



USO DE SECADOR EM COMPOSTOS MATURADOS E SEUS EFEITOS NAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E FITOTOXICOLÓGICAS

Guilherme Pereira Schoeler – gschoeler@outlook.com
Universidade Federal de Pelotas.

Matheus Francisco da Paz – matheusfdapaz@hotmail.com
Universidade Federal de Pelotas.

Érico Kunde Corrêa – ericokundecorrea@yahoo.com.br
Universidade Federal de Pelotas.

Luciara Bilhalva Corrêa – luciaraabc@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas.

Resumo: Para alcançar a umidade estipulada pela normativa número 25 do ministério da Agricultura sobre a comercialização de compostos maturados, é comum a utilização de diversos tipos de secadores. No entanto, seus efeitos sobre deste material em contraponto a redução de umidade, ainda são escassos. Portanto, o objetivo deste trabalho constituiu em avaliar o efeito de secador contínuo cilíndrico de contra-fluxo sobre as características físico-químicas, microbiológicas e fitotoxicológicas de composto maturado. O composto avaliado foi elaborado com lodo de estação de tratamento de uma agroindústria de Chapecó – SC juntamente com casca de arroz e serragem. Foi utilizado um secador contínuo cilíndrico de contra fluxo, com coletas antes, durante e depois do secador. As análises realizadas foram: pH, carbono orgânico, umidade e matéria mineral, contagem de micro-organismos mesófilos e termófilos e o efeito fitotoxicológico nas sementes de pepino e alface. As médias foram submetidas ao teste de Duncan ($p < 0,05$). Os resultados demonstram uma redução significativa ($p < 0,05$) da umidade, de 71,22 para 51,69%, no entanto, fora dos padrões exigidos pela normativa.. Não houve diferença na microbiota antes e após o uso do equipamento, ao passo que no interior, houve um acréscimo de micro-organismos mesófilos e termófilos. Após o uso do secador, houve diminuição ($p < 0,05$) da fitotoxicidade do composto, tanto para as sementes de alface quanto para as de pepino. Pode-se concluir, que uso de secador é recomendado, pois reduz efeitos fitotoxicológicos, no entanto, é necessário maior controle do tempo de permanência do composto para alcançar os limites exigidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Secagem, Agroindústria, Resíduo sólido, Compostagem

USE OF CYLINDRICAL COUNTERFLOW DRYER IN MATURED COMPOSTS AND ITS EFFECTS ON MICROBIOLOGICAL, PHYSICO-CHEMICAL AND PHYTOTOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS

Abstract: To reach for the moisture stipulated by normative number 25 of the Ministry of Agriculture about marketing of matured compost, it is common to use varied types of dryers. However, its effects on this material as opposed to moisture reduction, are still scarce. Therefore, the objective of this work consisted in evaluate the effect of cylindrical continuous counterflow dryer on the physico-chemical, microbiological and phitotoxicity of matured compost. The compost evaluated was prepared with sludge treatment plant of an agribusiness from Chapecó - SC with rice husk and sawdust. A

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



cylindrical continuous counterflow dryer was used with collections before, during and after the dryer. The analyzes were: pH, organic carbon, moisture and mineral matter, mesophilic and thermophilic microorganisms count and phytotoxicological effect on cucumber and lettuce seeds. The data were submitted to the Duncan test ($P < 0.05$). The results showed a significant reduction ($p < 0.05$) of moisture, 71.22 to 51.69%, however, outside the standards required by law. There were no differences in the microbiota before and after use of the equipment, however, in the interior there was a mesophilic and thermophilic growth of microorganisms. After use of the dryer, there was a decrease ($p < 0.05$) the phytotoxicity of the compost, for lettuce seeds as for cucumber. It can be concluded that dryer use is recommended because it reduces phytotoxicological effects, however, requires more control of the compost permanence time to reach the limits required by law.

