

ESTUDO DA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO COMPACTO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Sergio Serefim Borges Junior ¹

Thiago Morais de Castro²

Eudes José Arantes ³

RESUMO

Atualmente a demanda por um gerenciamento de resíduos sólido ambientalmente adequado tem crescido devido à grande necessidade de se conservar o meio ambiente bem como o bem estar do ser humano. Para isto, foi instituída na Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº. 12.305/2010. A compostagem dos resíduos sólidos urbanos é recomendada como forma de tratamento adequado destes resíduos. Com o intuito de apresentar uma forma de acelerar e facilitar o controle do processo de compostagem foi proposto para este trabalho, o desenvolvimento de uma instalação um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbanos. Este sistema foi desenvolvido e montado nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão utilizando um compressor de ar como fonte para aeração. Assim, o presente trabalho teve como objetivo a realização de um experimento piloto compacto de compostagem por aeração forçada, sendo que foram utilizados os resíduos sólidos urbanos orgânicos coletados no Aterro Sanitário de Campo Mourão e resíduos de poda da arborização urbana. Os ensaios foram realizados buscando o monitoramento das variáveis necessárias para o acompanhamento do processo. No monitoramento e avaliação de dois ensaios realizados permitiu identificar que para o processo de compostagem desenvolva de forma adequada e eficiente é necessário um acompanhamento constante dos parâmetros indicativos da estabilidade do processo, com temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio, pH. Tendo como parâmetros monitorados a temperatura, umidade e relação Carbono/Nitrogênio verificou-se que estas variáveis são indicativas do metabolismo do processo. Outras variáveis que interferem no metabolismo são as condições ambientais e a tipologia de resíduos utilizados nos ensaios.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Compostagem, Aeração Forçada, Fração Orgânica.

¹ Engenheiro Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
sergio_ambiental@hotmail.com

² Mestre em Engenharia Urbana, Engenheiro Ambiental, UTFPR-CM, Professor.
engenheirothiagocastro@gmail.com

³ Doutor em Engenharia e Mestre em Engenharia Civil, Engenheiro Civil, UTFPR-CM, Professor.
eudesarantes@utfpr.edu.br.

STUDY PROPOSAL OF A COMPACT SYSTEM PILOT COMPOSTING OF MUNICIPAL SOLID WASTE.

ABSTRACT

Currently the demand for an environmentally sound management of solid waste has taken hold because of the great need to conserve the environment and the welfare of the human being, for that, as established in the National Solid Waste Policy - Law. 12,305 / 2010, is set to eradicate the dumps, and the deployment of landfills, as well as other forms of treatment of waste generated, as example, the composting of organic solid waste. Thus, the present study aimed to the realization of a compact composting pilot experiment by forced aeration, and organic municipal solid waste collected in Campo Mourão Landfill were used, and the waste of urban tree pruning. Having monitored the parameters like temperature, humidity and carbon / nitrogen ratio. Herewith the results of this work have reached certain goals, and that it can serve as a reference for future work, therefore, the difficulties encountered during the process and the improvements that can be deployed in this type of process were demonstrated by aeration forced.

KEY-WORDS: Municipal Solid Waste, Composting, Forced Aeration, Organic Fraction.

ESTUDIO DE LA PROPUESTA DE UN SISTEMA PILOTO COMPACTO DE MUNICIPAL DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS

