

COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE COMPOSTAGEM CONVENCIONAL E MECANIZADA NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE RÚMEN BOVINO

Comparison between conventional and mechanized composting process in bovine rumen and waste treatment

Priscila Ribeiro dos Santos

Engenheira Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente.

E-mail: pri-rs@hotmail.com

Marcela de Felício Moreira

Engenheira Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente.

E-mail: mah.fmoreira@gmail.com

Maria Cristina Rizk

Professor Assistente Doutor, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente.

E-mail: crisrizk@fct.unesp.br

RESUMO

A agroindústria brasileira apresenta grande potencialidade na produção de alimentos, especialmente no ramo da carne bovina, levando ao aumento da geração de resíduos sólidos, como o resíduo ruminal. Tal resíduo é gerado em grandes proporções durante os processos de abate de bovinos, podendo ocasionar contaminação, degradação ambiental ou ainda danos à saúde pública, quando não tratado. Fato que justifica o estudo de práticas de reciclagem, como a compostagem. No desenvolvimento deste trabalho foi realizado o processo de compostagem para tratamento do resíduo ruminal bovino gerado num frigorífico, utilizando-se o sistema convencional de leira aerada por revolvimento manual e o sistema mecanizado de reator acoplado a um compressor, permitindo a aeração do sistema. Para o ajuste inicial dos parâmetros da compostagem, foi incorporado o resíduo de casca de café. Os parâmetros determinados no monitoramento do processo de compostagem foram: pH, umidade, carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N. Pelas análises realizadas durante o monitoramento de ambos os sistemas, notou-se que o pH se manteve alcalino e apresentou apenas pequenas variações; a umidade apresentou-se elevada no início dos estudos; ocorreram variações significativas nas concentrações de nitrogênio; as reduções de carbono orgânico não se apresentaram elevadas; e, ainda, os compostos finais produzidos mostraram-se adequados para serem utilizados como adubo orgânico. Quanto as principais diferenças dos sistemas mecânico e convencional, verificou-se que a leira teve maior redução de carbono orgânico ao longo do tratamento e menor relação C/N final quando comparada ao reator.

Palavras-chave: resíduo ruminal; compostagem; leira aerada; reator; adubo orgânico.

ABSTRACT

The Brazilian agroindustry has a high potentiality in food production, especially in the segment of bovine meat, which leads to the increase of solid residues generation, like the ruminal residue. This residue is generated in large proportions during the bovine slaughter process, and it can lead to environmental degradation and contamination, or even damage to the public health, when not treated. Fact that justify studying practices of recycling, like composting. In the development of this work it was done the process of composting to the treatment of the ruminal residue produced in a slaughterhouse, using the conventional system of aerated pile through manual mixing and the mechanized system of reactor coupled to a compressor, enabling the aeration of the system. For the initial adjustment of the composting parameters, it was incorporated the residue of coffee husks. The parameters determined during the monitoring of the composting process were: pH, moisture, organic carbon, and nitrogen C/N ratio. With the analyses obtained during the monitoring of both systems, it was noticed that the pH kept on alkaline levels with small variations; the moisture was high at the beginning of the study; there were significant variations in nitrogen concentrations; the decrease of organic carbon was not high; besides that, both composts produced were appropriate to be used as organic compost. The main differences in conventional and mechanized systems were that the pile had a better reduction of organic carbon during the process and a lower final C/N ratio when compared to the reactor.

Keywords: ruminal residue; composting; aerated pile; reactor; organic compost.

INTRODUÇÃO

O segmento industrial da cadeia produtiva de carne bovina contribui sistematicamente para a geração de grandes quantidades de resíduos líquidos e sólidos, produzidos desde a extração da matéria-prima até as etapas do processo industrial, como o resíduo ruminal bovino.

Este resíduo é um dos resíduos gerados em matadouros frigoríficos de bovinos que requer especial atenção no que se refere ao seu gerenciamento, devido à elevada umidade do material e a dificuldade de destino do mesmo (ROSA, 2009).

De acordo com Ferreira (1997) *apud* Morales (2006), o resíduo 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.

Segundo Zimmermann e Eggersglüß (1986) *apud* Tritt e Schuchardt (1992), o conteúdo ruminal não tratado deve ser considerado como um risco epidemiológico, já que pode conter raros tipos de salmonela, assim como bactérias, vírus e parasitas em números alarmantes, do ponto de vista epidemiológico. E ainda a destinação inadequada de tal resíduo, sem que se conheçam suas características agrônômicas, pode levar a alterações das características dos solos e a outras degradações ambientais (TRAUTMANN-MACHADO *et al.*, 2009).