Keywords: *Drying, Agrobusiness, Solid waste, Composting*

1. INTRODUÇÃO

Ao tratar-se de composto, dentre os parâmetros exigidos por legislação, a umidade caracteriza-se como um dos mais importantes, pois seu excesso pode causar anaerobiose e formação de metano e outros componentes danosos, ao passo que sua ausência acarreta em baixa germinação de sementes e baixa atividade microbiológica do solo (PARTANEN, et al., 2010).

No atual cenário global e em perspectivas futuras, a ciclicização de matéria orgânica advinda de resíduos de diversas fontes torna-se essencial para a busca da sustentabilidade e preservação de meios naturais (HOTTLE et al., 2015). A compostagem caracteriza-se como um dos métodos mais eficientes para essa atividade, processo pelo qual micro-organismos aeróbios mineralizam substratos tornando-os aptos a incorporação ao solo sem acometer o meio ambiente (ZHANG et al., 2012), associado ao processo de mineralização promovendo a transformação do composto inicial em água, gás carbônico e sais orgânicos, e humificação, conversão da matéria orgânica em húmus caracterizado como composto rico em matéria orgânica com alto peso molecular e alto índice de estabilização (DORES-SILVA et al, 2013).

O reciclo tanto de materiais não biodegradáveis bem como materiais passíveis de biodegradação costumam ser menos dispendiosos do que a destinação final em aterros sanitários, que necessitam de maiores preocupações e em um prazo maior (FERREIRA et al., 2014).

Além de todos estes fatores, a compostagem contribui significativamente para a questão da segurança alimentar, pois promove uma reutilização de recursos orgânicos, redução do preço dos alimentos pela diminuição da importação de fertilizantes e conseqüentemente, aumentando o desenvolvimento econômico local (HOSETTI & FROST, 1995; CORRÊA et al., 2012; EL FELLS et al., 2014).

O processo de compostagem possui uma dinâmica complexa de parâmetros interligados que influenciam diretamente o produto final, tais como a umidade, a carga microbiana presente, o pH, carbono orgânico entre outros, que, se fora dos padrões exigidos pela legislação, podem acarretar em ações danosas ao solo, fauna e flora (FERNANDES & SILVA et al., 1999).

Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), de acordo com a normativa nº 25 de 23 de julho 2009, faz-se necessário que o composto orgânico do tipo A (fertilizante de origem vegetal, animal ou da agroindústria, sem metais pesados tóxicos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos), tipo B (fertilizante que utiliza matéria-prima oriunda do processo industrial ou da agroindústria, com a presença de metais tóxicos e compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos) e tipo C (fertilizante que utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar) tenham um máximo de 50% de umidade, e, para compostos do tipo D (fertilizante orgânico com a presença de qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários) com no máximo 70% umidade, para ambas as classes o produto do processo deve estar adequado para utilização na agricultura (BRASIL, 2009).

No entanto, se o material de origem do composto possui umidade relativamente alta, associado a uma intensa atividade aeróbia microbiológica, pode resultar em um produto final com elevada umidade, com valores superiores dos preconizados pela legislação (WANG et al., 2015).

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



A secagem caracteriza como o processo de retirada de água por evaporação, possibilitando a conservação e adequação dos compostos e posterior sua utilização outros processos, como a compostagem por exemplo. Nesse sentido a secagem artificial através de fluxos forçados de ar aquecido, permitem o monitoramento de uma série de parâmetros quanto a eficiência do processo através do controle da temperatura e tempo de exposição do material ao aquecimento (BORTOLAIA, 2011).

