

Uso de resíduos como fonte de nutrientes na agricultura

Use of waste as a source of nutrients in agriculture

Igor Tenório Marinho da Rocha¹, Anibia Vicente da Silva², Remy Farias de Souza³, José Thales Pantaleão Ferreira⁴

Resumo: O crescimento acelerado da população mundial, juntamente com a pouca eficiência dos processos produtivos, tem gerado grandes quantidades de resíduos os quais não podem ser inadvertidamente dispostos no meio ambiente. A presente revisão teve como objetivo fazer um breve levantamento sobre resíduos e de sua utilização na agricultura. Apesar da presença de elementos tóxicos nos resíduos, estes podem ser empregados como fonte de nutrientes para as plantas sem que haja contaminação das mesmas ou do solo quando recomendações técnicas são seguidas.

Palavras-chave: adubação alternativa, nutrição de plantas, contaminação do solo

Abstrac: The rapid growth of the world population, coupled with the low efficiency of production processes, has generated large amounts of waste which cannot be inadvertently discharged into the environment. This review aimed to give a brief survey on waste and its use in agriculture. Despite the presence of toxic elements in the waste, these can be used as a source of nutrients for the plants without any contamination of the soil or when the same technical recommendations are followed.

Keywords: alternative fertilization, plant nutrition, soil contamination

INTRODUÇÃO

Resíduos, de forma geral, são quaisquer materiais oriundos das atividades industrial ou humana que não seja aproveitado podendo ser sólido ou líquido (WOLSKI e GLINSKI, 1986; WESTERMAN e BICUDO, 2005; LANGANKE, 2013).

A despeito da definição acima mencionada, a legislação Brasileira define Resíduo como sendo:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, de 2 de agosto de 2010).

A atividade agropecuária, industrial e residencial gera resíduos que podem ser danosos quando dispostos de forma incorreta, podendo causar sérios prejuízos ao meio ambiente e aos seres vivos (FREIRE et al., 2000; OLIVEIRA e JUCÁ, 2004; COSTA et al., 2009).

Dentre os resíduos podemos citar de animais (esterco de bovinos, aves, suínos, equinos, digestão bovina, resíduo de frigorífico), resíduos agroindustriais

(resíduos do processamento de alimentos, vinhaça, fibras), lodo de estações de tratamento de águas, fosfogesso, escória de siderurgia dentre outros (ALVIMet et al., 1991; MEDINA e BRINHOLI, 1998; RAMALHO e SOBRINHO, 2001; COELHO et al., 2005; JONSSON e MAIA, 2008; COSTA et al., 2009; EDVAN et al., 2010; SOBRAL et al., 2011), sendo que a ineficiência dos processos produtivos é dos principais contribuidores para o aumento da quantidade de resíduos (FREIRE et al., 2000).

O principal meio de disposição destes resíduos, em especial no Brasil, consiste na sua alocação em aterros que, na sua grande maioria, não possuem características adequadas para a contenção de poluentes e causam a contaminação do solo, principalmente com metais pesados e grande quantidade de matéria orgânica dissolvida (OLIVEIRA e JUCÁ, 2004; SOBRAL et al., 2011). Para superar este viés, alguns países como os da Comunidade Européia institucionalizaram para os resíduos das estações de tratamento da água a sua utilização como fertilizante para a agricultura sempre que atender aos requisitos de segurança (MOSQUERA-LOSADA et al., 2010).

