

Beatriz Simões Valente<sup>1</sup>,  
Eduardo Gonçalves Xavier<sup>2</sup>,  
Naiana Einhardt Manzke<sup>3</sup>  
Priscila de Oliveira Moraes<sup>4</sup>  
Victor Fernando Büttow Roll<sup>5</sup>

---

**COMPOSTAGEM DA MISTURA DE  
CARÇAÇAS DE FRANGOS DE CORTE E  
CAMA DE AVIÁRIO**

**RESUMO:** O objetivo do experimento foi avaliar a compostagem da mistura de carcaças de fêmeas de frangos de corte e cama de aviário, através do monitoramento de transformações físicas e químicas durante 180 dias. Foi utilizado o delineamento completamente casualizado. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os resultados indicaram que a umidade não foi um fator condicionante de eficiência no segundo estágio de compostagem, ressaltando assim a importância dos revolvimentos intermitentes. O substrato cama de aviário serviu de fonte de N aos microrganismos, portanto, não deve ser utilizado como fonte de C na compostagem de carcaças de aves, sendo necessária a sua substituição por materiais que apresentem uma alta relação C/N. A mistura dos substratos acarretou uma baixa relação C/N inicial, favorece a volatilização do N e, por consequência, o aumento da relação C/N no decorrer do processo de compostagem, fazendo-se necessário um tempo maior para a bioestabilização da biomassa. O tratamento através da compostagem proporcionou a concentração dos nutrientes na biomassa, o qual se encontra dentro dos valores máximos tolerados pela Instrução Normativa nº25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O composto produzido pode ser utilizado como corretivo de solos ácidos por apresentar pH alcalino. O processo

---

<sup>1</sup>Médica Veterinária, aluna de doutorado do PPGZ/FAEM/UFPEL, coordenadora do Núcleo de Estudos em Meio Ambiente, Campus Universitário S/N, caixa postal 354, CEP: 96010-970, Capão do Leão, RS, (053)32757270, [bvalente@terra.com.br](mailto:bvalente@terra.com.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Animal Sciences, prof. Adjunto do Departamento de Zootecnia/FAEM/UFPEL.

<sup>3</sup> Médica Veterinária, aluna de mestrado do PPGZ/FAEM/UFPEL.

<sup>4</sup> Aluna de agronomia da FAEM/UFPEL, bolsista FAPERGS.

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, prof. Adjunto do Departamento de Zootecnia da FAEM/UFPEL.

de compostagem é alternativa para a disposição ecologicamente correta das carcaças de animais em sistemas avícolas e auxilia no desenvolvimento sustentável desta atividade.

**PALAVRAS- CHAVE:** aeróbio, avicultura, biodegradação, produção animal.

## COMPOSTING OF A MIXTURE OF POULTRY CARCASSES AND POULTRY BED

**SUMMARY:** A trial was conducted to evaluate composting of a mixing of female poultry carcasses and poultry bed by monitoring their physical and chemical biomass during 180-day period. A completely randomized design was used. All data were analyzed through analysis of variation and polynomial regression, while the averages were compared by Tukey test at 5%. Results showed that composting humidity was not the main issue to affect efficiency during the second stage of composting. This result highlights the importance of intermittent revolving of composting material. Poultry bed provided a source of nitrogen for microorganisms; however, it should not be used as a source of carbon for composting of poultry carcasses. Therefore, it needs to be replaced by other materials with higher C/N ratio. The mixing of substrates led to an initial low C/N ratio and a higher loss of nitrogen through volatilization. As a consequence, C/N ratio increased during composting process and took longer time for biomass stabilization. Composting process increased concentration of nutrients on biomass, which is according to the acceptable limits, based on the Normative Instruction (number 25/2009) of Brazilian Agriculture, Animal Production Ministry. Composting presented an alkaline pH, so it can be used to correct acid soils. Composting is an environmental sustainable alternative to dispose carcasses of animals during poultry production process. It also helps for sustainable development of poultry production.

**KEYWORDS:** aerobic, poultry production, biodegradation, animal production.

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e econômico gera uma forte demanda mundial por alimentos; por conseguinte, os diferentes sistemas agropecuários aumentaram sua produção, a fim de suprir o grande consumo por parte da população. Além disso, com a globalização do mercado, a possibilidade de exportar os mais variados produtos tem levado a um crescimento ainda maior dessas unidades de produção, principalmente nos países em desenvolvimento (SEIFFERT, 2000).