Sua composição é basicamente de forrageiras (capim) parcialmente digeridas, utilizadas na alimentação animal, e ainda sal mineral, fornecido como complemento alimentar aos animais. Assim, por ser material basicamente orgânico, é passível de ser tratado por meio de processos como a compostagem.

Já a casca de café é basicamente um resíduo vegetal lignocelulósico 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).

Fernandes e Silva (1999) relatam os resíduos vegetais como os mais importantes resíduos estruturantes utilizados na compostagem, e dentre eles está a casca de café, com as funções de conferir integridade estrutural à mistura a ser compostada, absorver o excesso de umidade e ainda equilibrar a relação C/N da mistura.

A compostagem consiste num processo biológico de decomposição controlada da fração orgânica biodegradável contida nos resíduos, caracterizando-se pela produção de CO₂, vapor de água, liberação de substâncias minerais e formação de um composto orgânico estável denominado húmus (SOUZA, 2005; BERNAL *et al.*, 1998). Assim, ela permite a agregação de valor devido à transformação de resíduos potencialmente poluidores em composto orgânico e ainda contribui para um saneamento eficaz.

Este processo é desenvolvido por uma colônia de microrganismos, o qual é afetado por qualquer fator que atinja a atividade microbológica, dentre estes fatores, os mais importantes são: aeração, temperatura, teor de umidade, concentração de nutrientes e pH (VERAS e POVINELLI, 2004; COSTA, 2005).

O processo de compostagem pode ocorrer por dois métodos: método natural – a fração orgânica é disposta em pilhas (leiras) de formato variável. A aeração é conseguida por revolvimentos periódicos, com o auxílio de equipamentos apropriados. O tempo para que o processo de complete varia de três a quatro meses, e, método acelerado – a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas de resíduos em reatores, dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. O tempo total de compostagem varia de dois a três meses (D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Dos métodos de compostagem apresentados, o de leiras revolvidas é o mais simples e se dá geralmente ao ar livre. Elas se caracterizam principalmente pelo baixo investimento inicial, simplicidade de operação, uso de equipamentos simples, e possibilidade de rápida diminuição do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento; porém o efeito do revolvimento é limitado (FERNANDES e SILVA, 1999).

Já a compostagem realizada em reatores, oferece a possibilidade de maior controle sobre todos os fatores importantes para o processo e menor influência dos fatores climáticos. Além disso, devido à homogeneidade do meio, inclusive com relação à temperatura, a compostagem em reatores também é tida como mais eficiente no controle dos patógenos. Outra característica desta alternativa é a maior facilidade para controlar odores, pois o sistema é fechado e a aeração controlada (FERNANDES e SILVA, 1999).

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo estudar o processo de compostagem para o tratamento de rúmen bovino, utilizando-se os métodos manual e mecanizado, a fim de se conhecer a qualidade do composto produzido em cada um dos tratamentos.

MATERIAIS 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, as cascas de café em sacos de aproximadamente 25 kg e encaminhados para o local de tratamento.

Compostagem convencional

O sistema de compostagem convencional foi realizado numa leira com 175 quilos de resíduos, que foram dispostos em camadas. A proporção da mistura de resíduos foi de 85% de rúmen e 15% de casca de café. Essa proporção foi determinada após ensaios experimentais preliminares que variaram a porcentagem de rúmen e de casca de café, visando a adequação da mistura em termos de umidade para o início do tratamento por compostagem.

A Figura 1 apresenta uma foto do processo estudado em leira de compostagem.

A leira de compostagem foi construída sobre uma 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 foi realizada por meio de revolvimento manual 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, a leira era coberta com lona plástica a fim de evitar a penetração descontrolada de água e a perda de material.

Compostagem mecanizada

O sistema de compostagem mecanizada foi constituído por um reator aerado construído em bombona plástica de 200 litros com tampa. A aeração ocorria cinco vezes por semana, três vezes ao dia durante 15 minutos, para isso o reator possuía uma série de furos laterais por onde passavam mangueiras ligadas a um compressor de ar. Assim era possível a aeração do composto em

diversos pontos, o que permitiria uma aceleração do processo de decomposição aeróbia da matéria orgânica. Além disso, o reator possuía em sua base uma torneira plástica para a retirada do possível chorume formado durante o processo.