Como alternativa à disposição desses resíduos em um único lugar, por exemplo aterros, estes podem ser aplicados ao solo, sendo benéficos principalmente às plantas devido ser fonte de nutrientes (WOLSKI e GLINSKI, 1986; MEDINA e BRINHOLI, 1998; GOMES et al., 2007; COSTA et al., 2009; CORRÊA et al., 2011). Com isso, maior sustentabilidade dos sistemas

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 27/11/2013; aprovado em 10/12/2013

¹Eng. Agro., Msc. Ciência do Solo, doutorando em Ciência do Solo – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, CEP.: 52.171.900 – Recife. E-mail: tenorio_igor@hotmail.com

²Eng. Florestal, Msc. Ciência do Solo, Profa. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Pernambuco/Campus Vitória de Santo Antão

³Eng. Agro., Mestrando em Agricultura e Ambiente – Universidade Federal de Alagoas

⁴Eng. Agro., Msc. Ciência do Solo, doutorando em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal do Ceará

agrícolas podem ser alcançada devido a reciclagem de nutrientes (PRIMO et al., 2010). Desta forma, observamos que ao contrário da denominação empregada para resíduos, estes materiais possuem potencial econômico e ambiental.

Alguns resíduos como o lodo de esgoto, antes da aplicação ao solo, devem ser condicionados de forma a apresentar baixos valores de organismos patogênicos, baixa relação C:N, ou seja, estar estabilizado, e ser isento de odores (PIERZYNSKI et al., 2005; COSTA et al., 2009). Os métodos utilizados para isto são compostagem, pasteurização (aquecimento a 70°C por 30 minutos), irradiação (aquecimento a 150 -250°C por 30 minutos) e digestão aeróbica e anaeróbica (PIERZYNSKI et al., 2005).

Assim como esses materiais possuem nutrientes necessários às plantas, eles também possuem consideráveis quantidades de elementos tóxicos como os metais pesados, elementos químicos que apresentam massa específica variando entre 3,5 e 7,0 g cm⁻³, tais como Pb, Cd, Hg, Cu, Zn e As (LIMA e MERÇON, 2011), além de outros compostos orgânicos tóxicos para as plantas (RAMALHO e SOBRINHO, 2001; BHATTACHARYYA et al., 2005; GOMES et al., 2007). Que põem riscos de contaminação humana (BHATTACHARYYA et al., 2005; ENAMORADO et al., 2009). Contudo, nem sempre a absorção de contaminantes por plantas devido à aplicação de resíduos é observado na literatura (GOMES et al., 2007; SOBRAL et al., 2011).

Desta forma, ao contrário da conotação atribuída aos materiais denominados de resíduos, que é de lixo, estes podem ser matérias com importante valor agregado (SCHNEIDER et al., 2012) que, quando propriamente empregados, podem reduzir os custos com fertilização nas lavouras.

Resíduos De Uso Agrícola: Nutrição E Produtividade Agrícola De Culturas

Como citado anteriormente, os resíduos podem ser sólidos ou líquidos (águas residuais). A presente revisão dará enfoque aos resíduos sólidos, devido sua maior aplicação agrícola.

Dentre os resíduos sólidos, os provenientes de usinas sucroalcooleiras, matadouros, indústrias do processamento de carnes, indústria do processamento de frutas e hortaliças, indústria da celulose e do papel, curtume e, também, resíduos de estações de tratamento de água, lodo, dentre outras indústria são os mais utilizados em aplicações ao solo para fins de adubação (MATOS, 2005).

Efeitos benéficos na produtividade de diversas culturas são observados na literatura devido à aplicação destes resíduos sólidos (SIMONETTI et al., 2003; ALBUQUERQUE, 2011; SANTOS et al., 2011).

Os resíduos provenientes da indústria, tal como a torta de filtro que é um produto proveniente do clareamento do mosto. Neste processo são adicionados cal

[Ca(OH)₂] e fosfatos que auxilia na floculação e decantação de impurezas (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011) fato estes que são responsáveis pela melhoria da fertilidade do solo.

