

COMPORTAMENTO DO pH E DA TEMPERATURA DO MATERIAL DURANTE A COMPOSTAGEM DE CARÇAÇA DE FRANGO COM DIFERENTES MATERIAIS ORGÂNICOS

Ed Carlo Rosa Paiva⁽¹⁾

Professor Assistente do Departamento de Engenharia Civil da UFG, *Campus* Catalão. Doutorando em Engenharia Agrícola/ Recursos Hídricos e Ambientais – UFV.

Antonio Teixeira de Matos

Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

Tatiana Dias Ribeiro da Costa

Estudante de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFV.

Eliane Aparecida Justino

Professora Assistente do Departamento de Engenharia Civil da UFG, *Campus* Catalão.

Heber Martins de Paula

Professor Assistente do Departamento de Engenharia Civil da UFG, *Campus* Catalão.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120, Setor Universitário, Catalão/Goiás, CEP 75.704-020. Fone: (64) 3441.5325, e-mail: edcarlopaiva@yahoo.com.br

RESUMO

No presente trabalho, teve-se como objetivo monitorar o pH e a temperatura do material durante a compostagem de carcaça de frango com diferentes materiais orgânicos em sistema de leira estática aerada (LEA) e composteira. As leiras de compostagem e a composteira foram constituídas por carcaças de frango e cama-de-frango, bagaço de cana-de-açúcar e palha de café. O material orgânico foi compostado utilizando-se o método da composteira, com ênfase ao procedimento adotado na Zona da Mata Norte Mineira, e o de compostagem, em leiras estáticas com aeração forçada positiva (LEA). Inicialmente, determinou-se a relação C/N de cada material e a perda de pressão do ar ao passar pela massa em compostagem. Os experimentos apresentaram a seguinte composição: Experimento 1: Composteira: carcaças de frango inteiras, palha de café e cama de frango. Experimento 2: LEA 01: carcaças de frango inteiras, bagaço de cana-de-açúcar e cama de frango. Experimento 3: LEA 02: carcaças de frango trituradas, bagaço de cana-de-açúcar e cama de frango. Experimento 4: LEA 03: carcaças de frango trituradas, palha de café e cama de frango. A composteira foi construída com uma área e altura útil de 1,5 x 1,5 m² e 1,5 m de altura e as LEAs com cerca de 2 m de base, 1 m de altura e 3 m de comprimento. As variáveis monitoradas foram: pH, temperatura, em 3 pontos da massa (base, centro e topo), e relação C/N, sendo as temperaturas monitoradas diariamente e as demais variáveis a cada 15 dias, no material das LEAs, e a cada 20 dias, no da composteira. Os seguintes comportamentos foram observados para temperatura (T) e pH, respectivamente: Composteira: T ≥ 55 °C, primeiros 4 dias, com um pico de 82 °C (1º estágio) e picos de 71 °C (2º estágio); próximo de 7 ≤ pH ≤ 9,5; LEA 01: T ≥ 55 °C por 8 dias seguidos, alcançando durante o processo picos de 71 °C; 6 ≤ pH ≤ 9; LEA 02: maior parte do tempo com valores próximos aos 40 °C; 7 ≤ pH ≤ 9; LEA 03: primeiros 15 dias, comportamento semelhante a LEA 02, alcançando valores entre 55 a 60 °C, depois da instalação do umidificador; 6 ≤ pH ≤ 9. Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que: as temperaturas atingidas pelo material orgânico, na primeira fase, quando utilizado o Método da Composteira, foram suficientes para a eliminação das bactérias patogênicas no material; as temperaturas atingidas e mantidas nos materiais orgânicos das LEAs 01, 02 e 03 possibilitaram sua sanitização, embora nos materiais das LEA 02 e 03 tenha havido maior dificuldade em se alcançar as referidas temperaturas, o que pode ser devido ao maior ressecamento da massa pela aeração forçada, o que prejudicou a ação dos microrganismos; os altos valores de pH, associados a temperaturas elevadas, favoreceram redução na concentração de N no material orgânico, tanto no material mantido na composteira como no das leiras estáticas aeradas, entretanto, maiores reduções foram observadas nas últimas, em virtude do mais fácil carreamento da amônia das leiras pelo ar insuflado.