RESUMEN

Actualmente la demanda de una gestión ambientalmente racional de los desechos sólidos ha crecido debido a la gran necesidad de conservar el medio ambiente y el bienestar de los seres humanos. Para ello se instituyó en la Política Nacional de Residuos Sólidos - Ley. 12305/2010. El compostaje de residuos sólidos urbanos se recomienda como un tratamiento adecuado de estos residuos. A fin de presentar una forma de acelerar y facilitar el control del proceso de compostaje se propuso para este trabajo, el desarrollo de una instalación de un sistema piloto de compostaje compacto de los residuos sólidos municipales. Este sistema fue desarrollado y montado en las instalaciones de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná, Campus Campo Mourao utilizando un compresor de aire como fuente para la aireación. Por lo tanto, se utiliza el presente estudio tuvo como objetivo la realización de un experimento piloto de compostaje compacta mediante aireación forzada, y de los residuos sólidos municipales orgánica recogida de residuos en Campo Mourao relleno sanitario y la poda de los árboles urbanos. Las pruebas se realizaron para ayudar a la supervisión necesaria para las variables del proceso de monitoreo. Seguimiento y evaluación de dos ensayos identificados que los parámetros de monitoreo constantes que indican la estabilidad del proceso con la temperatura, la humedad, la relación carbono / nitrógeno, pH durante el proceso de compostaje para desarrollarse correctamente y de manera eficiente es necesario. Como resultado del monitoreo de los parámetros como la temperatura, la humedad y la relación carbono / nitrógeno se encontró que estas variables son indicativos del proceso de metabolismo. Otras variables que afectan el metabolismo son las condiciones ambientales y el tipo de residuos utilizados en las pruebas.

PALABRAS-CLAVE Residuos sólidos urbanos, compostaje, aireación forzada, Fracción Orgánica.

INTRODUÇÃO

A geração per capita de resíduos sólidos urbanos vem aumentando significativamente nos últimos anos. Isto ocorre devido ao expressivo crescimento populacional e a inevitável busca do ser humano em seu dia-a-dia, em atender todas suas necessidades, tais como, se alimentar, se movimentar e gerar recursos para sua subsistência.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013) em seu último Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (2013), o índice de geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) aumentou em um percentual inferior a meio ponto, chegando ao valor de 1,041 kg/hab/dia referentes aos anos de 2013/2012, com base na população total dos municípios. Isto representa um acréscimo na quantidade total gerada de 4,1%.

Como instituído na PNRS, a compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos, aliada aos aterros sanitários para os rejeitos, uma vez que este processo tende a aumentar a vida útil de um aterro.

Segundo a PNRS, o processo de compostagem para resíduos sólidos orgânicos devem estar articulados com os agentes econômicos e sociais de formar a permitir a utilização dos compostos produzidos como fonte de nutrientes para atividades agrícolas.

De acordo com a NBR 13.591 (1996), o processo de compostagem é a decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros.

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma proposta de um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbanos compostos da fração orgânica e resíduos de poda da arborização.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do ensaio de compostagem foi coletado amostra de resíduo urbano destinado ao aterro sanitário de Campo Mourão e resíduo de poda da arborização urbana provindo do Horto Municipal.

O ensaio de compostagem deste trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR – Câmpus Campo Mourão.

Processo de Compostagem

Segregação dos Resíduos Urbanos – Fração Orgânica e Poda

O resíduo urbano coletado no aterro sanitário de Campo Mourão foi transportado para as instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, onde foi realizada a segregação no dia 05 de Abril de 2014. A segregação foi realizada selecionando os resíduos sólidos orgânicos (Figura 1) de acordo com o Manual Prático de Compostagem (2011), em seguida, foram selecionados os resíduos para compor o processo de compostagem, como: sacos de chá, borras de café, restos de comida, cascas de ovos, restos de jardinagem, vegetais crus, cascas de frutas, e outros tipos de resíduos. Os resíduos não adequados para ensaio de compostagem foram separados, podendo-se citar: metais, plásticos, dejetos animais, vidros, laticínios, gorduras, ossos e espinhas e carnes.

Para a segregação dos resíduos foi disposta uma lona com cerca de 30 m², de forma a não causar a contaminação no solo. Os resíduos separados foram armazenados em um recipiente para posterior pesagem da massa orgânica e dos resíduos de poda. Os resíduos que não tinham utilidade ao experimento foram retornados à coleta pública, para disposição adequada no aterro sanitário.

Figura 1: Segregação dos Resíduos orgânicos, realizado no câmpus da UTFPR – Campo Mourão.



Fonte: Autoria Própria, 2014.