Um dos métodos que vem despertando interesse pelas indústrias para a secagem de composto maturado é o uso de secadores contínuos promovendo a volatilização da água presente e removendo o excesso de umidade. No entanto, sua aplicação ainda é limitada, uma vez que outras características importantes do composto podem ser modificadas. Nesse sentido, segundo Ferreira (2006 apud AGUIRRE & PESKE, 1992) indica que o uso de secadores contínuos não é recomendado no processo de secagem de sementes, visto que a temperatura junto com o fluxo elevado de ar além de remover a água das sementes ainda pode provocar fissuras afetando negativamente a qualidade das mesmas. (FERREIRA apud VILLELA & PESKE, 2006)

Portanto, o objetivo deste estudo consiste em avaliar o efeito do uso de secador contínuo em composto proveniente de lodo de estação de tratamento de efluentes nas características de pH, umidade, matéria mineral, carbono orgânico, contagem de micro-organismos mesófilos e termófilos, além do ensaio fitotoxicológico, de modo a definir a viabilidade do uso de secador contínuo em composto maturado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na compostagem para o composto orgânico foram: lodo de estação de tratamento de uma agroindústria de Chapecó – Santa Catarina – Brasil como fonte de nitrogênio juntamente com casca de arroz e serragem como material aerador, estruturante e fonte de carbono, dando origem a um composto maturado tipo A. Para a realização desse experimento, foi utilizado um secador contínuo cilíndrico de contra fluxo, com temperatura no interior do cilindro de até 250°C. Foram coletadas amostras em cinco pontos equidistantes diferentes do composto maturado, em três etapas principais do processo; antes, durante e após o uso do secador.

A contagem de micro-organismos mesófilos e termófilos foram realizados de acordo com a APHA – Compendium of Methods for Microbiological Examination (2001), com modificações. O procedimento ocorreu através da pesagem asséptica de 25g de amostra e transferida para 225mL de água peptonada estéril seguido de homogeneização. Após isso, foi realizada a diluição seriada e o plaqueamento ocorreu em meio PCA (Plate count agar) e levadas para estufa de incubação, onde os mesófilos permaneceram a 35°C por 48h e termófilos à 45°C pelo mesmo período de tempo. As colônias visíveis foram contadas e os micro-organismos foram expressos em UFC mL⁻¹.

As análises de pH e carbono orgânico foram realizadas em triplicata pelo método de Walkey-Black segundo Tedesco et al., (1995) e umidade e cinzas pelo método de AOAC (1995).

As análises de fitotoxicidade foram elaboradas de acordo com o proposto por Tiquia & Tam (1998) com modificações. Foram utilizadas as sementes de alface (*Lactuca sativa*) e pepino (*Cucumis sativus*), adquiridas no comércio local, respeitando o mesmo lote para todas as repetições.

Dez sementes de cada espécie foram dispostas em placa de petri, em triplicata, com 5ml de solução 10% (m/v) da diluição do composto em água destilada e levado a incubadora a 25°C por 48h ao abrigo de luz. Após esse período, as sementes germinadas foram contadas e suas radículas foram medidas em milímetros (mm) com auxílio de paquímetro digital. Foram realizadas também a elaboração de placas de petri com água destilada, servindo como controle (branco). Foram consideradas as sementes germinadas aquelas que possuam radícula superior a 1mm.

O índice de germinação foi calculado pela seguinte equação:

$IG(\%) = [(N2 \times C2)/(N1 \times C1)] \times 100$	(1)
---	-----

Onde:

N2 é o número de sementes germinadas;

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES

C2 comprimento das radículas;
N1 é o número de sementes germinadas no controle;
C1 é o comprimento das radículas do controle.

O delineamento experimental utilizado foi completamente casual, com 3 pontos de coleta (antes, após e no secador) e 5 repetições em cada ponto, seguindo arranjo unifatorial, sendo o fator tratamento os diferentes pontos e o parâmetro resposta o pH, umidade, cinzas, carbono orgânico e fitotoxicidade por índice de germinação.

Foram realizados remoção de dados atípicos pela análise dos resíduos studentizados deletados e as variáveis foram normalizadas e submetidas a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Averiguando a significância estatística, as médias foram submetidas ao teste de Duncan ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise físico-química do composto podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos dos compostos analisados frente ao uso de secador contínuo

Tratamento	Umidade (%)	Matéria Mineral (%)	pH	Carbono orgânico (%)
Antes do secador	71,22±1,27a	7,24±2,11b	8,5±0ns	55,08±0,08 ^a
No secador	65,95±1,64b	9,23±1,57a	8,4±0,028ns	54,54±0,13b
Após o secador	51,69±1,97c	10,21±1,32a	8,8±0,063ns	54,53±0,12b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

ns: Sem diferença significativa

Fonte: O Autor.

