



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO EMPREGANDO DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE RESÍDUOS DE RÚMEN BOVINO/CASCAS DE CAFÉ

Marcela de Felício Moreira¹, Priscila Ribeiro dos Santos², Maria Cristina Rizk³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar o tratamento por compostagem do resíduo ruminal bovino incorporado com resíduos de casca de café. Para isso, foram utilizadas três leiras aeradas por revolvimento manual com as seguintes proporções: 90% rúmen bovino (R) e 10% cascas de café (CC); 85% rúmen bovino e 15% cascas de café; 80% rúmen bovino e 20% cascas de café. Os parâmetros analisados no estudo foram: pH, umidade, matéria orgânica, resíduo mineral, carbono orgânico, nitrogênio Kjeldahl e relação C/N. As caracterizações iniciais das misturas de resíduos indicaram que o material estava dentro da faixa adequada para o tratamento por compostagem, sendo que apenas a umidade apresentou-se acima. Ao final do processo de compostagem, a caracterização dos três compostos finais apresentou resultados próximos entre si, porém, acima do estabelecido na Instrução Normativa n. 25 de 23/07/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para o parâmetro umidade. Apenas a leira 2 (85%R; 15%CC) apresentou relação C/N em acordo com a Normativa.

Palavras chave: resíduo ruminal bovino; cascas de café; compostagem; leiras aeradas.

ORGANIC COMPOST PRODUCTION USING DIFFERENTS CONCENTRATIONS OF WASTES OF BOVINE RUMEN/COFFEE HUSKS

ABSTRACT

This work studied the treatment of the bovine ruminal waste incorporated into residue of coffee husks by composting. For this, three piles aerated by manual mixing were used, with these proportions: 90% bovine rumen (R) and 10% coffee husks (CC); 85% bovine rumen and 15% coffee husks; 80% bovine rumen and 20% coffee husks. The parameters analyzed in this study were: pH, moisture, organic matter, ash, organic carbon, Kjeldahl nitrogen and C/N ratio. The initial characterizations of the mixtures indicated that the material was in the suitable range for the treatment by composting, and only the moisture presented above. At the end of the composting process, the characterization of the final composts presented similar results, but, above to the established to the "IN n. 25 de 23/07/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento", for the parameter moisture. Only the pile 2 (85%R; 15%CC) presented C/N ratio in accordance with the "IN".

Keywords: bovine ruminal waste; coffee husks; composting; aerated piles.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. Email: mah.fmoreira@gmail.com.

² Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. Email: pri-rs@hotmail.com.

³ Professora Assistente Doutora da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. Email: crisrizk@fct.unesp.br.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Exportação de Carnes (ABIEC, 2011), a década de 2000 foi marcada pela consolidação do Brasil como potência na produção e exportação de carne bovina, onde a pecuária de corte ocupa posição de destaque no mercado mundial. Além disso, segundo dados do Conselho Nacional da Pecuária de Corte (CNPC, 2006), a taxa brasileira de abate vem acompanhando a tendência de crescimento do rebanho bovino, 22% nos últimos anos, e estimou-se o abate de 46,3 milhões de cabeças no ano de 2010.

Durante o processamento desses animais, são gerados resíduos sólidos, como o conteúdo ruminal dos bovinos; resíduos líquidos, como as águas de lavagem de carcaça e de equipamentos, e resíduos de sangue, que devem receber tratamentos específicos para que possam ser dispostos sem riscos de contaminação ou degradação do ambiente.

O conteúdo ruminal é o resíduo sólido de maior relevância gerado em matadouros frigoríficos de bovinos, logo, requer especial atenção no seu gerenciamento, devido à alta geração, a elevada umidade do material e a dificuldade de destino (ROSA, 2009).

De acordo com Ferreira (1997) *apud* Morales (2006), o conteúdo ruminal, retirado dos animais logo após o abate, consiste em alimentos parcialmente digeridos, sendo que um animal de 400 kg produz em média 25 kg deste resíduo.

O resíduo ruminal apresenta em sua constituição frações menos digestíveis das forrageiras, como frações de celulose e lignina que são oxidadas por microrganismos para produção de energia metabólica. Estas frações são de degradação lenta pela alta relação C/N inicial de 47/1, apesar disto, este resíduo apresenta inóculo natural da microbiota ruminal favorecendo o processo de compostagem (MORALES, 2006; PELÁEZ *et al.*, 2004).