PALAVRAS-CHAVE: pH, temperatura, compostagem, composteira; Leiras estáticas aeradas

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial tem gerado uma proporcional demanda por alimentos, materiais e insumos. Para suprir essa demanda, tem sido gerada grande quantidade de resíduos, subprodutos da atividade humana constituindo grande problema de ordem social, econômica e ambiental. Dentre as atividades produtoras de alimentos, encontra-se a produção de frangos de corte, geradora de grande quantidade de resíduos. Nessa atividade, o Brasil é hoje um dos maiores produtores e o maior exportador de carne de frango do mundo.

A criação de frango e a produção brasileira de carne de frango crescem a cada ano e, juntamente com ela, cresce também a quantidade de resíduos gerados. Segundo dados da UBA (União Brasileira de Avicultura), o Brasil produziu cerca de 11 milhões de toneladas de frango em 2009, o que correspondeu a 15,3% da produção mundial.

Segundo a AVIZOM (Associação dos Avicultores da Zona da Mata), cada ave produz cerca de 1,4 kg de excretas, considerando o peso médio de 2 kg por ave, foram produzidos, somente em 2009, cerca de 7,7 milhões de toneladas de excretas no Brasil. A mesma associação afirma que, além da “cama de frango” (excretas mais material palhoso usado na cobertura dos pisos dos criatórios) descartada, 5 a 15% das aves morrem de causas naturais durante a criação. Na região de atuação da AVIZOM (Zona da Mata Norte de Minas Gerais), a associação informou que são abatidas, diariamente, cerca de 180.000 aves, significando uma produção diária de 252 toneladas de dejetos e 18 mil aves mortas, correspondendo uma produção anual de 75.600 toneladas de excretas e cerca de 6,48 milhões de aves mortas. Uma vez que a Instrução Normativa nº 8, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento proibiu a utilização de cama de frango como suplemento alimentar de gado e, considerando que as carcaças de aves mortas durante a fase de criação eram enterradas ou lançadas nos rios da região, a compostagem desses resíduos tem se mostrado uma excelente alternativa para o tratamento e, posterior disposição final.

GRAVES *et al.* (2000) considera a compostagem de carcaças a técnica de tratamento de custo e tecnologia mais acessível aos produtores de aves. Na compostagem, propriamente dita, está implícita a aeração do material, seja por reviramento (processo “Windrow”) ou por aeração forçada (processo de leiras estáticas aeradas). O método da composteira, que é uma variante aos processos de compostagem, entretanto, difere dos anteriores, conceitualmente, pois contempla uma fase onde se promove a aeração do material, nem por reviramento e nem a aeração forçada.

O processo de Leiras Estáticas Aeradas (LEA) vem sendo muito difundido para o tratamento de resíduos orgânicos, principalmente, lodo de esgoto doméstico, devido suas características inerentes como, baixo custo de manutenção, grande produtividade e eficiência na eliminação de patógenos AZEVEDO (1993).

A compostagem, por se tratar de um processo essencialmente biológico está condicionada a todas limitações relacionadas à atividade microbiana. Dentre os fatores que afetam a compostagem pode-se destacar a temperatura; o requerimento de oxigênio ou taxa de aeração; o conteúdo de água; os nutrientes; o tamanho da partícula e o pH. O sucesso de um sistema de compostagem, com a obtenção de um produto final, estável e sanitariamente seguro, irá depender da observação dos princípios e limites de cada fator que afeta o processo (AZEVEDO, 1993).