Como pode-se observar na Tabela 1, o valor encontrado em relação a umidade do composto foi de 71,22% antes do uso do secador. Este valor pode ser explicado em virtude da matéria prima utilizada para elaboração do processo de compostagem. Segundo Alvarenga (2015), lodos de estação de tratamento possuem umidade entre 83,9 a 65,7%, dependendo de sua origem, o que contribui para um composto final com alta umidade.

Houve uma redução da quantidade de água do composto conforme este passa pelo secador, com umidade final de 51,69%. O resultado encontrado permanece acima do exigido pela legislação, com necessidade de maior intensidade da fonte de calor ou maior tempo de exposição do composto a esta fonte. No entanto, deve-se levar em consideração, que valores muito inferiores de umidade do composto podem ser maléficos para o desenvolvimento da planta, considerando que a água é o principal canal de transportes de nutrientes entre a planta e seu substrato (KULIKOWSKA & GUSIATIN, 2015).

Segundo um estudo realizado por El Fels (2015), a umidade presente no composto elaborado com lodo de estação de tratamento com cromo hexavalente foi de 66%, necessitando de um processo de co-compostagem para eliminação de efeitos genotóxicos, ao passo que o uso do secador tem custo reduzido comparado a outros tratamentos adjacentes, podendo substituir processos mais demorados e dispendiosos.

Verificou-se redução da quantidade de carbono orgânico presente na amostra, passando de 55,08% para 54,53% após o uso de secador. Esse resultado pode ser explicado, principalmente, devido à volatilização de alguns compostos orgânicos de baixo peso molecular concomitantemente com a água (DOUBLET *et al.*, 2011; HIMANEN *et al.*, 2012; YANEZ *et al.*, 2009).

Em relação ao teor de matéria mineral, houve um aumento destes componentes ao comparar com o composto com umidade elevada, sendo observado um aumento já no interior do equipamento, explicado também pela remoção por volatilização de compostos de baixo peso molecular e concentração da matéria mineral na amostra.

Para o pH, os valores encontrados para o composto ficaram entre 8,4 e 8,8, sem diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos. O pH de compostos maturados deve apresentar valores semelhantes, principalmente devido a ação sinérgica entre a degradação de ácidos orgânicos e conversão de aminas em amônia (LI *et al.*, 2013; EL FELS *et al.*, 2014). Nesse sentido, o uso do secador é benéfico, pois além de uma redução significativa da umidade, não altera o pH, parâmetro importante de indicação de maturidade de composto.

O perfil microbiológico do composto maturado antes, durante e após o secador pode ser observado segundo a Tabela 2.

Tratamento	Perfil Microbiológico (UFC mL ⁻¹)	
	Mesófilos	Termófilos
No secador	5,33±0,02a	4,67±0,06 ^a
Antes do secador	1,83±0b	2,83±0,02b
Após o secador	1,5±0,06b	2,00±0,03b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Fonte: O Autor.

Pode-se observar que o não houve diferença ($p > 0,05$) entre as amostras antes e após o uso do equipamento, apesar disso, em seu interior foi verificado uma presença maior de micro-organismos, tanto para mesófilos quanto para termófilos. Segundo Li *et al.*, (2013), um pH tendendo a alcalinidade tende a inibir o crescimento de micro-organismos termófilos, o que pode explicar pouco desenvolvimento de termófilos no interior do equipamento, considerando condições favoráveis.

A redução da atividade microbiológica após o uso do secador pode ser explicada, principalmente, pela remoção de água, essa responsável pela modulação do desenvolvimento microbiano (WANG *et al.*, 2015).