Os sistemas produtivos avícolas adotaram métodos intensivos de produção para tentar suprir tal demanda e se caracterizam por

confinamentos de alta densidade em áreas reduzidas e taxas de crescimento forçadas (KUNZ et al., 2009). Números oficiais estimam que a produção brasileira seja composta por aproximadamente 10.702 milhões de toneladas de aves (ANUALPEC, 2009). Neste contexto, Lucas Junior & Santos (2003) afirmam que o manejo imposto e a intensificação da produção de frangos de corte favoreceram a geração de maiores quantidades de cama de aviário.

De acordo com Miragliotta et al. (2002), entre 16 e 20 frangos são alojados por metro quadrado, portanto, o volume de cama de aviário disponibilizado para cada frango é de 1,75kg. Por outro lado, a mortalidade natural de um ciclo de produção de frangos de corte está em torno de 3 a 5%. Isso representa aproximadamente 0,1% ao dia (LUCAS JUNIOR & SANTOS, 2003). Barton & Benz (1990) ressaltam que a maior mortalidade ocorre na fase inicial da criação, salvo quando as aves passam por condições ambientais adversas, como calor extremo, nas fases de engorda e acabamento e pode então chegar a 0,25% ao dia. Segundo Santos (2001), em um galpão de granja comercial, onde são criadas em média 15.220 aves, com um índice de mortalidade de 4,42%, foram produzidos ao final de um ciclo de 47 dias, 671,60 kg de aves mortas, ou 14,30 kg de aves mortas por dia. Lucas Júnior & Santos (2003) afirmaram que as aves mortas constituem considerável proporção dos resíduos gerados na produção de frangos e representam um problema em potencial para os produtores, pois, ao contrário da cama de frango que pode ser reutilizada, as aves mortas constituem resíduo que permanece na propriedade, exigindo manejo mais elaborado. Fiori et al. (2008) salientaram que o aumento da produção de resíduos vem provocando impactos ambientais, porque sua taxa de geração é bem maior que sua taxa de degradação.

No entanto, devido à implantação de leis ambientais mais severas que valorizam o gerenciamento ambiental, tem havido uma conscientização gradual dos efeitos nocivos provocados pelo despejo contínuo de resíduos sólidos e líquidos no meio ambiente. Conjuntamente, o mercado também exige das empresas uma atuação transparente e concreta na preservação dos componentes do meio ambiente, que deve se materializar pela realização de atividades que apresentem um menor impacto ambiental. Desta forma, os sistemas zootécnicos são incentivados a reciclar seus resíduos para que obtenham maiores rendimentos de seus processos produtivos e, conseqüentemente, gerem menos resíduos a serem tratados e assim minimizem os custos de sua disposição final. Logo, uma das metas desejadas é a sincronia da liberação de nutrientes com a necessidade

das plantas (BÜNEMANN et al., 2004). Para tanto, deve-se fazer uso de tecnologias que auxiliem na biodegradação desses resíduos orgânicos.

Na tentativa de equacionar esse problema, vários métodos de tratamento e disposição de resíduos orgânicos foram e vêm sendo pesquisados em todo o mundo (VERGNOX et al., 2009), com destaque para a compostagem. A compostagem é geralmente aplicada a resíduos não fluidos, ou seja, resíduos sólidos provenientes de diversas fontes, como resíduos urbanos, agroindustriais e agropecuários (AMINE-KHODJA et al., 2006). Vergnoux et al. (2009) afirmaram que esta tecnologia é utilizada para as mais diversas fontes orgânicas, sendo que para todos os resíduos, o método de compostagem apresenta características e processos similares.

O uso da compostagem para a disposição de carcaças de aves foi mencionado inicialmente por Murphy (1988), cujos trabalhos indicaram que essa técnica constitui-se em um meio biologicamente seguro de converter carcaças resultantes da mortalidade diária em um material inodoro, com características de húmus, sendo útil como condicionador do solo. Conforme Ancona & Muñoz (1994), o processo de compostagem de carcaças de aves deve ser realizado em dois estágios. A finalidade do primeiro estágio está em transformar, de maneira segura, um material de difícil manejo em um material que possa ser manipulado em processo posterior de compostagem.

Pereira Neto & Stentiford (1992) afirmam que este processo de tratamento apresenta maior flexibilidade operacional, combina baixo custo e alta eficiência e é considerado ambientalmente correto para a disposição das carcaças dos animais. Entretanto, por ser um processo puramente microbiológico, sua eficiência depende da ação e da interação de microrganismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como temperatura, umidade, aeração, tipo de compostos orgânicos existentes, relação carbono/nitrogênio (C/N), granulometria do material e dimensões das leiras (VALENTE, 2009).