Embora o pH, usualmente, não seja um fator crítico na compostagem, devido ao efeito tampão da pilha ou leira de composto, sua variação é um indicativo do estágio em que se encontra o processo. Os primeiros dias da fase ativa são caracterizados por apresentar no material em compostagem um pH baixo, entre de 4 e 5. Esse decréscimo no valor do pH pode ser resultado da formação de ácidos orgânicos em zonas anaeróbias ou do acúmulo de ácidos intermediários, formados a partir da grande quantidade de material carbonáceo presente. Segundo PEREIRA NETO (2004), para a maioria das bactérias, a faixa ótima de pH está entre 6 e 7,5 e para os fungos entre 5,5 e 8,0. Ao final do processo de compostagem, o pH tende a ficar na faixa alcalina de 7,5 a 9,0. Segundo GRAVES *et al.* (2000), a faixa ideal para a atividade microbiana é de 6,5 a 8,0.

Quanto a temperatura, sua faixa de variação ao longo do processo de compostagem define, entre outras coisas, o tipo de microrganismo predominante no processo e conseqüentemente, a sua eficiência em termos agrônômicos e sanitários.

STENTIFORD *et al.* (1996), de uma maneira resumida, considera que temperaturas superiores a 55 °C, por no mínimo três dias, são suficientes para sanitizar o composto, enquanto que a degradação máxima ocorre entre 45 °C e 55 °C e máxima diversidade microbiana ocorre para temperaturas entre 35 °C e 40 °C.

No presente trabalho, teve-se como objetivo monitorar o pH e a temperatura do material durante a compostagem de carcaça de frango com diferentes materiais orgânicos em sistema de leira estática aerada (LEA) e composteira.

MATERIAIS E MÉTODOS

As leiras de compostagem foram constituídas por carcaças de frango e cama-de-frango, bagaço de cana-de-açúcar e palha de café. As carcaças e camas de frango foram obtidas de granjas integradas à agroindústria da região da Zona da Mata Mineira. O bagaço de cana-de-açúcar e a palha de café foram obtidos em fazendas localizadas no Município de Paula Cândido, Minas Gerais.

O material orgânico foi compostado utilizando-se o método da composteira (COMPOST), com ênfase ao procedimento adotado na Zona da Mata Norte Mineira, e o de compostagem, em leiras estáticas com aeração forçada positiva (LEA). Inicialmente, determinou-se a relação C/N de cada material e a perda de pressão do ar ao passar pela massa em compostagem. Depois disso, foram montados e monitorados os experimentos com a seguinte composição: Experimento

1: Composteira: carcaças de frango inteiras, palha de café e cama de frango, Experimento 2: LEA 01: carcaças de frango inteiras, bagaço de cana-de-açúcar e cama de frango, Experimento 3: LEA 02: carcaças de frango trituradas, bagaço de cana-de-açúcar e cama de frango, Experimento 4: LEA 03: carcaças de frango trituradas, palha de café e cama de frango. A composteira foi construída com uma área e altura útil de 1,5 x 1,5 m² e 1,5 m de altura e as LEAs com aproximadamente, 2 m de base, 1 m de altura e 3 m de comprimento. As variáveis monitoradas foram: pH, temperatura, em 3 pontos da massa (base, centro e topo), e relação C/N, sendo as temperaturas monitoradas diariamente e as demais variáveis a cada 15 dias, no material das LEAs, e a cada 20 dias, no da composteira. O pH foi medido utilizando-se peagâmetro; a temperatura utilizando-se um sistema termômetro-termopar; o carbono orgânico facilmente oxidável (CFO) foi quantificado utilizando-se o método de Walkley-Black; e o nitrogênio total utilizando-se o método Kjeldahl. A determinação da CTC e fósforo seguiram as recomendações de HARADA & INOKO (1980) e EMBRAPA (1997), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos da temperatura do material orgânico em função do tempo, nos experimentos estudados.

