OLGA LUCÍA ZAPATA MARÍN

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FERTILIZANTE E POLUENTE DE DISTINTAS CAMAS DE FRANGO SUBMETIDAS A REUSOS SEQUENCIAIS NA ZONA DA MATA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

T
Z35c
2011

Zapata Marín, Olga Lucía, 1978-
Caracterização e avaliação do potencial fertilizante e poluente de distintas camas de frango submetidas a reusos sequencais na Zona da Mata do estado de Minas Gerais / Olga Lucía Zapata Marín. – Viçosa, MG, 2011.
xv, 68f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 59-68.

1. Resíduos orgânicos como fertilizantes. 2. Frango de corte - Criação. 3. Impacto ambiental. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 631.86

OLGA LUCÍA ZAPATA MARÍN

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FERTILIZANTE E POLUENTE DE DISTINTAS CAMAS DE FRANGO SUBMETIDAS A REUSOS SEQUENCIAIS NA ZONA DA MATA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de março de 2011.

Richard S. Gates

José Wallace Barbosa do Nascimento

Marcos Oliveira de Paula

Cecília de Fátima Souza
(Coorientadora)

Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Orientadora)

Ao sinônimo maior de amor que existe em minha vida,
meu marido Alexander e meu filho Gerónimo.
Aos meus pais, Consuelo e Eduardo,
a quem devo minha educação e que sempre se orgulham dos meus atos.
Aos meus irmãos, pelo incentivo e pela torcida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por estar sempre comigo.

Aos meus dois grandes amores, meu marido Alexander e meu filho Gerónimo, pelo amor, pela paciência, pela ajuda e por serem meu grande motivo de viver.

À minha orientadora, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, por acreditar em mim, pela dedicação, pela ajuda, pela atenção, pela paciência, pela amizade, pelo carinho que recebi, fazendo-me sentir em casa, e por ser meu grande exemplo a seguir na minha vida profissional.

Ao professor Jadir Nogueira da Silva, pelos conselhos, pela ajuda e pela amizade incondicional

À professora Cecília de Fátima Souza, pela paciência, pela ajuda e pela amizade

Ao professor Fernando da Costa Baêta, pelos ensinamentos repassados e pela ajuda.

À professora Lêda Rita D'Antonino Faroni, pela disposição em sempre me ajudar

Ao professor Adelson Luiz Araújo Tinôco, pela acolhida, pelos conselhos, pelo carinho e pelo apoio inestimável.

À Maria de Fátima Araújo e aos estagiários Fernanda e Vinícius, pela ajuda durante o experimento.

Aos meus amigos Marcos, Betty, Keller, Damiana, Maria Clara, Fátima, Débora, Akemi, Adriana, Luciano, Jofran, Conceição, Marcos Magalhães, Flávio, Irene, Roque, Kelles, Fernanda, Vínicius, Sidna, Rafael, Marilu, Pedro, Márcia, Gilberto, Neiton, Robinson, Marcela, Fabio e Manuel, pelos grandes e inesquecíveis momentos compartilhados e pelos ensinamentos.

Às empresas Pif-Paf Alimentos S/A e Nogueira Rivelli Ltda., que colaboraram para o desenvolvimento do projeto.

Ao Dr. Ricardo P. Roberti e Mauricio Marinho, da Pif-Paf, pela ajuda durante o experimento e pela amizade.

Ao Simão, pela colaboração e pela orientação nas análises realizadas neste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade que me foi concedida.

A todo o pessoal do Departamento de Engenharia Agrícola, pela ajuda.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS viii