Por exemplo, SANTOS et al. (2011) ao aplicarem a torta de filtro que o produto do clareamento do mosto, em cana-de-açúcar nas doses de 2,6 e 2,7 t ha⁻¹ juntamente com doses de fósforo em sulco de plantio proporcionaram melhores resultados de produtividade da cana-de-açúcar (acréscimo de 6 t de açúcar por hectare). Almeida Júnio et al. (2011), também trabalhando com cana-de-açúcar, observaram que o aumento da produtividade pela aplicação de torta de filtro foi devido a melhora na fertilidade do solo e, conseqüente, melhora na nutrição das plantas, principalmente devido ao fornecimento de micronutrientes como Cu, Zn e Mn, os quais são deficientes nos solos altamente intemperizados. Um fato importante observado pelos autores acima citados é que a aplicação de torta de filtro pode substituir sem perdas significativas de produtividade da cana-de-açúcar até 50% da adubação fosfatada.

Experimentos também confirmam que a adubação com resíduos proporcionam produtividade semelhante às adubações com fertilizantes industriais. Ribeiro (2006) observou que a aplicação de resíduos de curtume como fonte de nitrogênio (N) proporcionou semelhante acúmulo de massa seca no milho do que o tratamento que utilizou sulfato de amônio como fonte de N.

Para a nutrição das plantas, também já foi observado que aplicação de resíduo da indústria da celulose (lama de cal) proporcionou aumento dos teores de K nas folhas de bambu (Albuquerque, 2011) dentre outros nutrientes. Para o fósforo (P) a aplicação de doses de torta de filtro pode substituir parcialmente a quantidade de P industrial a ser aplicada (SANTOS et al., 2011). Carvalho (2012) observou na alfaca, aumento de macronutrientes (nitrogênio-N, fósforo-P, potássio-K, cálcio-Ca e enxofre-S) e micronutrientes (zinco-Zn, manganês-Mn, cobre-Cu e boro-B). Maior absorção de nutrientes também foi observado por Sobralet al. (2011) em cana-de-açúcar tratada com escória de siderurgia.

Em avaliação da compostagem com talo de fumo, esterco e rúmen bovino, (PRIMO et al., 2010) observaram a formação de composto com elevados teores de N, K, Cl e ferro (Fe), sendo considerada uma importante fonte de nutrientes, a qual pode ser utilizada na adubação de culturas e que poderia ser desperdiçada.

Outro resíduo que pode ser utilizado como fonte de nutrientes é o lodo de esgoto. Este resíduo é proveniente das estações de tratamento de águas residuais das cidades e quanto mais desenvolvidas as estações de tratamento sejam, maior será a produção de lodo de esgoto. A disposição deste resíduo é considerada um importante problema nos dias atuais para as grandes cidades. Assim como os demais resíduos citados anteriormente o lodo de esgoto possui grandes quantidades de nutrientes necessários às plantas (N, P, Ca,

Mg, K dentre outros) dentre estes o que se apresenta em menores quantidades é o K. Além de nutrientes, o lodo de esgoto possui quantidades consideráveis de elementos poluentes como metais pesados e organismos patogênicos (PIERZYNSKI et al., 2005; GOMES et al., 2007).

A utilização de lodo de esgoto e vinhaça em cultivo de cana-de-açúcar não promoveu deficiências nutricionais de N e K e promoveu produtividade semelhante à proporcionada pela adubação industrial (TÁSSIO JÚNIOR et al., 2007).

A geração de resíduos, produzidos pelo tratamento de água residual urbana, deve ser reutilizada sempre que apropriado segundo a diretiva 91/271/EEC da Comunidade Europeia (MOSQUERA-LOSADA et al., 2010). Com isso implicações ao uso de resíduos com maiores concentrações de elementos tóxicos é uma barreira ao uso agrícola. Contudo, a reutilização promoveria maior aproveitamento deste resíduo o qual, de outra forma, seria depositado em aterros ou acumulado nos pátios das próprias estações de tratamento.

Mesmo com estas limitações a utilização de lodo de esgoto tem demonstrado bons resultados sobre a produtividade e nutrição de culturas. Gomes et al. (2007) ao aplicarem lodo de estação de tratamento da Companhia pernambucana de saneamento na cultura do milho, evidenciaram aumento da produtividade de milho com as sucessivas doses aplicadas até o limite de 26 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Sendo observado que o aumento de produtividade foi devido, principalmente, a maior disponibilidade de N para as plantas.