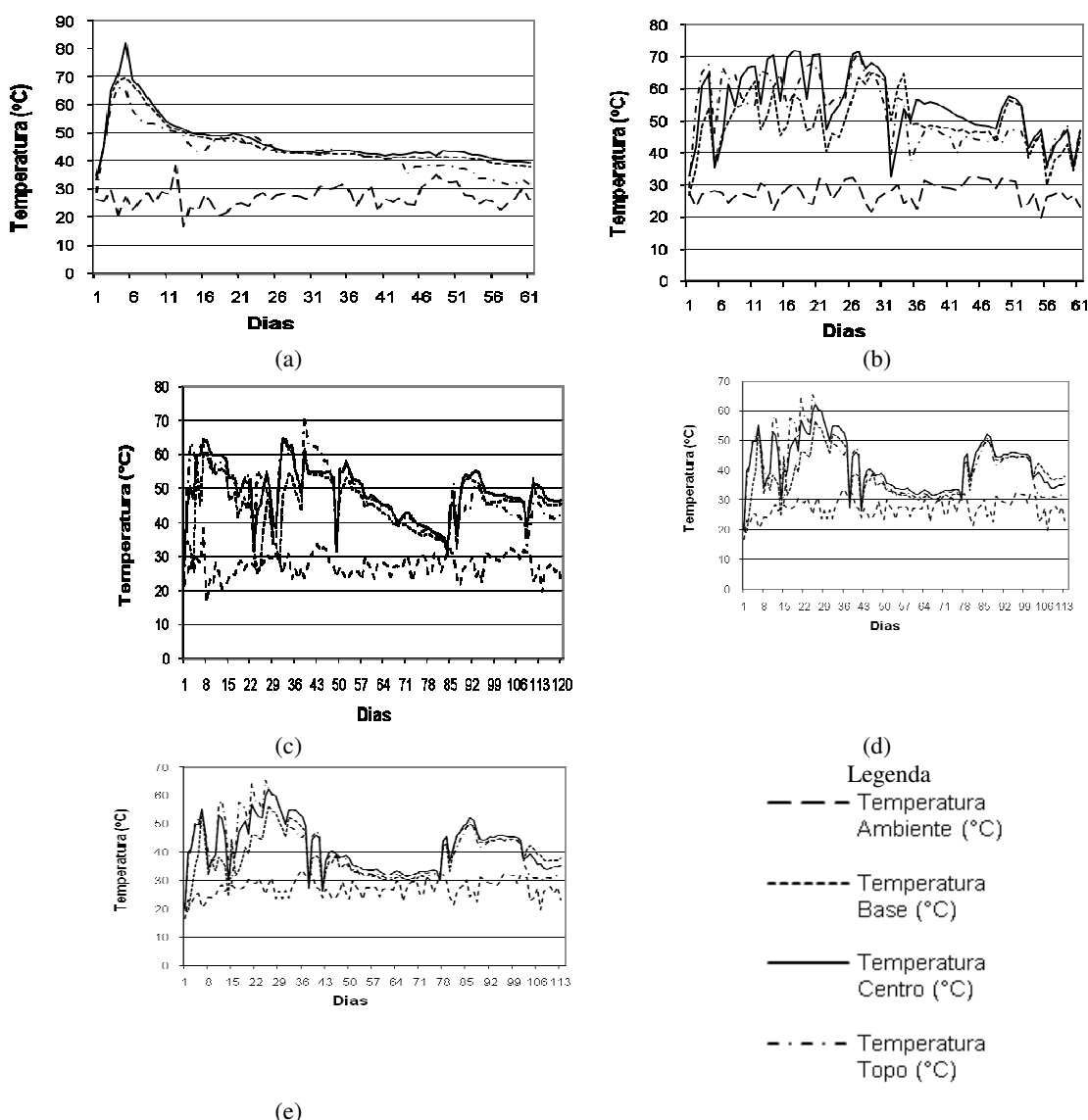


Figura 1. Variação na temperatura em função do tempo. Composteira; (a) 1º período (b) 2º período, (c) LEA 01, (d) LEA 02 e (e) LEA 03.

Como pode ser observado, no primeiro estágio da composteira (Figura 4a), a temperatura atingiu 60 °C já no segundo dia após o fechamento da composteira, alcançando-se um pico de 82 °C, no centro da pilha, no 4º dia do início da compostagem e se manteve acima de 55 °C em todos os pontos monitorados, por quatro dias. A partir daí, a temperatura apresentou tendência de decréscimo, o que pode estar relacionado às condições iniciais favoráveis (conteúdo de água adequado e grande disponibilidade de substratos de fácil degradação) para a ação dos microrganismos. Em seguida, o decréscimo na temperatura ocorreu de forma diferenciada, como consequência da redução no conteúdo de água e do oxigênio, bem como das condições de contorno distintas nos três pontos monitorados. Ao final dos 60 dias, fim do 1º estágio, observou-se que a temperatura da massa, nas três profundidades monitoradas, se manteve praticamente uniforme, apresentando tendência de entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente.