Segundo Hobson e Stewart (1997) *apud* Rosa (2009) o rúmen é uma complexa estrutura de conteúdo heterogêneo, composto basicamente de microrganismos em suspensão no líquido livre, uma massa sólida de alimento em digestão e uma fase gasosa contendo CH₄, H₂ e CO₂. Assim, por ser material basicamente orgânico, é passível de ser tratado por meio do processo de compostagem.

A compostagem de resíduos de abatedouros e pequenos frigoríficos é assunto pouco relatado na literatura. Nos estudos sobre compostagem, estes resíduos

são pouco utilizados como matéria-prima (Kiehl, 1985). Autores como Tritt e Schuchardt (1992) comentam sobre a compostagem como alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos provenientes de frigoríficos na Alemanha; e também Koenig e Yiu (1999) abordam resultados de uma pesquisa sobre o manejo de resíduos em abatedouros em Hong Kong.

O rúmen possui características que leva a necessidade de misturá-lo a outro resíduo, de modo que se adquiram condições ótimas para a compostagem. Para isso, são utilizados os resíduos estruturantes, que segundo Fernandes e Silva (1999), têm a função de conferir integridade estrutural à mistura a ser compostada. No caso da compostagem do rúmen, o agente estruturante deve também ter a função de absorver o excesso de umidade.

Para este estudo, foi escolhida a casca de café como resíduo estruturante. Este resíduo é gerado em grande quantidade devido ao processo de industrialização do café por via seca, apresentando baixo teor de umidade e, portanto, boa capacidade de absorver o excesso de umidade do rúmen.

A casca de café é basicamente um resíduo vegetal lignino-celulósico da agroindústria (FERNANDES e SILVA,

1997); além de ser rica em matéria orgânica, e ser fonte natural de potássio e nitrogênio (TONACO *et al.*, 2010).

O tratamento biológico da fração orgânica de resíduos sólidos é uma alternativa sustentável e viável de tratamento, visto que é caracterizado pelo baixo custo, rapidez na obtenção do produto final e de simples operação. Além disso, é um processo eficiente na eliminação dos patógenos presentes nos resíduos a serem tratados, e que resulta em um produto final (adubo orgânico) ambientalmente correto e com valor agregado.

A qualidade do adubo orgânico depende de uma série de fatores como, por exemplo, tamanho de partículas, umidade, teor de matéria orgânica, teor de carbono, concentração de nitrogênio, fósforo e potássio, metais pesados, salinidade, capacidade de troca catiônica, capacidade de retenção de água, porosidade, microrganismos patogênicos e grau de estabilidade do composto. Entretanto, os parâmetros mais importantes, em termos de manutenção da saúde pública, do solo e do ambiente, são aqueles relacionados aos microrganismos patogênicos; aos compostos potencialmente tóxicos, compostos orgânicos e inorgânicos; e a estabilidade e, posteriormente, aqueles relativos à imobilização e lixiviação do

nitrogênio e a fitotoxicidade (LASARIDI *et al.*, 2006).

Assim, o presente estudo teve como objetivo o tratamento de resíduo ruminal bovino incorporado com cascas de café, por meio do processo de compostagem, utilizando-se o método manual para produção de adubo orgânico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo ruminal bovino foi coletado no setor da “linha verde” de um frigorífico. Em função de sua elevada umidade para o início do tratamento por compostagem, houve a necessidade de incorporação de outro resíduo para adequação de tal parâmetro, optando-se pelas cascas de café, que foram coletadas numa cooperativa agrária de cafeicultores.

O rúmen foi coletado em tambores metálicos de 200 litros e as cascas de café em sacos de aproximadamente 25kg.

Os resíduos foram caracterizados físico-quimicamente, para que posteriormente, fossem determinadas as proporções dos resíduos a serem tratados por meio da compostagem.

O rúmen (R) e as cascas de café (CC) foram caracterizados em termos dos seguintes parâmetros: pH, umidade, matéria orgânica, resíduo mineral, carbono

orgânico, nitrogênio Kjeldahl e relação C/N.

As medidas de pH foram realizadas em um pHmetro de bancada, marca HANNA – modelo HI-221. O pH é determinado em solução de cloreto de cálcio (CaCl₂), conforme procedimento estabelecido por Kiehl (1985).