A Figura 2 apresenta uma foto do processo estudado em reator mecanizado.

A proporção da mistura de resíduos no reator também foi de 85% de rúmen e 15% de casca de café, totalizando 50 Kg de resíduos que foram dispostos em camadas no interior do reator.

Monitoramento dos processos

A leira e o reator foram monitorados a cada 15 dias por meio da análise de pH, umidade, carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N. As amostras foram coletadas por meio de amostragem composta.

O tempo total de tratamento do rúmen bovino incorporado à casca de café foi de 105 dias, quando se verificou a estabilização do processo.

O pH foi determinado em solução de cloreto de cálcio (CaCl_2), conforme procedimento estabelecido por Kiehl (1985) e as medidas de pH foram realizadas num pHmetro de bancada, marca HANNA – modelo HI-221.

A determinação da umidade 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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da caracterização da mistura dos resíduos de rúmen e casca de café.

O valor do pH da mistura de resíduos mostrou-se neutro, e, portanto, 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).

Quanto à umidade, pode-se observar que a mistura apresentou valor elevado de 76,1%. 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 anaerobiose (FERNANDES e SILVA, 1999). Assim, pode-se dizer que a mistura 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 (TSUTUYA *et al.*, 2002) e esse parâmetro se ajustasse rapidamente.

Kiehl (1985) considera os teores de matéria orgânica superiores a 61% como “alto nível”. Assim, as altas concentrações de matéria orgânica e carbono orgânico presentes na mistura 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 o valor encontrado (1,5%) estava dentro dessa faixa.

Como os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30/1, essa é a proporção ideal para os resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2008), e também a proporção encontrada na mistura dos resíduos estudados neste trabalho.

A Figura 3 apresenta o monitoramento do pH ao longo do processo de compostagem na leira e no reator. Verifica-se que houve uma rápida elevação de pH nos 15 primeiros dias. O pH saiu da condição de neutralidade e atingiu um valor alcalino (aproximadamente 9,5) durante o período em que predominou a fase termófila na leira e no reator.

De acordo com Fernandes e Silva (1999) a passagem para a fase termófila, fase inicial em que o material em

compostagem atinge sua temperatura máxima (> 40 °C) e é degradado mais rapidamente, é acompanhada de rápida elevação do pH que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH se mantém alcalino (7,5-9,0) durante essa fase.

Mesmo com o passar da fase termófila o pH da leira continuou apresentando elevações até os 45 dias, porém de maneira mais suave, atingindo valores próximos a 10,0. Até os 105 dias de compostagem, este parâmetro se manteve sem variações significativas finalizando o tratamento na leira com valor de pH 9,7.

Por sua vez, o reator apresentou certa estabilidade nos seus valores de pH desde os 15 dias de compostagem, permanecendo todos os resultados numa faixa entre 8,9 e 9,6.

Estudando a compostagem com vários tipos de resíduos, incluindo a casca de café, Paiva (2008) relata que durante a maior parte do tempo de compostagem o pH se manteve alcalino com máximo de 9,0, e, ainda afirma que esse resultado pode indicar formação de gás amônia o qual pode ser perdido por volatilização. Porém, ao longo do processo de compostagem deste estudo não foram observadas quantidades baixas de nitrogênio, indicando que não houve perdas significativas desse elemento.

Com a estabilização do composto a ser produzido espera-se que o valor de pH esteja entre 8,0 e 9,0 (KIEHL, 1998). Apesar disso, o pH final de ambos os sistemas de tratamento se mostraram um pouco acima de 9,0.

A Figura 4 apresenta o monitoramento da umidade ao longo do processo de compostagem na leira e no reator.

Durante o monitoramento houve formação de chorume, com presença de larvas na leira e no reator, devido à elevada umidade dos resíduos no início do experimento. Porém, com a redução acentuada da umidade o chorume cessou durante os 10 primeiros dias. Morales (2006), também observou a formação de chorume na primeira semana de compostagem, decorrente da alta umidade do resíduo ruminal visto que as leiras foram manejadas em pátio coberto, e, portanto, ficavam protegidas da chuva.

Como observado na Figura 4 esse parâmetro sofreu reduções acentuadas, assim a leira e o reator apresentaram umidade de 48,2% e 61,4 %,

respectivamente, aos 30 dias. Ou seja, ambos já se encontravam próximos da faixa considerada ideal para desenvolvimento da compostagem, entre 40 e 60% (MARAGNO *et al.*, 2007).