Peixoto (1988) ainda ressalta que a eficiência do processo de compostagem se baseia na interdependência e no interrelacionamento desses fatores. Da mesma forma, Martín-Gil et al. (2008) ressaltam que os substratos são biodegradados por diferentes populações de microrganismos mesófilos e termófilos, os quais determinam a taxa de velocidade do processo de compostagem (MONDINI et al., 2004).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a compostagem da mistura de carcaças de fêmeas de frangos de corte e cama de aviário, por meio do monitoramento de transformações físicas e químicas em função do tempo de compostagem, como alternativa para reduzir o impacto ambiental deste segmento da produção animal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre janeiro e julho de 2007, no Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica Prof. Dr. Renato Rodrigues Peixoto (LEEZO), do Departamento de Zootecnia (DZ) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), situado na região Sul do Rio Grande do Sul, no município de Capão do Leão/RS.

O primeiro estágio caracterizou-se por uma estrutura em alvenaria, impermeabilizada, de 2,20 m x 1,70 m x 1,20 m, com pé direito de 2,50 m, denominada de célula de compostagem. A parte superior da célula de compostagem era aberta e protegida com estrutura telada e sua parte frontal apresentava tábuas móveis para facilitar o preenchimento com os resíduos orgânicos até a altura de 1,00 m, os quais foram submetidos à compostagem por 120 dias (Figura 1).



**Figura 1** Célula de compostagem.

A célula foi abastecida com carcaças inteiras (penas e vísceras) de fêmeas de frangos de corte e com cama de aviário, de dois lotes de 35 dias, que foi constituída por maravalha de pinus (*Pinus spp.*) com granulometria média de 2,20 mm. O segundo estágio teve duração de 60 dias e foi realizado em um galpão com piso impermeabilizado com uma lona plástica, sendo o local fechado somente por uma tela. Foi formada uma leira do material do primeiro estágio nas dimensões de 3,00 m x 1,60 m x 1,00 m.

No primeiro estágio, a montagem do experimento foi realizada

conforme metodologia descrita por Paiva et al. (2004). A altura utilizada para a primeira camada de cama de aviário foi de 0,15 m, determinada pelas pesagens e definida por medições com auxílio de uma fita métrica. A massa de cama de aviário para a primeira camada foi de 109 kg. Para as camadas restantes, foi estipulado 0,10 m de altura. Fez-se o cálculo da quantidade necessária de cama de aviário pela regra de três simples, que assumiu o valor de 72 kg por camada.

A proporção entre os resíduos orgânicos foi de 3:1, ou seja, para cada 3 kg de cama de aviário foi adicionado 1 kg de carcaça de frangos de corte, de acordo com a metodologia proposta por Costa et al. (2005). Utilizando-se a mesma metodologia, a água foi adicionada na proporção de 30% do peso da camada de 0,10 m de cama de aviário. A disposição do material no interior da célula foi realizada de forma intercalada. Foram colocadas estacas de madeira numerada, a uma distância de 0,20 m entre elas e da lateral da parede da célula de compostagem, para demarcar cada ponto de coleta e de aferição. Em cada um dos cinco pontos, foi introduzido um tubo de PVC, com 1,00 m de comprimento, fechado em uma das extremidades para que a cama de aviário não penetrasse no seu interior e perfurado a uma altura de 0,20 m.

Ao final do período de 120 dias de compostagem, a biomassa foi retirada e pesada para posterior cálculo da quantidade de água a ser adicionada durante o segundo estágio, que foi calculada com base na mesma metodologia utilizada para o primeiro estágio. Foram adicionados 285 L de água durante o revolvimento das leiras, o qual ocorreu a cada 18 dias.

As avaliações da temperatura da biomassa, no interior do cano de PVC, foram realizadas às 9:00 e às 16:00h, a 0,20 m da base da célula de compostagem, com auxílio de um termohigrômetro digital da marca INCOTERM, com precisão 0,1 °C. Durante o período experimental, a análise da composição físico-química da biomassa foi realizada em triplicata. A primeira amostragem (T0) correspondeu à mistura dos substratos iniciais e as demais coletas foram realizadas nos seguintes períodos: 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de compostagem, correspondendo respectivamente a T1, T2, T3, T4 e T5. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do DZ/FAEM/UFPEL para a determinação de umidade, pH e nitrogênio total, segundo a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2004) e também para a análise da matéria orgânica total e do carbono orgânico total, conforme metodologia descrita por Kiehl (1995). No Laboratório de Química do Solo do Departamento de Solos da FAEM/UFPEL foram analisados os

teores de fósforo total, magnésio total e potássio total a partir da metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Para a análise estatística, utilizou-se o delineamento completamente casualizado. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM ("General Linear Models") do programa "Statistical Analysis System" versão 9.1 (SAS Institute Inc. 2002-2003) e regressão polinomial, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