A determinação do percentual de umidade, matéria orgânica, resíduo mineral e carbono orgânico foi realizada pelo método de calcinação proposto por Kiehl (1985).

O nitrogênio Kjeldahl (nitrogênio orgânico e amoniacal) foi determinado pela metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). Segundo Silva *et al.* (2006) um dos métodos mais utilizados para a determinação de nitrogênio total, é o método Kjeldahl, assim, ao longo do presente trabalho, o uso dos termos N-Kjeldahl e N-total indicam o mesmo resultado.

O sistema de compostagem convencional foi constituído por três leiras manuais com composições distintas dos resíduos de rúmen e casca de café, sendo a massa total de resíduos em cada leira de 175 quilos. Assim, foi utilizado um total de 78,75 kg de casca de café e 446,25 kg de resíduo ruminal.

As proporções de resíduos utilizados na construção das leiras estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Proporção dos resíduos utilizados nas leiras manuais

Leiras	Proporção de resíduos	Nomenclatura
Leira 1	90% rúmen bovino 10% cascas de café	L1 – 90%R; 10%CC
Leira 2	85% rúmen bovino 15% cascas de café	L2 – 85%R; 15%CC
Leira 3	80% rúmen bovino 20% cascas de café	L3 – 80%R; 20%CC

Os resíduos de rúmen e casca de café foram dispostos em camadas para montagem das leiras com auxílio de pás.

As leiras de compostagem foram construídas sobre lona plástica com 1,20 metros de comprimento x 0,90 metros de largura x 0,50 metros de altura (aproximadamente), caracterizando um processo em pequena escala.

A aeração das leiras foi realizada por meio de revolvimento com auxílio de pás. No início do processo, a aeração era feita todos os dias; após 15 dias de compostagem, o revolvimento passou a ser feito a cada quatro dias, e posteriormente, com 50 dias de compostagem, semanalmente.

Nos dias de precipitações pluviométricas, as leiras foram cobertas com lona plástica, a fim de evitar a penetração descontrolada de água e a perda de material. Quando verificada a baixa umidade das amostras e o aspecto seco das leiras, foi adicionada água da torneira às mesmas.

As leiras foram monitoradas a cada 15 dias por meio da análise de pH, umidade, matéria orgânica, resíduo mineral, carbono orgânico, nitrogênio Kjeldahl e relação C/N, sendo que as amostras foram coletadas por meio de amostragem composta. O tratamento dos resíduos foi acompanhado durante 105 dias de compostagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na caracterização do resíduo ruminal e da casca de café.

O pH do rúmen é praticamente neutro (6,6), enquanto o das cascas de café é ácido (4,7).

As concentrações elevadas de matéria orgânica e nitrogênio de ambos os resíduos favorecem o seu tratamento por compostagem. O rúmen apresentou valor de 88,9% de matéria orgânica e as cascas de café de 81,9%; já o valor de nitrogênio do rúmen era de 1,1% e das cascas de café 1,2%.

A relação C/N do resíduo ruminal (43,7) apresentou-se próxima à faixa inicial ótima para o processo de

compostagem, enquanto a relação C/N das cascas de café apresentou-se dentro da faixa ótima, que é de 30/1 e 40/1, propiciando intensa atividade biológica e menor tempo de compostagem (PEREIRA NETO e MESQUITA, 1992).

A umidade do rúmen apresentou-se muito elevada (83,7%), não sendo ideal para o processo de compostagem, pois os poros são ocupados pela água e a aeração é prejudicada, além de diminuir a temperatura da massa e aumentar o tempo de compostagem. Com a falta de oxigênio ocorrem reações anaeróbias, o que é indesejável e pode resultar num produto final de má qualidade (TSUTIYA *et al.*, 2002). Já a umidade das cascas de café, 14,7%, é considerada baixa e pode ajudar na estruturação e absorção excessiva de umidade da massa de compostagem.

Tabela 2. Caracterização inicial dos resíduos

Parâmetros	Rúmen Bovino	Casca de Café
pH	6,6	4,7
Umidade (%)	83,7	14,7
Matéria Orgânica (%)	88,9	81,9
Resíduo Mineral (%)	11,1	18,1
Carbono Orgânico (%)	49,4	45,5
Nitrogênio (%)	1,1	1,2
Relação C/N	43,7	37,9

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da caracterização das misturas dos resíduos.