Para a análise fitotoxicológica, resultados expressos em Índice de germinação (%) podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Índice de germinação (%) de sementes de alface e pepino em composto antes, durante e após o uso do secador

Tratamento	Índice de Germinação (%)	
	Sementes de Alface	Sementes de Pepino
Antes do secador	93,906±1,324b	41,547±13,6b
No secador	111,98±9,408b	67,129±1,94b
Após o secador	155,37±8,184 ^a	230,12±0a

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

ns: Sem diferença significativa

Fonte: O Autor.

Atualmente, a legislação brasileira não exige ensaios fitotoxicológicos para comprovação da maturidade do composto, no entanto, segundo literatura consultada, a análise de fitotoxicidade por índice de germinação é amplamente aceita e recomendada, já que demonstra o efeito agudo do composto diretamente sobre as plantas (TIQUIA & TAM, 1998; HIMANEN *et al.*, 2012).

Pode-se observar que houve um aumento do Índice de Germinação (%) após o uso do secador, tanto para as sementes de alface, com valores de 93,906 para 155,37%, quanto para pepino, com resultados de 41,547 para 230,12% com o uso do secador. Estes resultados podem ser explicados pela volatilização de alguns ácidos de baixo peso molecular, que, apesar de não interferir diretamente no pH do composto, apresentam efeitos comprovadamente deletérios sobre a germinação e alongamento da radícula das plantas (HIMANEN *et al.*, 2012).

Alguns outros componentes voláteis também podem ser responsáveis pelo maior índice de germinação encontrado no material após o secador, como compostos sulfúricos voláteis (ZHANG *et al.*, 2013) e compostos nitrogenados resultantes da degradação da matéria orgânica (SHEN *et al.*, 2012).



Segundo o Conselho Californiano de Qualidade do Composto (CCQC, 2015), valores inferiores a 80% no índice de germinação indicam características fitotóxicas. O uso do secador proporcionou ao composto, em relação à semente de pepino, a transformação de agente fitotóxico à agente promotor de germinação, com valores superiores a 200% em relação a germinação com água destilada, indicando que o uso do secador é altamente recomendado para redução da fitotoxicidade de composto maturado.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o uso do secador cilíndrico contínuo é viável para adequar a umidade do composto a determinação estipulada pela legislação vigente, pois além de promover a remoção da água, também volatiliza compostos potencialmente fitotóxicos, sem necessitar de outras etapas mais dispendiosas e demoradas e sem alterar características essenciais como o pH do composto maturado. No entanto, é necessária uma adequação do tempo de exposição deste composto ao equipamento para alcançar resultados necessários para sua comercialização.

Agradecimentos

À CAPES e ao CnPQ pela concessão de bolsas de doutorado e iniciação científica.

4. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, P.; MOURINHA, C.; FARTO, M. SANTOS, T. PALMA, P.; SENGO, J.; MORAIS, M.C.; CUNHA-QUEDA, C. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors. **Waste Management**. v. 40, p. 44-52, 2015.

AOAC – Association of Analytical Communities. **Official Method 934.01**. Moisture in Animal Feed, 1998.

APHA – **American Public Health Association**. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. USA: APHA, 2001, v.5.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n. 25**, de 23 de Julho de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, oito set. 2005. Seção 1, p. 12.

BORTOLAIA, L. A. **Modelagem Matemática e Simulação do Processo de Secagem Artificial de Grãos de Soja em Secadores De Fluxo Contínuo**. Porto Alegre, 161 p., 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37388/000821562.pdf?sequence=1>>. Acesso em 18 de julho de 2016.

CCQC. **California Composto Quality Council**. California: 2001. 26p.

CORRÊA, E. K.; BIANCHI, I.; LUCIA JR, T., CORRÊA, L. B.; MARQUES, R. V.; PAZ, M. F. Fundamentos da Compostagem. In: CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B. **Gestão de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre: Ed. Evangraf, 2012. p. 35-46.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D., REZENDE, M. O. de; Processo De Estabilização De Resíduos Orgânicos: Vermicompostagem Versus Compostagem. **Revista Química Nova**. v.36, n.5, p. 640- 645, 2013.