Os resíduos de poda utilizados no experimento foram coletados no Horto Municipal de Campo Mourão, composto de folhas secas e galhos triturados. Este tipo de resíduo é provindo da arborização urbana das ruas da cidade, resultante do abate ou poda das árvores. Os galhos e folhas são destinados ao horto municipal de Campo Mourão onde são triturados destinados em leiras de compostagem.

Montagem do ensaio de Compostagem

O ensaio de compostagem foi montado próximo ao Laboratório Experimental de Estruturas da UTFPR de Campo Mourão, no dia 07 de Abril de 2014. Para efeito comparativo o presente estudo tem como base o trabalho de Souza et al (2010). O trabalho realizado pelo autor apresentou um ensaio para a determinação de uma metodologia de compostagem aeróbica com resíduos oriundos da agroindústria, fazendo uso de um processo de aeração forçada para a compostagem dos resíduos em reatores confinados.

Para Kneer (1978) apud Pires (2011), o processo de compostagem acelerado confinado permite de controle tanto na geração de percolados, na exalação de gases e na exposição das matérias em decomposição, além de facilitar a análise de parâmetros importantes como a temperatura e a umidade, e permitir ainda a redução em até 50% da área utilizada no processo de compostagem.

Para a montagem do experimento neste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: dois recipientes plásticos de 60 litros (Bombonas), mangueiras de PVC de 8 mm, registros, válvulas, conexões, barra de cano de PVC de 3 metros, além de ferramentas para a montagem do mesmo. (Figuras 2 e 3).

A aeração forçada foi utilizada no presente estudo para acelerar o processo de compostagem. Foi utilizado um compressor de ar comprimido para injetar o ar com uma vazão regulada através da tubulação espiral no interior da composteira (Figura 2) para que não haja o espalhamento do resíduo dentro dos recipientes.

Figura 2: Interior das composteiras, mostrando a tubulação por onde será injetado o ar.



Fonte: Autoria própria, 2014.

Os recipientes de compostagem da Figura 3 foram conectadas através de registro no compressor no lado externo do laboratório.

Figura 3: Ensaio de Compostagem.



Fonte: Autoria própria, 2014.

A proporção de resíduo orgânico e de poda utilizado foram os seguintes: no 1º ensaio foi utilizado cerca de 75% de matéria orgânica e 25% de poda, ou seja, uma relação de 3:1, sendo em massa 11,25 kg aproximada de matéria orgânica do RSU e 3,75 kg de resíduo de poda. Já no 2º ensaio, utilizou-se 66% de matéria orgânica do RSU e 34% de resíduos de poda, com a relação 2:1, equivalente a massa de matéria orgânica RSU de 9,90 kg e 5,10 kg de resíduo de poda.

As proporções escolhidas para o presente ensaio foram similares às utilizadas por Souza et al (2010), em que as proporções entre resíduos vegetais (repolho, beterraba, cenoura, pepino, dentre outros) e de casca de arroz foi de 1,7:1 à 3,5:1.

Monitoramento do ensaio de Compostagem

Para o acompanhamento processo de compostagem dos ensaios experimental, foram monitorados a temperatura e a umidade. A temperatura foi determinada aproximadamente duas vezes por semana, com maior frequência do que a umidade que foi determinada com frequência mensal, sendo aferida quando ocorriam mudanças significativas das condições climáticas do ambiente. Para se aferir a temperatura foi utilizado um termômetro espeto, em três aberturas em diferentes alturas no recipientes de compostagem, que consistiam nas respectivas posições: base, centro e topo das composteiras.

A umidade foi determinada em duas análises em duplicata, uma no mês de abril e no mês de maio, utilizando a metodologia proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1999).

Foram realizadas análises em laboratório dos seguintes parâmetros normalmente determinados em estudos de compostagens. Foram determinados o Carbono Orgânico, o Nitrogênio Total e o pH. As análises foram realizadas em duas datas distintas, uma no início do ensaio no dia 05 de abril de 2014 e outra ao término, previsto como condição de estabilização do processo de acordo Souza et. al (2010). Estas datas foram escolhidas para fins comparativos da condições iniciais e de possível estabilização do processo do composto gerado no experimento. As amostras foram enviadas para análise no Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de Compostagem

O ensaio de compostagem com aeração forçada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de Campo Mourão realizado nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná foi finalizado com duração total de 50 dias. Foram realizadas análises físico-químicas para determinação dos parâmetros necessários para o acompanhamento/monitoramento de experimentos do compostagem.