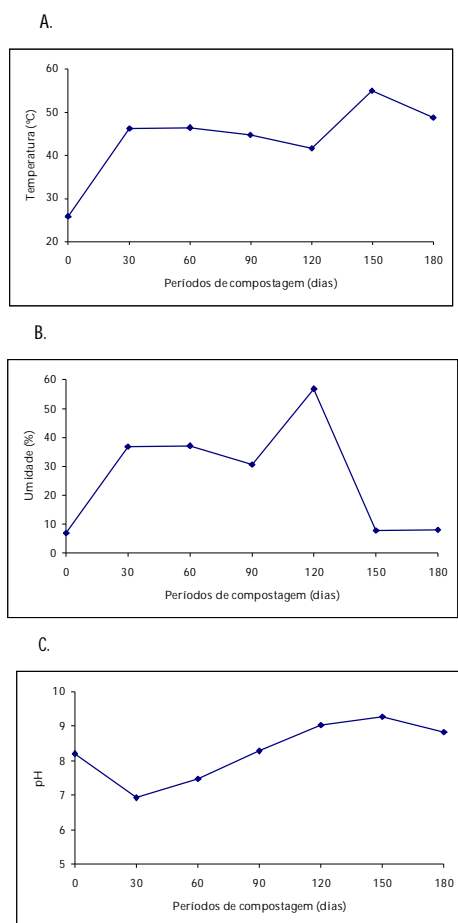
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode ser observado, na Figura 2, que não houve tendência específica para as variáveis analisadas, o que não permitiu ajuste de equações.

Na Figura 2A, verificou-se que a temperatura, no início do processo, foi de 25,8°C, o que indica a presença de microrganismos mesófilos na biomassa. Essa dado está de acordo com Rodrigues et al. (2006) que afirmam que a decomposição inicial é conduzida por uma população microbiana mesofílica, que utiliza componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. A partir deste período (dia zero), pode ser observada uma fase de transição no processo de compostagem, caracterizada pela morte de microrganismos mesófilos e a multiplicação e instalação de uma população microbiana termofílica. Tais achados podem ser constatados pelo aumento da temperatura da biomassa no decorrer dos 60 dias do processo, em consequência do calor gerado durante a oxidação da matéria orgânica que, devido ao metabolismo microbiano ser exotérmico, fica retido no interior da biomassa (TANG et al., 2004), portanto, eleva a temperatura de 25 °C para 40-45 °C, em um período de 2 a 3 dias (KIEHL, 1985). Contudo, quando a temperatura atinge valores acima dos 45°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (TIQUIA, 2005).

No entanto, pode ser observado, a partir dos 90 dias de compostagem, um decréscimo da temperatura da biomassa (44,7 °C), o qual persiste até os 120 dias, em que a média da temperatura foi de 41,7°C. Isso indica uma segunda fase de transição do processo, caracterizada pela morte de microrganismos termófilos e o surgimento de nova população microbiana mesofílica. O fato pode ser explicado pela composição das carcaças inteiras, que são materiais de difícil degradação devido à presença de penas e, ainda, possivelmente devido à menor superfície específica do material, a qual afeta a atividade dos

microrganismos. Esses resultados concordam com Kiehl (1985) que afirma que os nutrientes presentes nos resíduos vegetais e animais são decompostos por diferentes populações de microrganismos e, ainda, com Kirk & Farrell (1987) que salientam que a lignina é extremamente resistente ao ataque de microrganismos, sendo o último material a ser degradado na compostagem. Tuomela et al. (2000) ressaltam que os microrganismos mais eficientes na mineralização da lignina são os fungos, presentes no estágio de maturação do composto, que ocorre na segunda fase mesofílica da compostagem.



**Figura 2** Evolução da temperatura da biomassa (A), do teor de umidade (B) e do pH (C) durante a compostagem da mistura de carcaças inteiras de fêmeas de frangos de corte e cama de aviário.



Durante o segundo estágio do processo pode ser observado novamente a presença de microrganismos termófilos, tanto aos 150 dias (55,1°C) como aos 180 dias (48,8°C) de compostagem. Inicialmente (120 dias), o revolvimento ocasionou um resfriamento da massa em compostagem e, posteriormente, uma elevação da temperatura, devido a uma maior penetração de oxigênio na biomassa. Assim, a multiplicação e o desenvolvimento de microrganismos termófilos são favorecidos, concordando com Pereira Neto (2007) quando afirma que a realização de revolvimentos frequentes no segundo estágio de compostagem promove a aeração mais uniforme e efetiva e favorece o aumento da temperatura. Entretanto, discordam de Kader et al. (2007) que estudaram a compostagem de esterco bovino em leiras com e sem revolvimentos e verificaram que a leira revolvida apresentou, durante o primeiro e segundo dias, temperaturas maiores do que as leiras não revolvidas. Porém, no terceiro dia de compostagem, a temperatura máxima no centro das pilhas foi similar para ambos os tratamentos, 75 e 78 °C, respectivamente.