Mukhtar *et al.* (2004) relataram que a temperatura máxima citada em trabalhos apresentados na literatura para material orgânico submetido a esse tipo de processo está em torno, de 71 °C e que em pilhas de compostagem nas quais a temperatura ficou acima de 65 °C, a atividade microbiana foi diminuída, enquanto acima de 71 °C foi interrompida. Esse fato pode explicar o decréscimo brusco na temperatura, após ser atingido o pico de 82 °C. COSTA *et al.* (2006), avaliando quatro sistemas de compostagem, observaram temperaturas máximas em torno de 60 °C, no primeiro estágio.

A temperatura do material mantido na composteira, em todos os pontos monitorados, ficou acima de 55 °C, embora isso tenha ocorrido por apenas quatro dias, enquanto que MUKHTAR *et al.* (2004) relataram que a maioria dos pesquisadores acredita que essa temperatura deva permanecer na faixa de 55 °C a 60 °C, em todo material orgânico em compostagem, por uma a duas semanas, para que haja adequada higienização do material. A permanência da temperatura nessa faixa, por tão pouco tempo, pode ser devido ao baixo conteúdo de água do material, durante o processo, uma vez que, procurando-se repetir os mesmos procedimentos recomendados aos avicultores, pela agroindústria da região, não foi verificado se o conteúdo inicial de água encontrava-se dentro da faixa recomendada pela literatura, que deve ser entre 40 e 60 dag kg⁻¹. Mukhtar *et al.* (2004) recomendam que, para eliminação adequada de patógenos, a temperatura no centro da pilha de material deva alcançar e se manter em torno de 65 °C por um período de um a três dias. O fato de a temperatura no centro da pilha ter permanecido acima de 65 °C por cinco dias pode ter contribuído para adequada eliminação dos patógenos monitorados no 1º estágio de degradação. O comportamento da temperatura no segundo estágio (reviramento), apresentado na Figura 4, (b), mostrou que foram alcançados picos de 71 °C.

O comportamento da temperatura no material constituinte das leiras estáticas aeradas, LEA 01, LEA 02 e LEA 03 estão apresentados nas Figuras 4c, 4d e 4e, respectivamente.

As temperaturas monitoradas na LEA 01, nos primeiros 17 dias de experimento, foram, basicamente, aquelas referentes às da região onde se encontravam as carcaças em decomposição. Depois disso, houve a destruição das camadas e a mistura e homogeneização do material, além de correção periódica do conteúdo de água para valores em torno de 55 dag kg⁻¹. Dessa forma, observou-se que a temperatura do material atingiu 60 °C no sexto dia após a montagem da leira de compostagem, mantendo-se próxima ou acima de 55 °C, em todos os pontos monitorados, por oito dias. No 29º dia, a LEA 01 foi novamente aberta para a correção do conteúdo de água e implantação de um sistema de umedecimento. A partir daí, observou-se novo período de elevação das temperaturas do material, com um pico de 63,1 °C, no 34º dia, quando então a temperatura começou a decrescer. No 37º dia de compostagem, fez-se novamente a correção do conteúdo de água, resultando em aumento imediato na temperatura que alcançou o valor máximo de 71 °C, no 38º dia, no topo da leira. A partir daí, a temperatura de controle por “feedback” passou a ser de 55 °C, e não mais de 60 °C. Após 65 dias de experimento, quando as temperaturas atingiram cerca de 40 °C, o material foi colocado para maturar, sendo interrompida a aeração forçada. Entretanto, quando o material foi levado ao pátio aberto, revirado e, portanto, submetido à aeração mais uniforme, voltou a atingir temperaturas em torno de 50 °C, mostrando que, nesse tipo de processo, a compostagem não ocorre de forma uniforme em toda a massa.