A utilização de resíduos também afeta atributos físicos do solo. Hargreaves et al. (2008) citam diversos benefícios da utilização de rejeitos sólidos municipais, produto majoritariamente formado por resíduos de cozinha e jardins, dentre as modificações no solo foi verificado maior retenção de água, redução da densidade do solo e aumento da estabilidade de agregados. A razão primária para estas alterações é a elevada quantidade de matéria orgânica que esse resíduo apresenta. Quimicamente, a adição de resíduos sólidos municipais proporciona aumento do pH do solo devido a dissociação de grupos OH⁻ durante a decomposição da matéria orgânica. Aumentos de pH de até 1,5 unidades já foram observados.

O modo de aplicação do resíduo também exerce grande importância nos efeitos físicos promovidos no solo. Por exemplo, a aplicação de resíduo sólido municipal compostado ao solo em superfície promoveu melhorias na estrutura, na resistência à penetração e no aumento da capacidade de retenção de água (HERNANDO et al., 1989; AVNIMELECH et al., 1990; SOUMARE et al., 2003). Enquanto que este efeito não foi observado quando se incorporou o resíduo sólido municipal compostado (AVNIMELECH et al., 1990).

Composição De Metais Pesados Em Resíduos E Acumulação Em Solos Agrícolas

Os resíduos agroindustriais possuem elevadas quantidades de nutrientes necessários às plantas. Contudo, comumente são encontrados elementos tóxicos aos seres vivos na sua constituição, tais como: metais pesados (Cd, Pb e Cr) e elementos orgânicos tóxicos, como inseticidas e herbicidas.

Além disso, a qualidade dos resíduos é dependente do modo de estabilização dos mesmos, em destaque para o lodo das estações de tratamento de água, ou seja, nas quantidades de nutrientes, em especial o N, e de metais pesados (MOSQUERA-LOSADA et al., 2010).

Segundo esses autores, a avaliação de três processos de estabilização do lodo de estações de tratamento de água (digestão anaeróbica, compostagem e lodo peletizado) proporcionaram variações nos conteúdos de metais pesados, macro e micronutrientes. Os menores valores de metais pesados foram observados no método de estabilização do lodo por compostagem, enquanto que, o lodo peletizado obteve os maiores valores. Para os macronutrientes o método de estabilização digestão anaeróbica proporcionou o maior valor para N. A compostagem proporcionou os maiores valores para Ca e Mg e a peletização proporcionou o maior valor para P. Quanto para os microelementos de peletização (o qual é antecedido por secagem do lodo) promoveu os maiores valores para micronutrientes. Ni, Zn, Cu e Fe foram os elementos com maiores valores no lodo peletizado, Mn teve maior valor no composto e Mn na digestão anaeróbica (MOSQUERA-LOSADA et al., 2010).

Para lodo de esgoto da companhia Pernambucana de saneamento, Gomes et al. (2007) observaram os seguintes teores de metais pesados: 15.820 mg kg⁻¹ para o Fe; 59,5 mg kg⁻¹ para o Cu; 937,1 mg kg⁻¹ para o Zn; 215,1 mg kg⁻¹ para o Mn ; 350,1 mg kg⁻¹ para o Pb e 3,1 mg kg⁻¹ para o Cd.

Vale destacar, um ponto importante na recomendação das doses de resíduos a ser aplicados ao solo, corresponde qual o nutriente a recomendação se baseará (WESTERMAN e BICUDO, 2005). Neste contexto, temos que a utilização de um nutriente requerido em grandes quantidades pela cultura pode levar ao excesso de aplicação de um outro elemento, seja nutriente ou não, tais como os metais pesados e tóxicos orgânicos.