Embora a umidade seja indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos (RODRIGUES et al., 2006), não se verificou influência da adição de água sobre a temperatura da leira, sendo encontrados os menores teores de umidade no período zero dia e aos 150 e 180 dias, os quais correspondem a 6,8%, 7,74% e 7,99%, respectivamente (Figura 2B). Esses resultados concordam com Jay (2005), que afirma que a necessidade de água dos microrganismos deve ser descrita em termos de atividade de água do meio e que mudanças na temperatura ou na quantidade de nutrientes podem levar ao crescimento microbiano em atividade de água.

Outro aspecto importante diz respeito ao pH levemente ácido da biomassa (pH = 6,9) (Figura 2C), aos 30 dias de compostagem, resultante da ação de microrganismos no pH alcalino (pH = 8,2) da mistura dos substratos iniciais. Os microrganismos liberam  $\text{CO}_2$ , que reage com a umidade dos substratos e forma o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). O  $\text{H}_2\text{CO}_3$  se dissocia e forma bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), bem como íons de hidrogênio, assim, provoca a diminuição do pH (WETZEL, 1983). Uma pesquisa realizada com a compostagem de lixo urbano demonstrou que, no início do processo, a biomassa apresentou-se ácida (pH em torno de 5,0) e, após cerca de 50 dias, atingiu valores próximos a 8,5 (JAHNEL et al., 1999). Diferentemente, pode ser verificado que houve um aumento do pH a partir dos 60 dias (pH = 7,5) de compostagem, mantendo-se alcalino até os 180 dias (pH = 8,8) do processo. Os microrganismos, ao degradarem a matéria orgânica, liberam, através da respiração, C na

forma de  $\text{CO}_2$  que reage com bases que formam  $\text{H}_2\text{CO}_3$  e elevam o pH do meio (VALENTE et al., 2009).

Por outro lado, no início do processo, o pH alcalino (pH = 8,20) associado à baixa relação C/N (10/1) e ao elevado teor de umidade (Figura 2B) dos substratos compostados acarretou perdas de N total por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ) nos primeiros 120 dias de compostagem (Figura 3C). Entretanto, pode ser verificado o aumento da concentração de nitrogênio aos 150 dias (2,9%), devido à produção de hidroxilas durante a hidrólise da amônia ( $\text{NH}_3$ ) em amônio ( $\text{NH}_4$ ). Isso contribuiu para o aumento do pH (pH = 9,3) e está de acordo com Victoria et al. (1992).

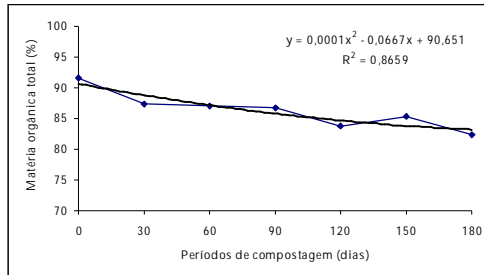
Apesar da cama de aviário ter sido constituída de maravalha, a qual apresenta alta relação C/N, a presença de excretas das aves contribuiu para a diminuição da relação C/N do substrato compostado. No entanto, na Figura 3D, pode ser verificado que a relação C/N aumentou no decorrer do processo de compostagem. Este fato pode ser explicado pela composição das carcaças inteiras e também pela constituição da maravalha, que são materiais de difícil degradação. Conforme Valente et al. (2009), quando parte do C disponível é de difícil degradação, como a celulose, a lignina e a hemicelulose, o C biodisponível, que será utilizado como fonte de energia pelos microrganismos, é inferior ao C total. Costa (2005) salienta que a qualidade do C a ser digerido também interfere na velocidade e na quantidade de C que será transformada em  $\text{CO}_2$  durante a compostagem. De outra forma, pode ser constatado que houve uma redução do teor de N total ao longo do processo, devido a sua utilização por parte das populações microbianas e também em decorrência da volatilização de  $\text{NH}_3$  (Figura 3C). Esses resultados estão de acordo com Dai Prá (2006), que ao trabalhar com a transformação de dejetos líquidos de suínos em sólidos, através da incorporação a diferentes materiais celulósicos, observou que a relação C/N aumentou no tratamento cama de aviário, passando de 5/1 para 15/1.