Conforme pode ser observado, a temperatura do material orgânico da LEA 02 (Figura 4d) atingiu 50 °C, no centro, no 3º dia após a montagem da leira. A taxa de aeração inadequada, associada à falta de um sistema eficiente de umedecimento fez com o material apresentasse, em grande parte do tempo, temperaturas próximas a 40 °C, valor insuficiente para se conseguir adequada higienização do composto. Entretanto, conforme pode ser observado, a partir do 23º dia, quando foi instalado o sistema de umedecimento do material, as temperaturas alcançaram valores próximos aos ideais (55 °C). A fase ativa foi considerada encerrada a partir 45º dia, quando a temperatura do material passou a ser inferior a 40 °C.

A temperatura do material orgânico da LEA 03 (Figura 4e) atingiu 60 °C (no topo), já no 3º dia após a montagem da leira.

Conforme pode ser observado, a temperatura do material da base, em todas as leiras, se manteve sempre menor que as medidas nos demais pontos. Isto se deve ao fato da sua proximidade com o duto de aeração, locais em que a perda de água foi mais rápida que a ocorrente nos demais pontos da leira.

Em termos gerais, o material orgânico das LEA 02 e 03 tiveram, nos primeiros 15 dias, comportamento muito semelhante, o que foi denotado pelas baixas temperaturas observadas, embora tenham ocorrido alguns picos depois de efetuada a correção no conteúdo de água do material, conforme pode ser observado a partir do 23º dia de compostagem, quando foi instalado o sistema de umedecimento do material. Nessa ocasião, as temperaturas alcançaram valores dentro da faixa ideal para eliminação de patógenos, que está entre 55 °C a 60 °C, mantendo-se nessa faixa por maior período de tempo, enquanto que, antes da instalação do sistema de umedecimento, a temperatura se manteve acima de 50 °C por um período de apenas três a cinco dias. A fase ativa foi considerada encerrada aos 50 dias de compostagem, quando as temperaturas se tornaram inferiores a 40 °C. Depois de 74 dias de compostagem, 24 dias de maturação do material no pátio, as temperaturas voltaram a atingir 45 °C, o que se deve, provavelmente, à maior oxigenação da massa e melhor homogeneização do material.

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de pH do material como o tempo, de compostagem.