Nas tabelas 1, 2 são apresentados os resultados obtidos para o aferimento da temperatura nos dois ensaios de compostagem realizados nas três posições dos recipientes de compostagem.

Tabela 1: Temperaturas equivalentes ao Ensaio de número 1

Dia	Temperatura (°C) do 1o Ensaio		
	Base	Meio	Topo
07/04/2014	-	-	33,4
10/04/2014	43,5	48,2	28,5
15/04/2014	26,8	42,5	31,6
23/04/2014	23,2	21,9	21,0
08/05/2014	29,3	33,5	30,3
13/05/2014	25,1	23,4	21,2
20/05/2014	23,1	24,3	21,1
29/05/2014	16,1	14,3	13,4

Fonte: Autoria Própria, 2014.

Tabela 2: Temperaturas equivalentes ao Ensaio de número 2

Dia	Temperatura (°C) do 2o Ensaio		
	Base	Meio	Topo
07/04/2014	-	-	33,1
10/04/2014	31,6	42,5	26,8
15/04/2014	43,5	48,2	28,5
23/04/2014	21,4	21,6	23,8
08/05/2014	27,3	33,9	30,0
13/05/2014	22,9	23,5	28,3
20/05/2014	21,7	24,3	23,6
29/05/2014	15,4	14,0	14,1

Fonte: Autoria Própria, 2014.

Como observado as tabela 2 e 2, as temperaturas nos dois ensaios realizados iniciaram com valores maiores que a temperatura ambiente e apresentou uma significativa queda após duas semanas. As temperaturas máximas obtidas para ambos os ensaios 1 e 2 foram de 48,2 °C no termômetro do meio do recipiente. Já no termômetro da base, a temperatura máxima obtida foi de 43,5 °C.

Em comparação ao trabalho de Souza et al (2010), foi possível se obter resultados similares, sendo que no mesmo, foi obtido valores máximos próximos a 40°C, e valores mínimos em torno de 20°C.

De acordo com Oliveira et al (2008), quando as temperaturas estão superiores a 40o C, há a predominância de microrganismos termofílicos, sendo estes responsáveis por atuar na decomposição acelerada da matéria orgânica.

Como observado, após duas semana de experimento verifica-se que a temperatura oscilou entre 21,6 °C e 33,9 nas três posições dos dois ensaios de compostagem. De acordo com Antônio e Damião (1993) o desenvolvimento da temperatura está relacionado a vários fatores, como, materiais ricos em proteínas, baixa relação Carbono/Nitrogênio, umidade, tamanho dos materiais utilizados. Para uma melhor decomposição dos materiais dos resíduos sólidos orgânicos no processo de compostagem é indicado o peneiramento ou trituração do material de forma a garantir uma granulometria mais fina.

Em análise visual durante os ensaios de compostagem, verificou-se que o material da compostagem não estava desagregado, resultando em tamanho de partículas de dimensões maiores que 4 cm, dificultando, assim, a decomposição dos materiais. O tamanho da partícula recomendado pela literatura é entre 1 e 4 cm. Como consequência do controle da granulometria recomendada, o resultado pode ser aobtenção de massa mais homogênea, melhor porosidade e menor compactação (McKINNEY , 1962 e PEREIRA NETO , 1996 apud PIRES, 2011).

De acordo com Pires (2011), quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana e maior é a área superficial em contato com o oxigênio, o que leva então ao aumento das reações bioquímicas.