Para os teores de matéria orgânica total (Figura 3A) e C total (Figura 3B), pode ser observada uma redução ao longo do processo, cuja tendência para alcançar a estabilização foi aos 180 dias. Esses achados demonstram a mineralização da matéria orgânica no decorrer do processo, que é resultante da degradação do carbono da biomassa pelos microrganismos, a fim de obter energia para o seu crescimento e desenvolvimento (TANG et al., 2004). Loureiro et al. (2007) avaliaram a compostagem de resíduos domiciliares com e sem adição de esterco bovino e observaram uma redução no teor de C total, ao longo de 27

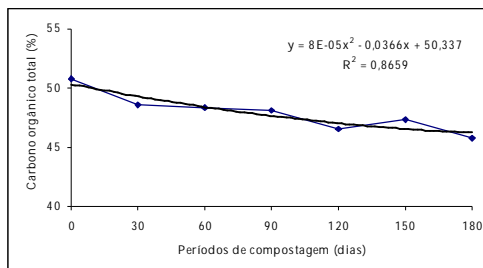
dias de compostagem. Ao Utilizarem um período de 180 dias de compostagem, Costa et al. (2006) trabalharam com carcaças avícolas e cama de aviário e observaram uma redução no teor de C total tanto no primeiro como no segundo estágio.

De acordo com o teor de P total (Figura 4A), podem ser constatados aumentos progressivos nos primeiros 60 dias de compostagem, verificando-se posteriormente um decréscimo aos 90 dias (9,45 g kg<sup>-1</sup>). Porém, houve um aumento progressivo a partir de então até os 180 dias, o que não permitiu ajuste de equações. O decréscimo no teor de P total, aos 90 dias, coincide com a segunda fase de transição do processo de compostagem. Portanto, sugere-se que os microrganismos mesófilos assimilaram o P orgânico e o utilizaram para a formação e o desenvolvimento de suas células, uma vez que é necessário para a síntese dos ácidos nucléicos e para os fosfolipídios componentes da membrana celular (TSAI & ROSSETO, 1992).

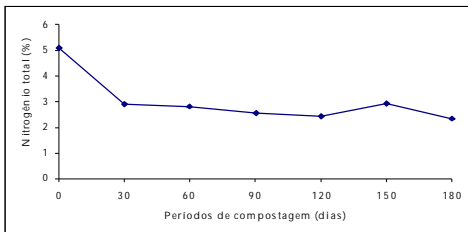
A.



B.



C.



D.

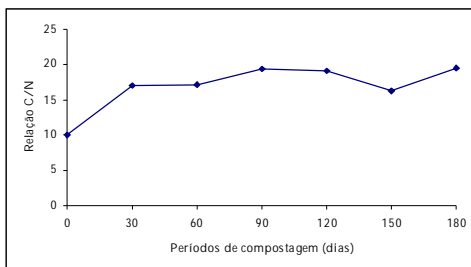
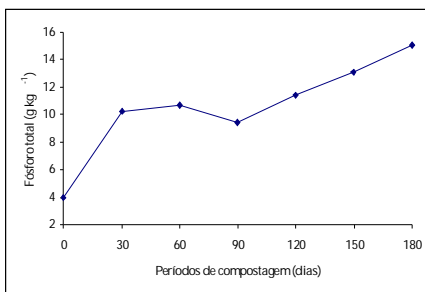
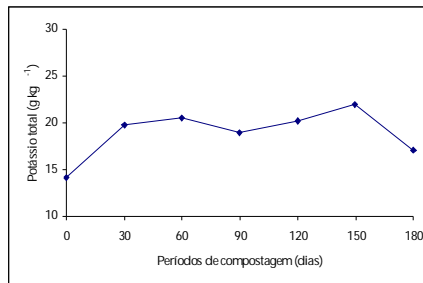


Figura 3. Evolução dos teores de matéria orgânica total (A), carbono orgânico total (B), nitrogênio total (C) e relação C/N (D) da compostagem de carcaças inteiras de fêmeas de frangos de corte e cama de aviário

A.



B.



C.

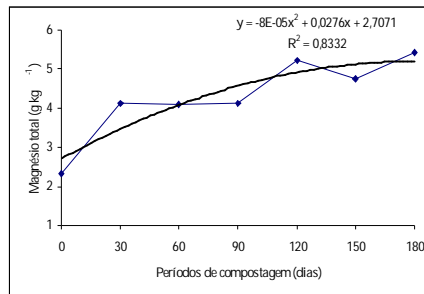


Figura 4. Evolução dos teores de fósforo total (A), potássio total (B) e magnésio total (C) durante a compostagem de carcaças inteiras de fêmeas de frangos de corte e cama de aviário

O aumento na concentração de P total, ao final do processo, está de acordo com os dados obtidos por Rashad et al. (2010), que estudaram a compostagem de palha de arroz e resíduos agroindustriais e verificaram que o P total aumentou para todos os tratamentos. De forma semelhante, Elango et al. (2009) observaram, na compostagem de resíduos sólidos urbanos, um aumento gradual no teor de P total e também no pH, que apresentou-se alcalino no final do processo. Isto sugere que o pH alcalino da massa em compostagem possa ter influenciado o metabolismo dos microrganismos, concordando com Kiehl (1985), que afirma que há uma maior disponibilidade de P inorgânico em pH alcalinos.