Os problemas causados pela disposição ou uso de resíduos são devido a existência de substâncias tóxicas nos mesmos. Dentre estas substância, os metais pesados e os tóxicos orgânicos merecem destaque. No entanto, a existência de elementos tóxicos nos resíduos orgânicos não é uma regra, bem como, a sua aplicação ao solo não acarretará, necessariamente, contaminação ou poluição de uma área.

Ramalho e Sobrinho (2001) estudaram o efeito da acumulação de metais pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn) em solos cultivados com cana-de-açúcar com longo histórico de aplicação de vinhaça e torta de filtro (mais de 20 anos). Os autores observaram que, a despeito das concentrações dos elementos terem se elevado, não

houve aumento que atingisse nível de poluição e estes elementos se apresentavam na forma recalcitrante no solo.

A resolução do (CONAMA, de 29 de agosto de 2006) estabelece limites para a aplicação de lodo de esgoto ou demais resíduos os quais não devem ultrapassar os teores das substâncias inorgânicas (Tabela 1).

Portanto, ao se aplicar um resíduo ao solo deve-se considerar a quantidade de contaminantes que são aplicados. Ademais, deve-se considerar o tempo de residência de cada elemento em vista de não promover a sua acumulação em quantidades superiores as estabelecidas pelo CONAMA.

Tabela 1–Substâncias inorgânicas no solo e seus limites.

Substâncias inorgânicas	Teores limites (kg ha ⁻¹)
Arsênio	30
Bário	265
Cádmio	4
Chumbo	41
Cobre	137
Cromo	154
Mercúrio	1,2
Molibdênio	13
Níquel	74
Selênio	13
Zinco	445

Fonte: Conama.

CONCLUSÃO

Os resíduos industriais e humanos podem ser utilizados na agricultura com a finalidade de adubação de culturas, aproveitando, assim, uma importante fonte de nutrientes. Além da melhoria na fertilidade do solo, a aplicação de resíduos eleva o teor de matéria orgânica no solo o que contribui para melhoria dos atributos físicos. Entretanto, os nutrientes presentes nos resíduos estão em proporções desbalanceadas, fato que evidencia a complementação com fertilizantes indústrias. Desta forma, o uso de resíduos deve seguir critérios agrônômicos de forma a não proporcionar desbalanço nutricionais e perda de produtividade das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. R. G. M. Aproveitamento do Resíduo da Indústria de Celulose no Cultivo do Bambu. (2011). 52 f. Mestrado (Mestre) - Programa de Pós-Graduação em Química, UFPE, Recife-PE, 2011.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [S.I.], v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.

ALVIM, L. A. C.; DE PAULA JÚNIOR, D. R.; PINTO, A. R. Potencialidades de Aproveitamento de Resíduos da Bovinocultura. ASAE Standards [S.I.], v. 39, p. 0, 1991.

AVNIMELECH, Y.; COHEN, A.; SHKEDI, D. The effect of municipal solid waste compost on the fertility of clay soils. Soil technology [S.I.], v. 3, n. 3, p. 275-284, 1990.

BHATTACHARYYA, P.; CHAKRABORTY, A.; CHAKRABARTI, K.; TRIPATHY, S.; POWELL, M. Chromium uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. Chemosphere [S.I.], v. 60, n. 10, p. 1481-1486, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Seção p. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 23/06/2013.

CARVALHO, A. J. E. Uso de composto de resíduos da indústria têxtil na cultura da alface (2012). 51 f. Mestrado (Mestre) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2012.

COELHO, M. A. Z.; LEITE, S. G. F.; ROSA, M. D. F.; FURTADO, A. A. L. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos [S.I.], v. 19, n. 1, 2005.

CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Gestão de resíduos e produtos perigosos. Diário Oficial da União, Seção 1, p. 141-146.