Foi necessária a adição de água a leira aos 45 dias de tratamento, pois esta alcançou valor próximo de 40%. Após a adição, pôde-se observar um pico no valor de umidade e posteriormente, nova queda, requerendo assim outra intervenção na umidade. Aos 105 dias foi obtido o valor 58,0% de umidade na leira.

Por ser um sistema fechado, mais preservado das condições ambientais e climáticas, os resíduos perderam umidade mais vagarosamente no reator do que na leira, assim foi necessário o ajuste desse parâmetro (adição de água) após 60 dias de tratamento. E ao fim do tratamento o reator alcançou valor de 49% de umidade.

A Figura 5 apresenta o monitoramento do carbono orgânico na leira e reator ao longo do estudo.

No período inicial da compostagem (fase de degradação rápida) a atividade microbiana é mais intensa, assim os microrganismos termofílicos predominam e atacam as substâncias mais facilmente degradáveis, como carboidratos simples e nitrogenados solúveis. Posteriormente, a intensidade das reações químicas e a atividade microbiana diminuem, pois as substâncias de rápida degradação vão se esgotando (BRITO, 2008; FERNANDES e SILVA, 1999).

Dessa maneira, durante o início do processo de compostagem (fase termofílica) na leira, houve a redução mais acentuada de carbono partindo de valores próximos a 49 e atingindo 45,5%. Em seguida, notaram-se reduções mais suaves de carbono ao longo da compostagem, e ao fim do processo, o valor de carbono orgânico da leira foi de 39,1%.

Da mesma forma que na leira, o reator apresentou reduções muito suaves de carbono orgânico ao longo do processo de compostagem, e praticamente nula nos primeiros 15 dias. Em sistemas mecanizados, a umidade superior a 65% pode causar aglomeração do material em compostagem e, assim, restringir a injeção do fluxo de ar pela massa (SWEETEN e AUVERMANN, 2008). Portanto, essa estabilidade inicial do carbono orgânico do reator pode ser explicada pela falta de oxigênio no sistema, já que nos primeiros 15 dias a umidade manteve-se superior a 65%.

Ao fim do processo, o reator apresentava valor superior de carbono orgânico do que aquele apresentado pela leira, sendo de 43,5 %.

Resíduos com grande teor de celulose e lignina podem influenciar na velocidade de compostagem e nas características físicas e químicas do produto obtido (BRITO, 2008). Portanto, a redução lenta e baixa de carbono tanto no método manual, quanto no método mecanizado, pode ser devido aos elevados teores de celulose e lignina do rúmen e da casca de café.

No estudo de compostagem de rúmen de Morales (2006), é possível observar que a redução de carbono orgânico do resíduo ao fim do processo (105 dias) foi de 7%, já o presente estudo teve uma redução de aproximadamente 10% na leira e 6% no reator.

O monitoramento do nitrogênio na leira e no reator pode ser visto na Figura 6.

A leira apresentou diminuição no teor de nitrogênio aos 15 dias, variando de 1,5 para 1,2%. Após isto, a quantidade de nitrogênio sofreu pequenos acréscimos durante o tratamento, exceto entre 60 e 75 dias que permaneceu estável em 1,6%. Próximo ao fim do tratamento, entre 90 e 105 dias, notou-se os maiores valores de nitrogênio na leira, atingindo 2,4%.

Já o reator apresentou certa estabilidade em suas concentrações de nitrogênio nos primeiros 45 dias. Até os 75 dias, houve quedas na quantidade de nitrogênio, chegando a valores abaixo de 1%. Porém, próximo ao final do processo de compostagem, os teores de nitrogênio começaram a aumentar chegando ao valor de 2%, comportamento semelhante ao ocorrido na leira.

De acordo com Veras e Povinelli (2004), o nitrogênio pode apresentar maior variabilidade em seu conteúdo quando comparado a outros nutrientes como fósforo e potássio. É o elemento que mais facilmente se perde por volatilização, e aumentos também podem ocorrer pela conversão por organismos especializados, do N₂ gasoso em compostos utilizáveis. Apesar da variabilidade nas concentrações de nitrogênio, não foram percebidas perdas significativas a ponto de se gerar prejuízos à compostagem.