De forma diferente, verifica-se tendência quadrática para o teor de Mg total (Figura 4C). Nos primeiros 120 dias, houve aumentos progressivos no teor de Mg total da biomassa. Também pode ser constatada redução aos 150 dias ( $4,8 \text{ g kg}^{-1}$ ), elevando-se até os 180 dias ( $5,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) de compostagem. Costa et al. (2005) estudaram a

compostagem de carcaças avícolas e verificaram acréscimos nos teores de Mg total, devido à disponibilização ocorrida pela ação microbiana no substrato.

No que se refere ao teor de K total (Figura 4B), verificam-se aumentos progressivos nos primeiros 150 dias de compostagem, bem como é possível se observar sua redução aos 180 dias ( $17,1 \text{ g kg}^{-1}$ ). Esse fato pode ser explicado pela atividade metabólica microbiana, mesmo que ínfima, na transformação do K orgânico para a forma inorgânica. Esses dados estão de acordo com Hungria & Urquiaga (1992), os quais apontam que os microrganismos possam ser responsáveis pela mineralização de aproximadamente 1/3 da quantidade total de K contido nas células e ligado aos complexos orgânicos de microrganismos, porém, os 2/3 restantes, por estarem fracamente ligados, são imediatamente solúveis, não requerendo a intervenção dos mesmos.

Os acréscimos encontrados para os teores dos minerais estudados concordam com Tiquia & Tam (2000) que afirmam que a redução da matéria orgânica pelos microrganismos aumenta a concentração de componentes minerais.

## CONCLUSÕES

O processo de compostagem é alternativa para a disposição ecologicamente correta das carcaças de animais em sistemas avícolas, pois auxilia no desenvolvimento sustentável dessa atividade.

A umidade não é fator condicionante de eficiência no segundo estágio de compostagem, contudo, é imprescindível ressaltar a importância de revolvimentos intermitentes.

O substrato cama de aviário serve de fonte de nitrogênio aos microrganismos e não deve ser utilizado como fonte de carbono na compostagem de carcaças de aves, mas é necessária a substituição por materiais que apresentem uma alta relação C/N.

A mistura de carcaças de frangos e cama de aviário acarreta baixa relação C/N inicial, favorece a volatilização do nitrogênio e, por consequência, o aumento da relação C/N no decorrer do processo de compostagem. Assim, faz-se necessário um tempo maior para a bioestabilização da biomassa.

O tratamento por compostagem proporciona a concentração dos nutrientes na biomassa e encontra-se dentro dos valores máximos tolerados pela Instrução Normativa nº25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O composto produzido pode ser utilizado como corretivo de solos ácidos por apresentar um pH alcalino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINE-KHODJA, A.; TRUBETSKAYA, O.; TRUBETSKOY, O.; CAVANI, L.; CIAVATTA, C.; GUYOT, G. Humic-like substances extracted from composts can promote the photodegradation of irgarol 1051 in solar light. **Chemosphere**, v.62, p.1021-1027, 2006.

ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2009. 360p.

ANCONA, L.H.; MUÑOZ, R. Elaboración de una composta con subproductos avícolas. **Indústria Avícola**, v.41, n.3, p.18-20, 1994.

BARTON, T.L.; BENZ, R.C. **Composting poultry carcasses**. Little Rock, Cooperative Extension Service, University of Arkansas, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº25, de 23 de julho de 2009**. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Disponível em [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br). Acessado em 4 de fev. 2011.

BÜNEMANN, E.K.; BOSSIO, D.A.; SMITHSON, P.C.; FROSSARD, E.; OBERSON, A. Microbial community composition and substrate use in a highly weathered soil as affected by crop rotation and P fertilization. **Soil Biology Biochemistry**, v.36, p.889-901, 2004.

COSTA, M.S.S.de M.; COSTA, L.A.de. M.; OLIBONE, D.; RÖDER, C.; BURIN, A.; KAUFMANN, A.V.; ORTOLAN, M.L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 549-556, 2005.

COSTA, M.S.S. de M. **Caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces**: reciclagem energética e de nutrientes. São Paulo: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2005. 98f. Tese Doutorado.

