a	152,0a	8,8b	32,1b	91,8a	66,6a
Calcário	56,9				34,2			
	..... Profundidade 10-20 cm .....				..... Profundidade 20-40 cm			
0	5,2	5,2	5,2	5,2	4,4	4,4	4,4	4,4
2	12,3	13,1	31,0	18,5	3,6b	9,5ab	16,3a	14,0ab
4	8,7c	21,9ab	41,6a	28,4ab	11,9	16,7	20,1	22,0
8	6,4c	42,6b	63,0ab	66,7a	4,4c	23,5b	39,8a	33,5ab
Média	8,1c	20,7b	35,2a	29,7ab	6,1c	13,5b	20,1a	18,5ab
Calcário	16,3				11,5			

Médias seguidas de mesma letra minúscula (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Na Tabela 2, com relação ao Ca, as doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹, de ambos os resíduos Lcal e E, influenciaram significativamente à obtenção dos maiores valores médios em todas as camadas, o que também explica o aumento no valor do potencial hidrogeniônico (pH) do solo.

Nota-se também que, todas as doses de LB e LC aplicadas proporcionaram menores teores de Ca no solo em todas as camadas analisadas, pelo menos quando comparadas à dose testemunha (Tabela 2).

Dentre os resíduos aplicados, o LB manteve suas médias sempre menores que as obtidas pelo calcário, independentemente das doses aplicadas e da profundidade avaliada. Para os demais resíduos, apenas as maiores doses apresentaram valor superior ao calcário. Como citado, a E é um resíduo rico em Ca, assim como a Lcal e LC. Dessa forma, o aumento da V% é resultado do aumento nos teores de Ca no solo. Esses resultados corroboram os apresentados por Andreoli et al. (1999). Ambos os materiais Lcal e E são fontes de Ca (Lcal) e Mg (E), e o efeito geral aqui destacado, observado em superfície, também foi constatado por CORRÊA et al. (2007) ao avaliar o efeito de corretivos de acidez do solo.

Tais resultados também corroboram os dados obtidos por Miranda et al. (2005) que, em um Latossolo Vermelho argiloso, só verificaram efeito da aplicação superficial de corretivos na movimentação das bases trocáveis na camada de 0-5 cm, demonstrando que os resultados positivos da correção em camadas inferiores dependem de inúmeros fatores, muitos deles não relacionados às tradicionais operações agrícolas.

Mais especificamente, o fato de o mesmo poder ser observado para o Ca²⁺, com relação à aplicação superficial de Lcal, além do teor considerável desse elemento em sua composição, tal resultado também é consequência do potencial corretivo proporcionado pelo próprio resíduo (aumento do pH do solo). Isso é devido à geração de cargas negativas nos colóides do solo, consequentes do aumento do ponto de carga zero (PCZ) pela ação de hidroxilas (OH⁻), liberadas pela reação do próprio corretivo. As mesmas promovem a desprotonação (desprendimento de H⁺) das camadas externas dos colóides do solo. Assim, ocorre um aumento na CTC, refletindo então em maiores teores de Ca²⁺ trocável no solo.

Os teores de Mg no solo apresentaram efeito significativo em todas as camadas de solo estudadas, com exceção às camadas 10-20 e 20-40 cm e ao segundo ano de cultivo (Tabela 3). Dessa forma, analisando as camadas estudadas, em conjunto com os valores médios obtidos, notou-se que a aplicação do resíduo E proporcionou os maiores teores de Mg no solo, em comparação à aplicação dos resíduos LB, LC e Lcal, em todas as doses aplicadas (Tabela 3). Tal fato pode ser explicado pelo considerável teor de Mg presente na escória, valor esse muito maior que nos demais resíduos (Tabela 1).



Com exceção à E, a aplicação dos resíduos ao solo resultou em decréscimo nos teores de Mg no solo, confirmando os resultados encontrados por Prates (2011), o qual observou que o teor de Mg no solo diminuiu com o aumento da aplicação do lodo de esgoto. Werle et al. (2008) citam que a redução dos teores de Mg com o incremento das doses de lodo pode estar relacionada a maiores perdas por lixiviação associada ao aumento da concentração de íons hidrogênio em solução, provocando o deslocamento desse cátion.

Tabela 3. Teores de magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, para os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013, após aplicação dos resíduos LB (lodo de biodigestor), LC (lodo centrifugado com adição de cal), Lcal (lama cal), E (escória aciaria) em função das doses 0, 2, 4 e 8 Mg ha^{-1} .