Ainda segundo Veras e Povinelli (2004), a presença de água ajuda na retenção da amônia (NH₃), pois esse gás combinando-se com a água, produz o elemento químico hidróxido de amônio ou amoníaco. E como observado à umidade manteve-se alta na maior parte do processo.

O monitoramento da relação C/N da leira e do reator pode ser visto na Figura 7.

Os microrganismos necessitam de nutrientes para seu crescimento, prioritariamente de carbono, que serve como fonte de energia para a oxidação metabólica; e nitrogênio, essencial na síntese de proteínas, ácidos nucléicos, aminoácidos e enzimas (SILVA *et al.*, 2003).

A leira teve um pequeno aumento na sua relação C/N aos 15 dias de tratamento, atingindo seu valor mais alto de 36,8/1. Após esse dia, a relação começou a reduzir lentamente, e aos 60 dias uma maior redução pôde ser notada. A relação C/N da leira aos 105 dias de tratamento foi de 16,7/1. Na fase de bioestabilização ou sem cura, a relação C/N do composto deve ser de 18/1 ou mais estreita (SILVA, 2008). Logo, o valor obtido se encontra nesta fase.

O reator apresentou leves acréscimos e reduções da relação C/N até os 45 dias de compostagem. Em seguida, aumentos consecutivos fizeram com que a relação C/N fosse de 53,7/1 aos 75 dias. Aos 90 dias, o valor reduziu drasticamente para 22,3/1. Aos 105 dias de tratamento, a relação permaneceu praticamente constante de 21,5/1.

Apesar da relação C/N no início da compostagem estar entre 30 e 40/1, considerada uma faixa ideal para Pereira Neto e Mesquita (1992), a relação C/N da leira e do reator variou muito ao longo dos 105 dias do processo. Ainda assim, os valores da relação C/N atingidos por ambos os sistemas estão bem próximos (reator) e dentro da faixa considerada ideal (leira) para o fim da compostagem.

CONCLUSÕES

Após a realização deste estudo, 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, a degradação do carbono orgânico não foi tão eficiente como esperado, mesmo com a microbiota natural favorável ao processo.

Em relação à adoção do sistema manual e mecanizado, verificou-se que não houve diferenças significativas nos resultados ao longo do monitoramento do processo. Como pode ser notado em ambos os sistemas o pH se manteve alcalino durante praticamente toda a compostagem; a umidade apresentou quedas significativas ao longo do processo, e assim, houve a necessidade de ajustes neste parâmetro; o carbono orgânico foi degradado de maneira suave e lenta,

A Tabela 2 apresenta os valores dos compostos produzidos na leira e no reator, bem como os parâmetros estabelecidos no Anexo III da Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que estabelece as especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos (BRASIL, 2009).

O pH estabelecido pela Instrução Normativa deve ser no mínimo 6,0. Tanto na leira como no reator, os valores obtidos foram em torno de 9, estando assim dentro do estabelecido.

O valor final de umidade da leira se apresentou acima dos valores estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009, que determina valor máximo de 50%. Porém, como percebido no estudo, o resíduo pode perder sua umidade facilmente atingindo valores menores que o padrão. No reator a umidade de 49,0% estava adequada.

A Instrução Normativa nº 25/2009, estabelece que o parâmetro carbono orgânico seja no mínimo 15%, com isso, verifica-se que a leira e reator estão em acordo com a normativa.

Quanto aos valores de nitrogênio, estes também se encontram em acordo (mínimo de 0,5%).

Com relação ao parâmetro C/N, a leira atingiu valor inferior (16,7/1) ao máximo estabelecido (20/1), entrando em conformidade com a norma. O valor de C/N obtido no reator está próximo a esse limite, podendo atingir o limite desejável em pouco tempo.

porém a leira apresentou uma degradação um pouco maior do que a do reator; o nitrogênio e a relação C/N mostraram grandes variações, mas com resultados satisfatórios ao fim do tratamento. Além disso, os sistemas mecânico e convencional produziram um produto final passível de ser usado como adubo orgânico.

Conclui-se, também, que os resultados obtidos com este estudo revelaram que os compostos produzidos pela leira e pelo reator se encontram dentro ou bem próximos dos valores estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009. Sendo que apenas os parâmetros umidade da leira e relação C/N do reator estão pouco acima do regulamentado pela norma.

Assim, o processo estudado pode ser considerado uma das alternativas para tratamento do rúmen bovino, promovendo um saneamento eficaz e viabilizando o

aproveitamento desse tipo de resíduo gerado em frigoríficos.