COSTA, M.S.S. de. M.; COSTA, L.A.de.M.; PELÁ, A.; SILVA, C.J.da; DECARLI, L.D.; MATTER, U.F. Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaças de aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.692-698, 2006.

DAÍ PRÁ, M.A. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2006. 160f. Dissertação mestrado.

ELANGO, D.; THINAKARAN, N.; PANNEERSELVAM, P.; SIVANESAN, S. Thermophilic composting of municipal solid waste. **Applied Energy**, v.86, p.663-668, 2009.

FIORI, M.G.S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v.5, n.3, p.178-191, 2008.

HUNGRIA, M.; UROQUIAGA, S. Transformações microbianas de outros elementos (Potássio, micronutrientes e metais pesados). In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.329-340.

JAHNEL, M.C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B.N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.2, 1999.

JAY, J.M. **Microbiologia de alimentos**. Porto Alegre: ARTMED Editora, 2005. p.57.

KADER, N.A.E.; ROBIN, P.; PAILLATAND, J.M.; LETERME, P. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technology**, v.98, p.2619-2628, 2007.

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

KIRKY, T.K.; FARREL, R.L. Enzymatic "combustion": the microbial degradation of lignin. **Annual Review of Microbiology**, v.41, p.465-505, 1987.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R.L.R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, n.100, p.5485-5489, 2009.

LOUREIRO, D.C.; AQUINO, A.M.de.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p. 1043-1048, 2007.

LUCAS JÚNIOR, J.de.; SANTOS, T.M.B.dos. Impacto ambiental causado pela produção de frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, **Anais ...**, 2003, p.107-121.

MARGESIN, R.; CIMADOM, J.; SCHINNER, F. Biological activity during



composting of sewage sludge at low temperatures. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.57, p.88-92, 2006.

MARTÍN-GIL, J.; NAVAS-GRACIA, L.M.; GÓMEZ-SOBRINO, E.; CORREA-GUIMARAES, A.; HERNÁNDEZ-NAVARRO, S.; SÁNCHEZ-BÁSCONES, M.; RAMOS-SÁNCHEZ, M.del.C. Composting and vermicomposting experiences in the treatment and bioconversion of asphaltens from the *Prestige* oil spill. **Bioresource Technology**, v.99, p.1821-1829, 2008.

MIRAGLIOTTA, M.Y.; NÄÄS, I.de.A.; BARACHO, M.dos.S.; ARADAS, M.E. Qualidade do ar de dois sistemas produtivos de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas – estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.1-10, 2002.

MONDINI, C.; FORNASIER, F.; SINICCO, T. Enzymatic Activity as a parameter for the characterization of the composting process. **Soil Biology Biochemistry**, v. 36, p.1587-1594, 2004.

MURPHY, D.W. Composting as a dead bird disposal method. **Poultry Science**, v.67, n.1, p.124, 1988.

PAIVA, D.P. de. Uso da compostagem como destino de suínos mortos e restos de parição. In: **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. p.100-104.

PEIXOTO, R.T.dos.G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina: IAPAR, 1988. 46p.

PEREIRA NETO, J.T.; STENTIFORD, E.I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Revista de Biologia**, v.1, n.1, p.1-6, 1992.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Viçosa, 2007. 81 p.

RASHAD, F.M.; SALEH, W.D.; MOSELHY, M.A. Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming systems: 1. Composting, quality, stability and maturity indices. **Bioresource Technology**, v.101, p.5952-5960, 2010.

RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.da.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF. Botucatu, 2006. p.63-94.

SANTOS, T.M.B. dos. **Balanco energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2001. 167f. Tese Doutorado.

SAS Institute Inc. 2002-2003. **Statistical analysis system**. Release

### 9.1. (Software). Cary. USA.

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. **Anais ...**, Concórdia, p.1-20, 2000.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de Alimentos – Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 235p.

TANG, J.C.; KANAMORIAND, T.; INQUE, Y. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. **Process Biochemistry**, v.39, p.1999-2006, 2004.

TSAI, S.M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E.J. B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.231-242.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 172p.

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, v.110, p.535-541, 2000.

TIQUIA, S.M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal Applied Microbiology**, v.99, p. 816-828, 2005.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v.72, p.169-183, 2000.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM Jr.; B.de.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P.de.O.; LOPES, D.C.N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.59-85, 2009.

VERGNOUX, A.; GUILIANO, M.; LE DRÉAN, Y.; KISTER, J.; DUPUY, N.; DOUMENQ, P. Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of the Total Environment**, v.409, p.2390-2403, 2009.

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-119.

WETZEL, R.G. **Limnology**. W.B. Saunders. Philadelphia, 1983. 400 p.