Os valores de pH de todas as misturas mostraram-se próximos da neutralidade, e portanto encontram-se

dentro da faixa considerada ótima para o desenvolvimento da maioria das bactérias, contribuindo para uma degradação acelerada do material orgânico e favorecendo a compostagem (PEREIRA NETO, 2004).

Tabela 3. Caracterização das misturas dos resíduos

Parâmetros	Mistura 1 – 90%R; 10%CC	Mistura 2 – 85%R; 15%CC	Mistura 3 – 80%R; 20%CC
pH	7,2	7,0	6,5
Umidade (%)	78,2	76,1	73,0
Matéria Orgânica (%)	87,4	88,2	88,1
Resíduo Mineral (%)	12,6	11,8	11,9
Carbono Orgânico (%)	48,5	49,0	49,0
Nitrogênio (%)	1,7	1,5	1,5
Relação C/N	30,0	32,0	33,3

Quanto à umidade, pode-se observar que as misturas apresentaram valores próximos, entre 78,2 e 73,0%, sendo que a mistura com maior quantidade de casca de café teve a menor umidade. Elevados teores de umidade, superiores a 65%, fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de

Kiehl (1985) considera os teores de matéria orgânica superiores a 61% como

anaerobiose (FERNANDES e SILVA, 1999). Assim, pode-se dizer que as misturas dos materiais não proporcionou um ajuste adequado para início do tratamento, porém esperava-se que a realização de uma aeração mais intensa no início da compostagem provocasse um ressecamento da massa de compostagem (TSUTIYA *et al.*, 2002) e esse parâmetro se ajustasse rapidamente.

“alto nível”. Assim, as altas concentrações de matéria orgânica e carbono orgânico

presentes nas misturas favorecem seu tratamento por meio da compostagem, por ser basicamente um processo biológico de decomposição de materiais orgânicos por microrganismos.

É desejável que o teor de nitrogênio inicial esteja entre 1,2 e 1,5%, e os valores encontrados (1,7; 1,5 e 1,5%) estavam próximos a essa faixa.

A relação C/N no início da compostagem de todas as misturas se mostraram próximas (30,0; 32,0; 33,3) e,

como os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30/1, essa é a proporção ideal dos resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2008), e também a proporção encontrada nas misturas.

A caracterização dos compostos produzidos ao final do tratamento, bem como os parâmetros estabelecidos na Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores finais dos compostos produzidos nas leiras e os valores de referência da Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009

Parâmetros	L1 – 90%R; 10%CC	L2 – 85%R; 15%CC	L3 – 80%R; 20%CC	I. N. n 25/2009
pH	9,7	9,7	9,8	Mín 6
Umidade (%)	56,7	58,0	55,0	Máx 50%
Matéria Orgânica (%)	72,9	70,3	70,5	---
Resíduo Mineral (%)	27,1	29,7	29,5	---
Carbono Orgânico (%)	40,5	39,1	39,2	Mín 15%
Nitrogênio (%)	1,2	2,4	1,4	Mín 0,5%
Relação C/N	33,1	16,7	27,7	Máx 20/1

O pH estabelecido pela Instrução Normativa deve ser no mínimo 6,0, já que o pH ligeiramente ácido cria ótimas condições para o armazenamento de nutrientes no solo. Os valores obtidos nas

leiras foram em torno de 9, estando assim dentro do estabelecido.

Os valores finais de umidade das três leiras se apresentaram acima dos valores estabelecidos pela Instrução Normativa nº

25 de 23/07/2009, que determina valor máximo de 50%, porém, o resíduo pode perder sua umidade facilmente atingindo valores menores que o padrão.

A Instrução Normativa nº 25/2009 estabelece que o parâmetro carbono orgânico seja no mínimo 15%, com isso, verifica-se que todas as leiras estão em acordo com a normativa, sendo o valor mais baixo de 39,1% referente à leira 2 (85%R; 15%CC).

A matéria orgânica, rica em carbono orgânico, é essencial para a melhoria da qualidade do solo e manutenção da fertilidade, contribuindo significativamente para a manutenção da umidade e da temperatura do solo a níveis adequados para o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas.

Quanto aos valores de nitrogênio, estes também se encontram em acordo (mínimo de 0,5%), sendo 2,4% (leira 2 - 85%R; 15%CC) o mais alto. Como importante componente das proteínas e da clorofila, o nitrogênio é elemento primordial no aumento da produtividade agrícola.