Na tabela 3 são apresentados os valores obtidos para a concentração de carbono total, nitrogênio total, relação carbono/nitrogênio e pH. Estes parâmetros analisados são importantes para acompanhamento e monitoramento do processo de compostagem e do composto resultante. Os valores nas condições iniciais do processo de compostagem as amostras são indicadas como 1A e 2A para os ensaios 1 e 2, respectivamente. Para a condição final, após 50 dias do início do processo, as amostras são indicadas como 1B e 2B para os ensaios 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 3: Resultado da Análise Laboratorial das amostras.**

Amostras	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	Relação C:N	pH
1 ^a	49,73	0,96	51,8:1	6,69
1B	50,40	1,29	39,7:1	7,14
2 ^a	50,92	1,00	50,9:1	7,02
2B	49,04	1,24	39,5:1	8,06

Fonte: Autoria Própria, 2014.

O resultados obtidos neste trabalho pôde ser comparado ao trabalho desenvolvido por Souza et al (2010). Foi possível verificar que os valores iniciais da relação Carbono Nitrogênio (C/N) apresentaram-se similares, sendo que para o presente trabalho os valores de relação Carbono/Nitrogênio obtidos foram de 50,92:1 e 51,80:1 para os ensaios 1 e 2, respectivamente. No trabalho de Souza et al (2010), esta relação variou entre 47,8:1 e 72,9:1.

Os resultados encontrados para a condição final de estabilização do processo de compostagem para o presente trabalho apresentaram valores da relação carbono/nitrogênio de 39,7:1 e 39,5:1 para as amostras 1 e 2, respectivamente. Para comparação da condição final do processo de compostagem utilizado como referência o tratamento 5 realizado por Souza et al (2010). A duração total do ensaio deste tratamento 5 foi de 52 dias. Esta duração foi determinada considerando a variação pH como condição de indicação da estabilização do processo. No presente trabalho considerou-se o prazo total de estabilização de 50 dias, tendo em vista que as relações C/N iniciais e finais encontraram-se com valores similares aos obtidos por Souza et al (2010). Para uma melhor adequação nas relações de Carbono/Nitrogênio Souza et al (2010) acrescentou ureia de forma a adequar a relação Carbono/Nitrogênio a valores mais próximo de 10:1 conforme indicado por Bidone e Povinelli (1999).

As condições iniciais encontrados neste trabalho para a relação carbono / nitrogênio encontravam-se superior à 50:1. Estes valores indicam que teor de carbono em relação ao de nitrogênio estava muito elevado, isto pode ter ocorrido devido ao excesso de resíduos da poda. De acordo com Valente et al (2009),



mesmo que exista uma grande demanda de carbono, a carência de nitrogênio é totalmente limitante no processo, pois, o mesmo é essencial para o crescimento e reprodução dos microrganismos.

Apesar dos valores elevados da relação carbono/nitrogênio encontrados no início do processo, verifica-se que no prazo de 50 dias estabelecido para finalização do processo houve uma queda de 20% na quantidade de carbono nos experimentos 1 e 2. Supõe-se que para uma estabilização do processo seria necessário a disponibilidade de uma maior concentração de nitrogênio, que poderia ser realizada pela adição de ureia e ainda pelo alongamento na duração do processo em mais alguns dias de forma a permitir a melhor estabilização. Estes cuidados poderiam permitir que a relação de carbono/nitrogênio se aproxime da condição adequada para o produto final da compostagem, chegando a uma relação Carbono/Nitrogênio de 10:1, de acordo com Kiehl (1998) apud Oliveira et al (2008).

Outro parâmetro acompanhado ocasionalmente durante o processo de compostagem foi a umidade do material. Segundo Reis et al (2004) e Ferreira et al (2012) a umidade propícia para a decomposição da matéria orgânica é de aproximadamente 55%. Na tabela 6 são apresentados os resultados encontrados para a umidade em dois ensaios realizados.

Tabela 4: Valores referente a Umidade

Dia	Umid. 1º Ensaio (%)	Umid. 2º Ensaio (%)
19/04/2014	46	51
17/05/2014	54	62

Fonte: Autoria Própria, 2014.

Os valores de umidade encontrados variaram de 46% à 62%, ficando próximo do padrão recomendado por Reis et al (2004), que estabelece valores maiores que 40% e menores que 60%, indicando que a umidade de 55% é a condição preferencial. No trabalho realizado por Souza et al (2010), foi utilizado materiais ricos em carbono e com baixo teor de umidade, como a casca de arroz e a serragem de madeira para se manter a umidade dentro dos valores ideais.