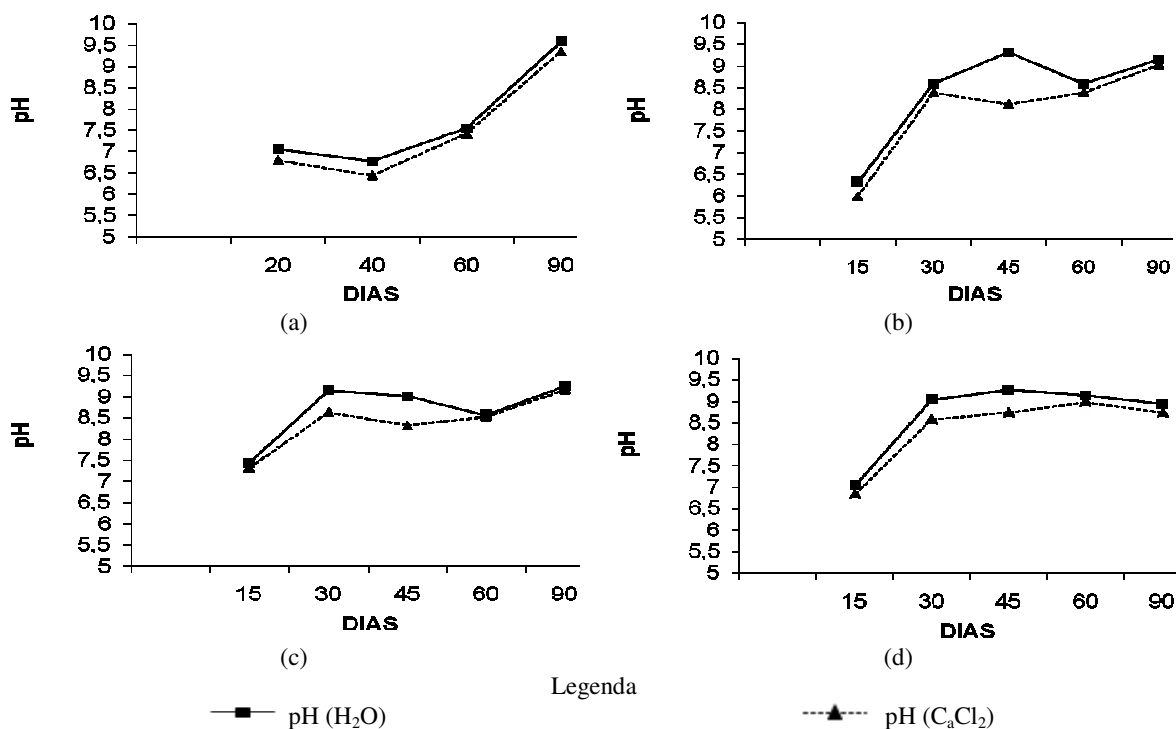


Figura 2. Variação do pH do material em função do tempo de compostagem. (a) composteira; (b) LEA 01; (c) LEA 02; (d) LEA 03.

O pH em água indica a acidez ativa ou a atividade de íons H^+ na solução preparada com o composto e o pH em cloreto de cálcio ($CaCl_2$) a acidez trocável, quantificando-se, além dos íons H^+ na solução aqueles adsorvidos ao complexo de troca, o que muitas vezes é mais importante e significativo que a medição apenas em solução. O pH em $CaCl_2$, apesar de pouco utilizado nas pesquisas e monitoramento de experimentos de compostagem de resíduos sólidos, é o método oficial, adotado pelo Ministério da Agricultura, para caracterização de material orgânico, incluindo-se entre eles compostos orgânicos a serem comercializados como fertilizantes agrícolas.

Conforme pode ser observado na Figura 2, os valores de pH do material, em todos os experimentos, aumentaram durante o processo de compostagem. Este comportamento era esperado, uma vez que o pH é uma variável indicativa do grau de estabilização e maturação do material compostado.

Os primeiros dias da fase ativa da compostagem são caracterizados por apresentar o material orgânico, baixo pH (geralmente entre 4 e 5). Esse decréscimo no valor do pH pode ser resultado da formação de ácidos orgânicos em zonas anaeróbias ou do acúmulo de ácidos intermediários, formados a partir da grande quantidade de material carbonáceo presente. Condições ácidas são prejudiciais a microrganismos aeróbios, geralmente bactérias, e reduzem a velocidade da compostagem. Nesta fase, é favorecido o crescimento de microrganismos que usam compostos ácidos como substratos, principalmente fungos, o que faz o pH subir novamente (GRAVES *et al.*, 2000). GRAVES *et al.* (2000) consideraram que, a faixa ideal para a atividade microbiana é de 6,5 a 8,0 e que abaixo de 5,0 e acima de 9,0 a compostagem se processa de forma muito lenta. Os mesmos autores ressaltaram para se tomar cuidado com o pH na compostagem de resíduos ricos em nitrogênio, afinal, em pH básico ($pH > 8,5$), deve ocorrer a conversão de compostos

orgânicos contendo nitrogênio em amônia. Essa conversão possibilita grandes perdas de nitrogênio do material, por volatilização.

O valor encontrado de pH no material processado na composteira (Figura 5a), em CaCl_2 , já na primeira medição, efetuada aos 20 dias de compostagem e aos 15 dias no material das LEAs, com exceção da LEA 02, atenderia a exigência do Ministério da Agricultura no que se refere ao valor mínimo de pH CaCl_2 , que é de 6, para comercialização de um composto orgânico. Além disso, pode ser observado que, com o passar do tempo de compostagem do material, o valor do pH CaCl_2 se manteve inferior ao do pH H_2O . Isto ocorre, pois o pH em CaCl_2 contabiliza íons H^+ adsorvidos ao complexo de troca da matéria orgânica.