DOUBLET, J. FRANCOU, C.; POITRENAUD, M.; HOUOT, S. “*Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting: consequences on compost organic matter stability and N availability*”. **Bioresource Technology**, v. 102, 2011. p. 1298-1307.

EL FELS, L.; HAFIDI, M. SILVESTRE, J.; KALLERHOFF, J. MERLINA, G.; PINELLI, E. Efficiency of co-composting process to remove genotoxicity from sewage sludge contaminated with hexavalent chromium. **Ecological Engineering**. v. 82, p.355-360, 2015.

EL FELS, L.; ZAMAMA, M.; EL ASLI, A.; HAFIDI, M. Assesment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 87, p. 128-137, 2014.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da; **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Londrina, 1999. 91p.

FERREIRA, A. L. B. **Desempenho de Secadores Contínuos Operando em Sistema Intermitente**. Pelotas, 72 p., 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <<http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/handle/123456789/1462>>. Acesso em 18 de julho de 2016.

FERREIRA, S.; CABRAL, M.; CRUZ, N. F. da; MARQUES, R. C. Economic and environmental impacts of the recycling system in Portugal. **Journal of Cleaner Production**. v. 79, p. 219-230, 2014.

HIMANEN, M.; PROCHAZKA, P.; HANNINEN, K.; OIKARI, A. “*Phytotoxicity of low-weight carboxylic acids*”. **Chemosphere**, v. 88, 2012. p. 426-431.

HOSETTI, B. H.; FROST, S. A review of suitable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. **Ecological Engineering**, v. 5, p. 421-431, 1995.

HOTTLE, T. A.; BILEC, M. M.; NICHOLAS, R. B.; LANDIS, A. E. “*Toward zero waste: Composting and recycling for suitable venue based events*”. **Waste Management**, v. 38, 2015. p. 86-94.

KULIKOWSKA, D.; GUSIATIN, Z.M. Sewage sludge composting in a two-stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment. **Waste Management**. v. 38, p. 312-320, 2015.

LI, Z.; LU, H.; REN, L.; HE, L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. **Chemosphere**. v. 3, p. 1247-1257, 2013.

PARTANEN, P.; HULTMAN, J.; PAULIN, L.; AUVINEN, P.; ROMANTSCHUK, M. “*Bacterial diversity at different stages of the composting process*”. **BMC Microbiol.**, v. 10, p. 94, 2010.

SHEN, Y.; CHEN, T.; GAO, D.; ZHENG, G.; LIU, H.; YANG, Q. Online monitoring of volatile organic compound production and emission during sewage sludge composting. **Bioresource Technology**. v. 123, p. 463-470, 2012.

TEDESCO, José Marino; GIANELLO, Clesio; BISSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sergio Jorge. **Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

TIQUIA, S. M. TAM, N. F. Y. “*Elimination of phytotoxicity during cocomposting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge*”. **Bioresource Technology**, n. 65, 1998. p. 43-49.



YANES, R. ALONSO, J. L.; DÍAZ, M. J. “Influence of bulking agent on sewage sludge composting process”. **Bioresource Technology**, v. 100, 2009. p. 5827-5833.

WANG, Y., AI, P., CAO, H., LIU, Z. “*Prediction of moisture variation during composting process: A comparison of mathematical models*”. **Bioresource Technology**, v.193, 2015. p. 200-205.

ZHANG, H.; Emission of volatile sulfur compounds during composting of municipal solid waste (MSW). **Waste Management**. v. 33, n. 4, p. 957-963, 2013.

ZHANG, Y.; LASHERMES, G.; HOUOT, S.; DOUBLET, J.; STEYER, J. P.; ZHU, Y. G.; BARRIUSO, E.; GARNIER, P. “*Modelling of organic matter dynamics during the composting process*”. **Waste Management**, v. 32, 2012. p. 19-30.

ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M.; BERTOLDI, M. Evaluating toxicity of immature compost. **Biocycle**. 22, 54-57, 1981.