AGRADECIMENTOS

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

TABELAS

Tabela 1 – Caracterização da mistura dos resíduos

Parâmetros	Mistura de Resíduos: 85% Rúmen; 15% Casca de Café.
pH	7,0
Umidade (%)	76,1
Matéria Orgânica (%)	88,2
Resíduo Mineral (%)	11,8
Carbono Orgânico (%)	49,0
Nitrogênio (%)	1,5
Relação C/N	32,0

Tabela 2 – Valores finais dos compostos produzidos na leira e reator e os valores de referência da Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009

Parâmetros	Leira	Reator	I. N. n 25/2009
pH	9,7	9,6	Mín. 6
Umidade (%)	58,0	49,0	Máx. 50%
Matéria Orgânica (%)	70,3	78,3	---
Resíduo Mineral (%)	29,7	21,7	---
Carbono Orgânico (%)	39,1	43,5	Mín. 15%
Nitrogênio (%)	2,4	2,0	Mín. 0,5%
Relação C/N	16,7	21,5	Máx. 20/1

FIGURAS

Figura 1 – Compostagem convencional em leira



Figura 2 – Compostagem mecanizada em reator



Figura 3 – Monitoramento do pH na leira e reator

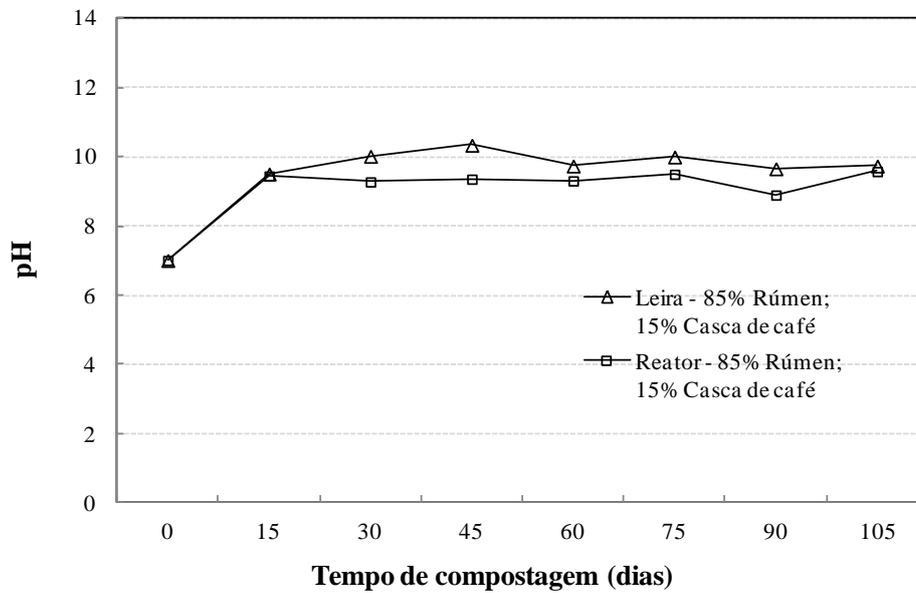


Figura 4 – Monitoramento da umidade na leira e reator

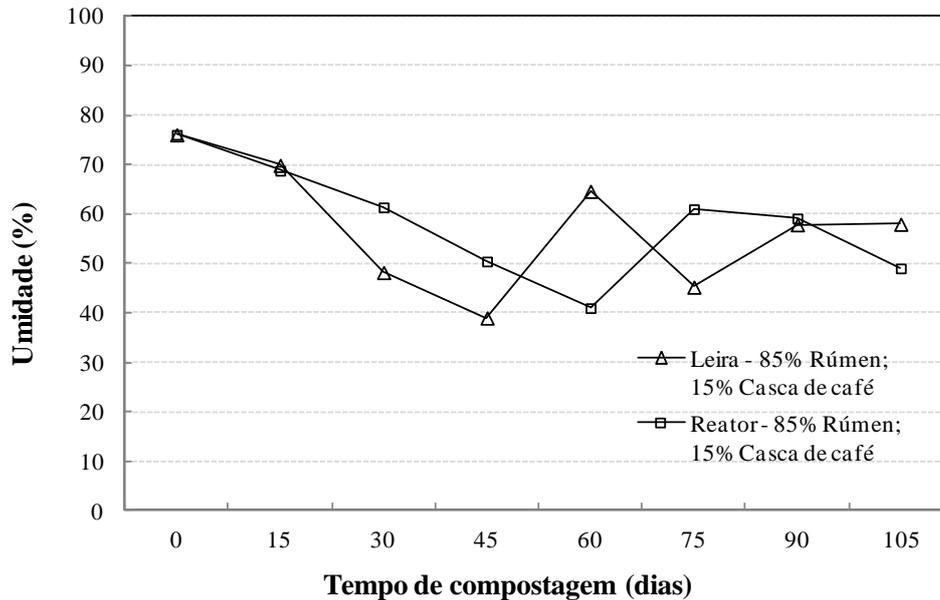


Figura 5 – Monitoramento do carbono orgânico na leira e reator

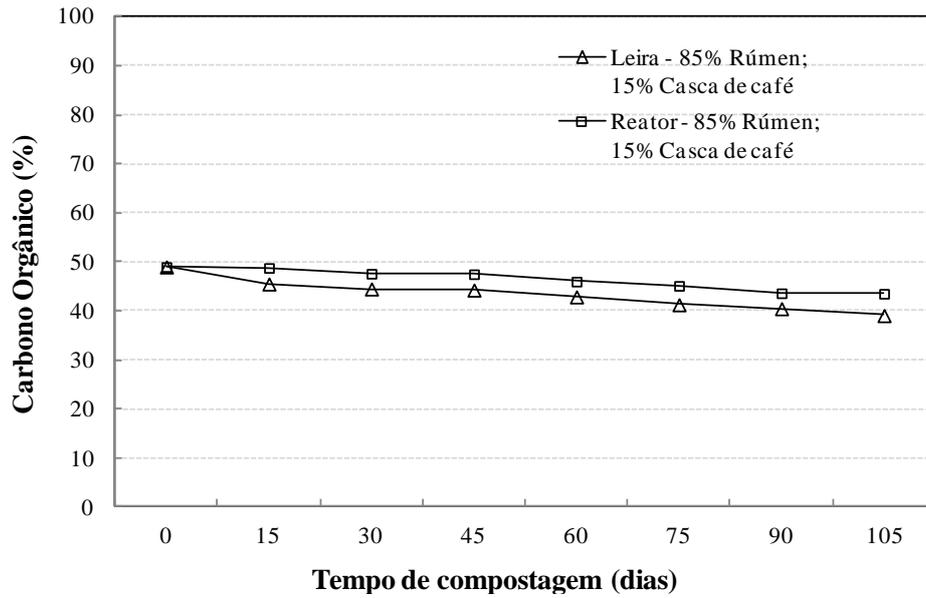


Figura 6 – Monitoramento do nitrogênio na leira e reator

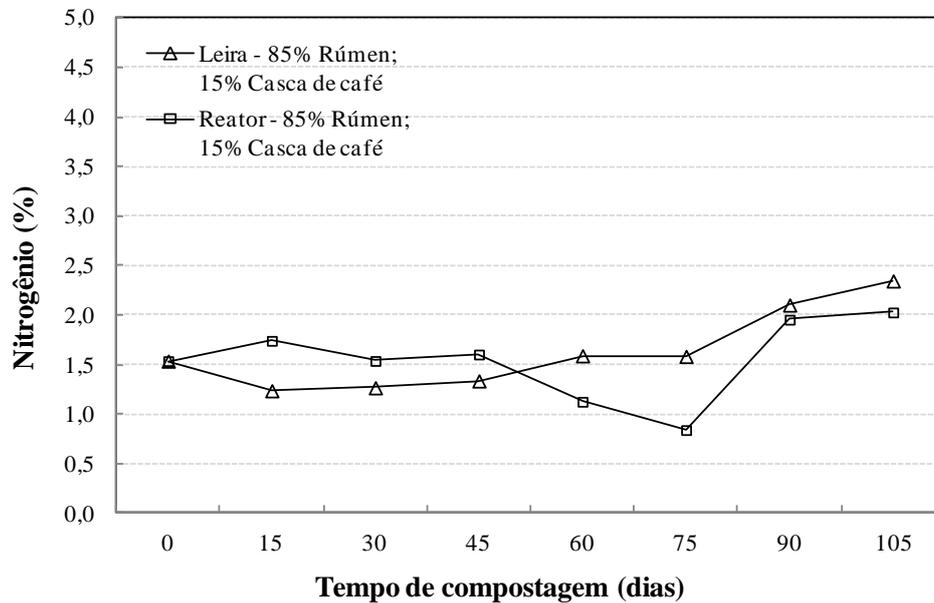
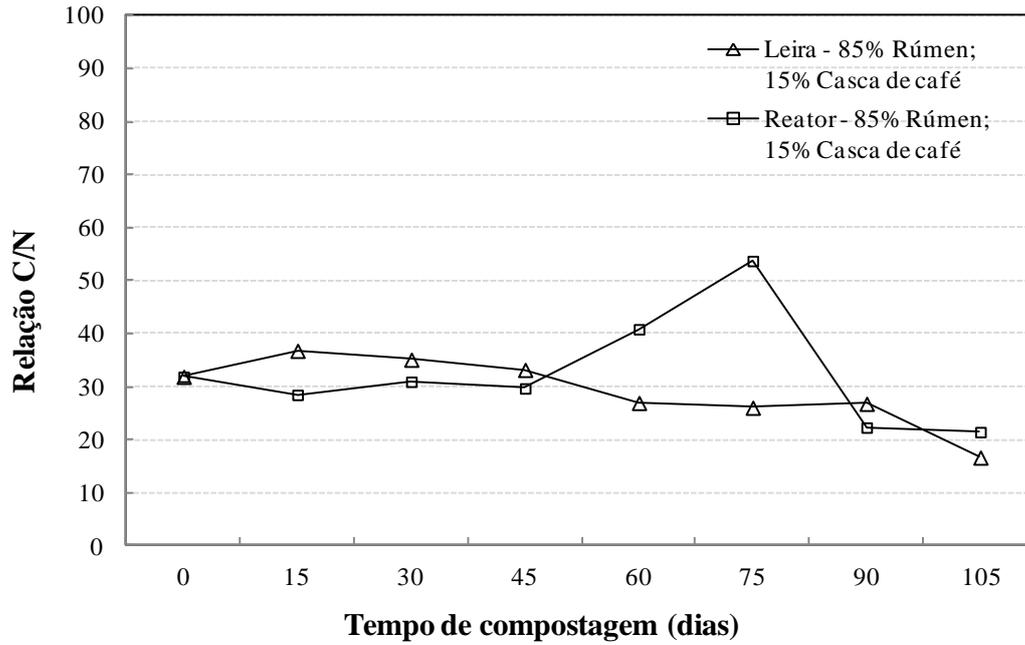


Figura 7 – Monitoramento da relação C/N na leira e reator