Segundo descrito na literatura, a faixa de pH em que ocorre maior degradação do material orgânico é a de 5,5 a 8,0 e a faixa do composto final é de 7,5 a 9,0. Além disso, conforme pode ser observado em todos os experimentos estudados, já aos 90 dias de compostagem, valores próximos ao do limite superior foram alcançados, o que permitiu que se considerasse que o material encontrava-se estabilizado. Entretanto, valores do pH H_2O e do pH CaCl_2 em torno de 9,0 podem ser considerados altos, devendo ter contribuído para retardar o processo de degradação do material orgânico, já que favorecem a formação e perda de gás amônia, por volatilização, aumentando a relação C/N e, consequentemente, reduzindo a taxa de degradação. KUMAR *et al.* (2007) encontraram no composto final, em experimentos conduzidos em composteira, valores de pH H_2O na faixa de 8,20 a 9,34. Os autores atribuíram esse fato à grande formação de sais de amônio provenientes da cama de frango. COSTA *et al.* (2006) encontraram valores de pH H_2O de 7,9 e 7,63, respectivamente, no composto final.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que:

- as temperaturas atingidas pelo material orgânico, na primeira fase, quando utilizado o Método da Composteira, foram suficientes para a eliminação das bactérias patogênicas no material;
- as temperaturas atingidas e mantidas nos materiais orgânicos das LEAs 01, 02 e 03 possibilitaram sua sanitização, embora nos materiais das LEA 02 e 03 tenha havido maior dificuldade em se alcançar as referidas temperaturas, o que pode ser devido ao maior ressecamento da massa pela aeração forçada, o que prejudicou a ação dos microrganismos;
- os altos valores de pH, associados a temperaturas elevadas, favoreceram redução na concentração de N no material orgânico, tanto no material mantido na composteira como no das leiras estáticas aeradas, entretanto, maiores reduções foram observadas nas últimas, em virtude do mais fácil carreamento da amônia das leiras pelo ar insuflado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Azevedo, Mônica de Abreu. *Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 230p.
2. Costa, M.S.S.M.; Costa, L.A.M.; Sestak, M.; Olibone, D.; Sestak, D.; Kaufmann, A.V.; Rotta, S.R. *Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão*. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, vol. 25, n.2, 2005. p.540-548.
3. Costa, M.S.S.M.; Costa, L.A.M.; Pelá, C.J.S.; Decarli, L.D.; Matter, U.F. *Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaça de aves*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol. 10. N. 3, Campina Grande – PB, 2006. p.692-698.
4. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPQ). *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed., 1997. 212 p.
5. Harada, Y.; Ynoko, A. *Relationship between cation-exchange capacity and the degree of maturity of city refuse composts*. Soil Sci. Plant Nutr. 26, 1980. p.353-362.
6. Kumar, V.R.S., Sivakumar, K., Purushothaman, M.R., Natarajan, A.; Amanullah, M.M. *Chemical Changes During Composting of Dead Birds With Caged Layer Manure*. Journal of Applied Sciences Research, 3(10): 1100- 1104, INSInet Publication, 2007.
7. Matos, Antonio Teixeira de.; *Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos*. Associação de Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. (Série Caderno Didático nº 37). Viçosa, 2006. 119p.
8. Pereira Neto, João Tinoco. *Compostagem: Fundamentos e Métodos*. 1º Simpósio Sobre Compostagem: Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, 18 a 19 de Agosto de 2004 – FCA - GEMFER.
9. Silva, M.S.; Costa, L.A.M.; Decarli, D.L.; Pelá, A.; Zucareli, C.; Silva, C. J.; Matter, U.F.; Santos, J.S. *Desenvolvimento de metodologia para compostagem de resíduos sólidos de frigorífico*. In: Congresso



- Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 27, 1998, Poços de Caldas. Anais, Jaboticabal: SBEA, 1998, vol. 1, p. 52-54.
10. Stentiford, E.I.; Pereira Neto; Mara, D. D. *Diversity of Composting System. In: Low Cost Composting - Research Monographs in Tropical Public Health Engineering*. University of Leeds, Edited by D. D. Mara. March, 1996.