CORRÊA, J. C.; DE MELO BENITES, V.; REBELLATTO, A. O USO DOS RESÍDUOS ANIMAIS COMO FERTILIZANTES. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais–II SIGERA. 15^a, v. 17, 2011.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de

- frigorífico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 100-107, 2009.
- EDVAN, R. L.; SANTOS, E. M.; VASCONCELOS, W. A.; SOUTO FILHO, L. T.; BORBUREMA, J. B.; MEDEIROS, G. R.; ANDRADE, A. P. Utilização de adubação orgânica em pastagem de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* CV. Molopo). *Archivos de Zootecnia*, v. 59, p. 499-508, 2010.
- ENAMORADO, S.; ABRIL, J. M.; MAS, J. L.; PERIÁÑEZ, R.; POLVILLO, O.; DELGADO, A.; QUINTERO, J. M. Transfer of Cd, Pb, Ra and U from phosphogypsum amended soil to tomato plants. *Water Air Soil Pollut*, v. 203, p. 65-77, 2009.
- FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.
- GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 5, p. 459-465, 2007.
- HARGREAVES, J.; ADL, M.; WARMAN, P. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 123, n. 1, p. 1-14, 2008.
- HERNANDO, S.; LOBO, M. C.; POLO, A. Effect of the application of a municipal refuse compost on the physical and chemical properties of a soil. *The Science of the Total Environment*, v. 81, p. 589-596, 1989.
- JONSSON, C. M.; MAIA, A. D. H. N. Avaliação da toxicidade do lodo de esgoto de duas estações de tratamento para o invertebrado aquático *Daphnia similis*. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 17, 2008.
- LANGANKE, R. O que são resíduos? . 2013. Disponível em: http://eco.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/lixo_residuo_s.htm, Acesso em: 25/05/2013
- LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. *Revista Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, 2011.
- MATOS, A. T. Tratamento de resíduos agroindustriais. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005
- MEDINA, C. C.; BRINHOLI, O. Uso de resíduos agroindustriais nas produções de cana-de-açúcar, açúcar e álcool. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. 11, p. 1821-1825, 1998.
- MOSQUERA-LOSADA, M.; MUÑOZ-FERREIRO, N.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. Agronomic characterisation of different types of sewage sludge: Policy implications. *Waste management*, v. 30, n. 3, p. 492-503, 2010.
- OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. *Engenharia Sanitária e Ambiental [S.I.]*, v. 9, p. 211-217, 2004.
- PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. *Soils and environmental quality*. 3. ed. New York, USA: Taylor & Francis, 2005.
- PRIMO, D. C.; FÁDIGAS, F. S.; CARVALHO, J. C. R.; SCHMIDT, C. D. S.; BORGES FILHO, A. C. S. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental [S.I.]*, v. 14, n. 7, p. 742-746, 2010.
- RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. A. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. *Revista Floresta e Ambiente*, v. 8, n. 1, p. 120-129, 2001.
- RIBEIRO, E. M. P. Produção e análise físico-química do adubo de descarte de couro bovino com ênfase no impacto ambiental e energético. 2006.
- SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 443-449, 2011.
- SCHNEIDER, C. F.; SCHULZ, D. G.; LIMA, P. R.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais. *Revista Verde (Mossoró - RN - Brasil)*, v. 7, n. 5, p. 8-17, 2012.
- SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, 2003.
- SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. A. D.; CUNHA, K. P. V. D.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B. V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [S.I.]*, v. 15, p. 867-872, 2011.

SOUMARE, M.; TACK, F. M. G.; VERLOO, M. G. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, v. 86, p. 15-20, 2003.

TÁSSIO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A.; NOGUEIRA, G. A.; NOBILE, F. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, A. R. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 27, n. 1, p. 276-283, 2007.

WESTERMAN, P.; BICUDO, J. Management considerations for organicwaste use in agriculture. *Bioresource Technology*, v. 96, n. 2, p. 215-221, 2005.

WOLSKI, T.; GLINSKI, J. Utilization of Environment-Polluting Industrial Wastes for Agriculture and the Fertilizer Industry. *Studies in Environmental Science [S.I.]*, v. 29, p. 599-607, 1986.