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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.
- 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.
- TRAUTMANN-MACHADO, R. J. ; PIERANGELI, M. A. P.; SOUSA NETO, E. L.. Caracterização do pH e da umidade do resíduo ruminal bovino de um frigorífico do vale do Guaporé. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 2., 2009, Cáceres. 2ª Jornada científica da UNEMAT... **Anais**, 2009. v. 1. p. 1-1.
- 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.
- 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.
- 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.
- SOUZA, J.A. Generalidades sobre os efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 224, p. 7-8, 2005.
- BERNAL, M. P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C., *et al.* Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 69, p. 175-189, 1998.
- VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A. Vermicompostagem do lodo das lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 9, n 3, p. 218-224, 2004.
- COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; SESTAK, M., *et al.* Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Engenharia Agrícola**, vol.25, n.2, p. 540-548, 2005.
- D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento de Resíduos.** 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.
- 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.
- PEREIRA NETO, J. T. Compostagem: fundamentos e métodos. In: Simpósio sobre compostagem: Ciência e Tecnologia, 1., 2004 – Universidade Estadual Paulista, FCA.
- TSUTUYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A. *et al.* **Biossólidos na agricultura.** 2 ed. São Paulo: ABES, 2002. p. 181-208.
- 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.
- PAIVA, E.C.R. **Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e leiras estáticas aeradas.** 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: O autor, 1998, p. 171.

MARAGNO, E.S.; TROMBIN, D.F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de mini compostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n.4, p. 355-360, 2007.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala de potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracajú, SE, Brasil.

SWEETEN, J.M.; AUVERMANN, B.W. **Composting manure and sludge**. Texas AgriLife Extension Service. E-479. 2008.

SILVA, M.C.; PINTO, F.; SILVA, E.A.; PEREIRA, M., *et al.* **Compostagem em Portugal**. Escola Superior de Biotecnologia, 2003.

SILVA, E.C.F. **Produção de composto orgânico**. 2008. 31 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho – EAFMuz, Muzambinho.

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

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.