LISTA DE FIGURAS x

RESUMO xii

ABSTRACT xiv

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 4

2.1. Impactos ambientais da produção de frangos 5

2.2. A cama para produção de frangos de corte 5

2.2.1. Problemas mais comuns na cama de frangos 7

2.2.1.1. Efeitos dos resíduos avícolas sobre a qualidade da água 8

2.2.1.2. Microorganismos patogênicos nas granjas avícolas 9

2.2.1.3. Cama de frango como nutrição animal 10

2.3. A cama de frango reutilizada 12

2.4. Nitrogênio em camas de frango de corte 14

2.4.1. A amônia em granjas avícolas 17

2.4.1.1. Efeito da amônia nas aves 18

2.4.1.2. Efeitos na saúde das pessoas 21

3. MATERIAL E MÉTODOS 26

3.1. Localização 26

3.2. Caracterização do material usado como cama 27

3.2.1. Casca de café 27

3.2.2. Maravalha fina 28

3.3. Coleta das amostras 28

3.3.1. Características 28

3.4. Avaliação das propriedades químicas e físicas 30

3.4.1. Determinação do teor de umidade 30

3.4.2. Determinação do pH 31

3.4.3. Quantificação do carbono orgânico compostável 32

3.4.4. Quantificação do nitrogênio total 33

3.4.5. Quantificação do nitrogênio amoniacal 35

3.5. Análises estatísticas 36

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 37

4.1. Caracterização da cama de maravalha e casca de café em função do número de ciclos de reuso 37

4.1.1. Relação da umidade em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 38

4.1.2. Relação de pH em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 39

4.1.3. Relação do conteúdo de carbono orgânico total em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 41

4.1.4. Relação do conteúdo de nitrogênio total em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 43

4.1.5. Relação do conteúdo de nitrogênio amoniacal em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 45

4.1.6. Relação entre o nitrogênio total e nitrogênio amoniacal em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 47

4.1.7. Relação carbono/nitrogênio em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café 48

4.1.8. Relação entre nitrogênio amoniacal e pH das camas de maravalha e casca de café 50

4.1.9. Relação entre nitrogênio amoniacal e umidade das camas de maravalha e casca de café 51

4.1.10. Relação entre nitrogênio amoniacal, pH e número de ciclos de uso das camas de maravalha e casca de café 52

4.1.11. Relação entre o carbono total, relação carbono/nitrogênio e número de ciclos de uso das camas de maravalha e casca de café 53

5. CONCLUSÒES 57

REFERÊNCIAS..... 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da cama de aviário com serragem, em porcentagem da matéria seca (g/kg) 7

Tabela 2 - Conteúdo médio de nutrientes (NPK) da cama de suínos e de aves 7

Tabela 3 - Parâmetros e composição química da cama de frango com casca de café no município de Amparo, SP, em função do número de reutilizações da cama 15

Tabela 4 - Perdas de nitrogênio na coleta e estocagem dos resíduos da produção avícola 17

Tabela 5 - Efeitos da amônia sobre cada uma das cinco liberdades 19

Tabela 6 - Relação carbono/nitrogênio de alguns resíduos orgânicos..... 25

Tabela 7 - Resumo da análise de variância entre a umidade, pH, N total, carbono orgânico total, relação C/N e N amoniacal nas camas de maravalha e de casca de café 38

Tabela 8 - Equações ajustadas para determinação de nitrogênio amoniacal e relação C/N para cama de maravalha..... 55

Tabela 9 - Equações ajustadas para determinar nitrogênio amoniacal e C/N para cama de café 55

Tabela 10 - Valores médios de conteúdo de umidade, pH, nitrogênio total, carbono orgânico total, relação C/N e nitrogênio amoniacal em função do tipo de substrato da cama (maravalha e casca de café)..... 55

Tabela 11 - Valores médios de pH, conteúdo de N total, relação C/N e conteúdo de N amoniacal em função do número de ciclos de utilização das camas 56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processos de conversão do nitrogênio. 16

Figura 2 - O efeito da NH3 no consumo de alimentos. 20

Figura 3 - Cidades onde foram coletadas as amostras de cama de frango. 27

Figura 4 - Número de amostras obtidas por cama e por ciclo produtivo das aves. 29

Figura 5 - Pontos selecionados para a coleta da cama. 29

Figura 6 - Embalagem e identificação das amostras. 30

Figura 7 - Análises de pH em água. 32

Figura 8 - Determinação de carbono compostável: a) predestilação; b) adição de reagentes; c) titulação. 33

Figura 9 - Análises de nitrogênio total: a) preparação da amostra; b) digestão; c) indicador de titulação (ácido bórico); d) titulação. 34

Figura 10 - Análises de nitrogênio amoniacal: a) preparação da amostra; b) destilação; c) titulação. 36

Figura 11 - Relação entre o teor de umidade, em porcentagem, e o número de ciclos de reuso para cama de maravalha e casca de café. 39

Figura 12 - Valores de pH em relação ao número de ciclos de reuso na cama de maravalha e casca de café. 40

Figura 13 - Comportamento do pH no solo. 41

Figura 14 - Valores de carbono orgânico total em relação ao número de ciclos de reuso na cama de maravalha e casca de café. 42

Figura 15 - Perdas de CO_2 por volatilização. 42

Figura 16 - Valores de nitrogênio total em relação ao número de ciclos de reuso na cama de maravalha e casca de café. 44