Resíduos								
Mg Ano 2011/2012								
Dose	LB	LC	Lcal	E	LB	LC	Lcal	E
Mg ha^{-1}	..... Profundidade 0-5 cm .....				..... Profundidade 5-10 cm			
0	6,5	6,5	6,5	6,5	5,4	5,4	5,4	5,4
2	5,9b	6,7b	7,5b	19,2a	3,3b	5,8b	8,0b	14,3a
4	6,1b	7,6b	5,4b	19,4a	5,2b	7,2b	5,5b	13,1a
8	5,8b	5,3b	6,7b	36,6a	4,8b	4,4b	4,8b	25,6a
Média	6,0b	6,5b	6,5b	20,4a	4,7b	5,7b	5,8b	15,6a
Calcário	31,8				22,8			
	..... Profundidade 10-20 cm .....				..... Profundidade 20-40 cm			
0	4,2	4,2	4,2	4,2	6,5	6,5	6,5	6,5
2	2,6	5,2	4,4	8,3	2,7b	4,9b	3,5b	9,3a
4	3,7	4,1	5,2	8,7	3,4	3,8	5,7	7,0
8	3,4b	4,4b	4,3b	23,8a	2,5b	3,8b	4,4b	9,7a
Média	3,5b	4,5b	4,5b	11,2a	3,7b	4,7b	5,0b	8,1a
Calcário	16,0				11,4			
Resíduos								
Mg Ano 2012/2013								
Dose	LB	LC	Lcal	E	LB	LC	Lcal	E
Mg ha^{-1}	..... Profundidade 0-5 cm .....				..... Profundidade 5-10 cm			
0	5,4	5,4	5,4	5,4	4,0	4,0	4,0	4,0
2	6,4	6,9	5,5	16,2	2,1	4,6	4,9	7,9
4	7,1b	6,7b	6,0b	38,4a	4,5	4,9	6,3	10,9
8	3,8b	6,5b	6,5b	44,3a	3,6b	3,7b	7,1b	25,2a
Média	5,7b	6,4b	5,9b	26,0a	3,5b	4,3b	5,8b	12,0a
Calcário	35,8				16,8			

Médias seguidas de mesma letra minúscula (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Conclusões

Maiores teores de Ca e Mg foram encontrados até 20 cm de profundidade, muitas vezes pelas correções superficiais feitas ao solo como consequência da aplicação manual em SPD. No presente estudo, tal fato também se deve à aplicação de resíduos ricos nesses nutrientes.

Referências bibliográficas

ANDRADE, C.A., BOEIRA, R.C., PIRES, A.M.M. Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução n. 375 do Conama. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto**: Avaliação após a resolução no. 375 do Conama. Botucatu-SP: Editora FEPAF, 2010, p.157-170.

ANDREOLI, C. V. et al. Aceitabilidade pública da utilização do lodo de esgoto na agricultura da região metropolitana de Curitiba. **Revista Técnica da SANEPAR**, v.12, n.12, 1999.

BELLOTE, Antonio Francisco Jurado; SILVA, Helton Damin da; FERREIRA, Carlos Alberto; ANDRADE, Guilherme de C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99-106, Jul./Dez. 1998.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola**. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna - SP: Embrapa Meio Ambiente, 2006, 349 pg.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.161-9, 2000.

CAPUANI, S. **Adubação fosfatada e lodo de esgoto compostado na nutrição da mamoneira de porte baixo, cultivada sob calagem e silicatagem**. 2013. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) -Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

CORRÊA, J. C. **Aplicação de escória, lama cal e lodo de esgoto na Superfície do solo sob sistema plantio direto**. Botucatu, 2005 167p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

FERNANDEZ, F. A.; BÜLL, L. T.; CORRÊA, J. C.; CRESPAM, D. R. Influência de silicato e calcário na decomposição de resíduos culturais e disponibilidade de nutrientes ao feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 33:935-945,2009.



FREITAG, E. E. **Escória de aciaria, lama cal e lodos de esgoto no cultivo da soja sob sistema plantio direto**. Botucatu, 2008 278f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do bio-sólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T. et al. (Eds.). **Bio-sólidos na agricultura**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2001. p. 289-363.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S., MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26: 385-392, 2004.

PIRES, A. M. M.; MATIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade de uso de resíduos na agricultura**. Circular Técnica 19, Embrapa Meio Ambiente, 2008.

PRADO, R. M.; COUTINHO, E. E. 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, 2002.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 27:287-296, 2003.

PRATES, F. B. S.; SAMPAIOR, A.; SILVA, W. J.; ZUBA JUNIO, G. R.; SATURNINO, H. M. Crescimento e teores de macronutrientes em pinhão manso adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Caatinga**. Mossoró, RN, v. 27, n.2, p.101- 112, abr-jun., 2011.

RAIJ, B. Van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

REI, E. F. et al. Alterações no pH, matéria orgânica e CTC efetiva do solo, mediante a aplicação elevadas doses de lodo de esgoto em diferentes intervalos de irrigação. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v.4, n.2, p.31-38, abr./jun., 2009.

SANTOS, H. G. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl., Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Bio-sólidos na agricultura**. São Paulo: Sabesp, 2001. 468p.



WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.