CONCLUSÕES

A compostagem dos resíduos sólidos urbanos é recomendada como forma de tratamento adequado destes resíduos. Com o intuito de apresentar uma forma de acelerar e facilitar o controle do processo de compostagem foi proposto para este trabalho o desenvolvimento de uma instalação um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbanos.

Este sistema foi desenvolvido e montado nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão. Os ensaios foram realizados buscando o monitoramento das variáveis necessárias para o acompanhamento do processo.

No monitoramento e avaliação dos dois ensaios realizados permitiu identificar que para o processo de compostagem desenvolva de forma adequada e eficiente é necessário um acompanhamento constante dos parâmetros indicativos da estabilidade do processo, com temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio, pH. Pois, as oscilações destas variáveis que são indicativos do metabolismo do processo. Outras variáveis que interferem no metabolismo são as condições ambientais e a tipologia de resíduos utilizados nos ensaios.

Um fator que dificulta a aplicação da técnica de compostagem em grande escala pelos municípios, como observado, é a segregação dos resíduos sólidos urbanos. Esta dificuldade foi verificada neste trabalho mesmo pequena escala, em função do difícil manejo no processo de segregação, tanto na geração dos resíduos nos domicílios como em processo de triagem.

O presente trabalho não tem o intuito de se avaliar o uso do composto final gerado para fins agronômicos (adubo orgânico, como exemplo). Os testes pilotos permitiram elencar as dificuldades existentes durante um processo de compostagem. Desta forma esta proposta de sistema piloto teve seus pontos positivos e negativos indicados de forma a permitir as adequações necessárias para realização de futuros trabalhos. Para a adequação do experimento pode se citar algumas sugestões, como, acréscimo de um material que possa melhor a relação



Carbono/Nitrogênio inicial, como por exemplo, a ureia, utilizada por Souza et al (2010) em seu experimento. Para aprimoramento do sistema de compostagem de aeração forçada pode ser desenvolvido também um sistema que combine, além da aeração forçada, um sistema de monitoramento automático, tanto para temperatura, como para o controle da vazão de ar, fatores não tratados de forma adequada no presente trabalho.

REFERÊNCIA

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil** – 2013. São Paulo –SP, 2013. 114 f.

ANTÔNIO, Nogueira Wanderley; DAMIÃO, Costa Devens. **Variação da Temperatura na Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos**. Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 1993.

BIDONE, Francisco Ricardo A.; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. 1ª ed. São Paulo: EESC-USP, 1999.

BRASIL, Lei nº 12.305. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Planalto da Presidência da República. Brasília, 02 de Agosto de 2010.

FERREIRA, Aline G.; BORBA, Silvia Naiara de S.; WIZNIEWSKY, José Geraldo. **A Prática da Compostagem para Adução Orgânica pelos Agricultores Familiares de Santa Rosa/ RS**. In: I Congresso Internacional de Direito Ambiental e Ecologia Política – III Seminário Ecologia Política e Direito na América Latina, 2012, Santa Maria – RS.

KNEER, F. X. **Procedimentos gerais para o processo KNEER**. Apostila do autor. Blauberger, Alemanha: Agosto, 1978.

Manual Prático de Compostagem. Prefeitura Municipal de Garibaldi, Garibaldi – RS, Abril de 2011.

OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida de; SARTORI, Raul Henrique; Garcez, Tiago B. **Compostagem**. Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2008.

PIRES, Adriano Borges. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental – Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, 2011.

REIS, M.F.P., ESCOSTEGUY, P.V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, 2004.



SOUZA, André L. K.; et al. **Compostagem com aeração forçada como alternativa de aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria conserveira.** Revista Brasileira de Agrociência. V. 16, n. 1-4, p. 69-75. Pelotas – RS, 2010.

STANDARD METHODS. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 1999.

VALENTE, B. S; et al. **Fatores que afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos.** Revista Arch. Zootec, vol. 58, p. 27, 2009.