Figura 17 - Valores de N amoniacal em função do número de ciclos da cama de maravalha e casca de café 46

Figura 18 - Processo de perdas de ureia. 46

Figura 19 - Valores de Ntotal e de Namon em função do número de ciclos de reutilização da cama de maravalha e casca de café. 47

Figura 20 - Relação C/N da cama de maravalha e casca de café. 49

Figura 21 - Valores de Namon em relação ao pH da cama de maravalha e casca de café. 50

Figura 22 - Valores de Namon em relação à umidade encontrada na cama de maravalha e casca de café. 52

Figura 23 - Relação entre os valores de Namon, em função do pH e o número de ciclos da cama de maravalha e casca de café. 53

Figura 24 - Relação C/N em função do número de ciclos de reutilização e do conteúdo de carbono da cama de maravalha e casca de café. 54

RESUMO

ZAPATA MARÍN, Olga Lucía, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2011. **Caracterização e avaliação do potencial fertilizante e poluente de distintas camas de frango submetidas a reusos sequenciais na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais**. Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientadores: Cecília de Fátima Souza, Fernando da Costa Baêta e Jadir Nogueira da Silva.

À medida que a produção de frangos de corte no Brasil aumenta, maiores quantidades de cama são geradas e é notória a necessidade de se pensar nas possibilidades de manejo e de destino desse resíduo, a fim de minimizarem os impactos causados, quando esse é mal disposto, bem como maximizar seu potencial econômico, quando, adequadamente utilizado. Entre as possibilidades de aproveitamento, o uso da cama como adubo orgânico torna-se uma das alternativas mais viáveis, embora poucos, ou quase nenhum, estudos apresentam resultados conclusivos acerca da viabilidade do tipo da cama aviária, em função do número de reusos para ser utilizado como compostagem, assim como do seu potencial na geração de gases poluentes como a amônia. Os objetivos gerais deste trabalho consistiram em avaliar e caracterizar os dois tipos de cama de frango (maravalha e casca de café) mais utilizados na avicultura industrial representativa da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, com ciclos de uso crescentes, quanto ao melhor momento para

se proceder a compostagem, com base em sua relação carbono/nitrogênio, bem como determinar o potencial de emissão de amônia, conforme a concentração do nitrogênio amoniacal existente nos diferentes tipos de cama e ciclo de utilização. Considerando as condições experimentais em que se realizou este estudo, pode-se concluir que a cama com maravalha, do primeiro ciclo, e a de casca de café, do primeiro e do segundo ciclo, foram as que apresentaram melhores comportamentos na sua relação C/N para seu posterior uso como compostagem. Concluiu-se, também, que, em ambas as camas, não houve diferenças significativas no potencial de concentração de nitrogênio amoniacal (N_{amon}), em razão do tipo de cama e número de ciclos de reuso; contudo, em valores absolutos, a cama de casca de café apresenta tendências a maiores valores de concentração de N_{amon}.

ABSTRACT

ZAPATA MARÍN, Olga Lucía, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2011. **Assesment and evaluation of fertilizer and contaminant potentials of broiler litters as a function of its carbon/nitrogen ratio and ammonia generation rate at several cycles of reuse**. Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-advisers: Cecília de Fátima Souza, Fernando da Costa Baêta and Jadir Nogueira da Silva.

As the production of broiler chickens in Brazil and the world increases, larger amounts of litter are generated, and is notorious for its perceived need to think about the possibilities of management and destination of this waste, in order to minimize the impacts caused by them, as well as maximize their economic potential, when are used correctly. Among the possibilities for exploitation of the waste, the use of bed as an organic fertilizer becomes one of the most viable alternatives. Only a few studies in the reported literature on the area have presented conclusive results on the viability of poultry litter types as a function of the number of reuses on the production of compost, as well as their potential to generate pollutant gases such as ammonia. Therefore, the aim of this study was to evaluate and characterize two types of broiler litters (wood shavings and coffee husks) commonly used in the poultry industry of the "Zona da Mata" of Minas Gerais state, Brazil, and to determine the best time to make compost based on their Carbon and Nitrogen ratio to the different bed types and cycles, and evaluate the litter potential to ammonia generation as a function of

the different bed types and cycles. It was found that litter with wood shavings at the first cycle and litter with coffee husks at the first and second cycles showed the best carbon/nitrogen ratios for subsequent use as compost. It was also observed that for both cases (wood shavings and coffee husk) there were no significant differences in the potential of ammoniacal nitrogen (N_{ammon}), depending on bed type and number of cycles of reuse. However, in absolute values, the bed of coffee husks tended to have higher potential of N_{ammon} than the bed of wood shavings.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo e acelerado da produção agropecuária brasileira faz com que essa atividade gere grande e crescente quantidade de resíduos que, se mal manejados, poluem o ar, a água e o solo, tornando assim obrigatória a inclusão do conceito de sustentabilidade e gestão ambiental nesse setor.