Com relação ao parâmetro C/N apenas a leira 2 (85%R; 15%CC) atingiu valor inferior (16,7/1) ao máximo estabelecido (20/1), entrando em conformidade com a norma, já que é a relação C/N ideal para se disponibilizar o

nitrogênio para as plantas; já as demais leiras estão fora do estabelecido pela norma, conseqüentemente, mais difícil a decomposição do material pelos microrganismos quando aplicado ao solo.

4. CONCLUSÕES

Pelo fato dos resíduos estudados serem altamente orgânicos, como visto nas caracterizações, o seu tratamento é favorável por meio da compostagem. Porém, pode-se dizer que devido à presença de compostos de difícil degradação no rúmen bovino, como lignina e celulose, assim como nas cascas de café, o tratamento dos resíduos por meio da compostagem não foi tão eficiente como esperado, mesmo com a microbiota natural favorável ao processo.

Apesar da alta taxa de degradação da matéria orgânica da mistura dos resíduos, cerca de 17% ao longo do processo, a incorporação de outro resíduo estruturante, não lignino-celulósico e com menor teor inicial de carbono orgânico, abaixo de 45%, pode contribuir para uma compostagem mais eficaz do rúmen.

O composto orgânico é um excelente condicionador para o solo, podendo proporcionar melhorias em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. No presente estudo, a proporção que

apresentou melhores resultados foi a de 85% rúmen bovino e 15% cascas de café, sendo a mais recomendada para ser utilizada na produção de adubo orgânico, já que se estabilizou com um elevado teor de matéria orgânica, de 70,3%, e uma relação favorável de nutrientes de 16,7/1.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>>. Acesso em: 20 Abr. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília.

CNPC. Conselho Nacional da Pecuária de Corte. **Balanco da pecuária bovinea de corte**. Site corporativo. Disponível em <<http://www.cnpc.org.br>>. Acesso em: 20 Abr. 2012

FERNANDES, F; SILVA, S. M. C. P. Compostagem de resíduos agroindustriais utilizando tecnologia de compostagem de baixo custo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19.,

1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABES, 1997., p. 10.

FERNANDES, F; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 1999.

IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Editoração Débora D. Estrella Rebocho, 1985.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KOENIG, A.; YIU, W. C. Waste management in Hong Kong abattoirs. **Water Science and Technology**, v.40, n.1, p. 379-387, 1999.

LASARIDI, K.; PROTOPAPA, I.; KOTSOU, M, *et al.* Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. **Journal of Environmental Management**, v. 80, p. 58-65, 2006.

MORALES, M. M. **Avaliação dos resíduos sólidos e líquidos num sistema de abate de bovinos**. 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. 2008. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

PELÁEZ, C.; MEJÍA, A.; PLANAS, A. Development of a solid phase kinetic assay for determination of enzyme activities during composting. **Process Biochemistry**, v.39, p. 971-975, 2004.

PEREIRA NETO, J. T. **Compostagem:** fundamentos e métodos. In: Simpósio sobre compostagem: Ciência e Tecnologia, 1., 2004 – Universidade Estadual Paulista, FCA.

PEREIRA NETO, J. T.; MESQUITA, M. M. F. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos:** aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos. Ed. LNEC, 1992. 34 p.

ROSA, A. P. **Avaliação da viabilidade técnica e ambiental do uso do conteúdo ruminal bovino como biocombustível.** 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, L. I. D.; CARNEIRO, M. C.; EMÍDIO, V. S., *et al.* Determinação das formas de nitrogênio e nitrogênio total em rochas-reservatório de petróleo por destilação com arraste de vapor e método do indofenol. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 46-51, 2006.

TONACO, I. A.; BOTREL, M. C. G.; RODRIGUES, B. O. *et al.* Utilização de casca de café como substrato para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*. In: Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG e Jornada Científica, 3., 2010, Bambuí. **Anais...** 2010.

TRITT, W. P.; SCHUCHARDT, F. Materials Flow and Possibilities of Treating Liquid and Solid Wastes from Slaughterhouses in Germany. **Bioresource Technology**, v. 41, n. 3, p. 235-245, 1992.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A. *et al.* **Biossólidos na agricultura.** 2 ed. São Paulo: ABES, 2002. p. 181-208.