O manejo adequado desses resíduos com altos conteúdos de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e minerais é extremamente relevante, uma vez que esses podem atuar como importantes fertilizantes para o solo e possibilitar impacto ambiental mínimo, tanto para o solo quanto para as águas superficiais e subterrâneas. Contudo, quando mal manejados, os resíduos da agropecuária têm o poder de poluir as águas superficiais e o lençol freático, podendo ainda aumentar o conteúdo de nutrientes minerais de substâncias orgânicas que demandam oxigênio de materiais em suspensão e, em algumas ocasiões, microorganismos patogênicos (SEIFFERT, 2000). Também esses resíduos podem afetar a qualidade do ar por emissões de gases como amônia, exalação de odores e produção de pó (TINÔCO et al., 2004; 2008).

O Brasil possui uma das maiores indústrias avícolas do mundo, posicionando-se como o terceiro maior produtor de frango do planeta. Sendo assim, torna-se muito fácil compreender que o pais é, também, um dos maiores produtores do resíduo “cama de frango”, que necessita ser devidamente

manejado com o objetivo de tornar a atividade ambiental, social e economicamente viável.

Cama é o material vegetal distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004; TRALDI et al., 2004), que vai sendo acrescido paulatinamente, durante o período de ocupação das aves, uma mistura da excreta, penas e sobras de ração. Vários substratos são utilizados na composição da cama dos aviários, destacando-se os restos de culturas e palhadas como: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado ou triturado, entre outros materiais (BAPTISTA et al., 2005).

Segundo Santos e Lucas Júnior (2003), a produção média de cama é de cerca de 2,2 kg por unidade de frango de corte. Considerando que a produção de frango de corte no Brasil, em 2009, foi de 6,3 bilhões de aves, estima-se que a produção de cama, nesse mesmo ano, tenha sido de, aproximadamente, 13,6 bilhões de quilo. À medida que a produção nacional de frangos de corte aumenta, maiores quantidades de cama são geradas e é notória a necessidade de se pensar nas possibilidades de manejo e de destino desse resíduo, a fim de minimizarem os impactos causados.

Em razão das condições climáticas brasileiras, dependendo da qualidade, do volume e manejo, a cama pode ser utilizada em até 12 lotes; geralmente, a média de reutilização máxima praticada no Brasil é de quatro lotes consecutivos (ÁVILA et al., 2007).

A qualidade do ar nos sistemas de criação animal está diretamente relacionada ao metabolismo dos animais, ao tipo de cama e ao número de reutilizações dessa. Assim, a cama de frango tem influência direta na produção de amônia (NH_3), poluente tóxico mais encontrado no interior das instalações avícolas, que causa danos a saúde e reduz a produtividade dos animais e dos trabalhadores (TINÔCO, 2004; OSÓRIO et al., 2009).

Adicionalmente, a amônia pode se converter num gás de efeito estufa e suas emissões no setor pecuário afetam a qualidade do ar. Por isso, o estudo da amônia tem chamado a atenção dos pesquisadores em diferentes países.

Seres humanos podem perceber, pelo cheiro, a presença de amônia em concentrações iguais ou superiores a 45 ppm; os mais sensíveis podem detectar concentrações de 10 ppm. O limite tolerável de concentração e tempo

de exposição da amônia muda de país para país; normalmente, encontrando-se perto de 25 ppm, por um período de tempo de exposição de 15 horas; 35 ppm, por 8 horas; e 50 ppm, por 5 minutos (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH, 2001; PHILIPS et al., 2001).

Com o aumento do número de ciclos de uso da cama de frango, consequentemente espera-se maior concentração de nitrogênio amoniacal capaz de ser volatilizado; contudo, não se conhece a capacidade potencial de encontrar esse elemento, por causa do tipo de material e do número de reutilização da cama, necessitando de investigação nesse sentido.

Os objetivos gerais deste trabalho consistiram em avaliar e caracterizar dois tipos de cama de frango (maravalha e casca de café) mais utilizados na avicultura industrial representativa da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, com ciclos de uso crescentes, no que se refere ao potencial como fertilizante orgânico, com base em sua relação carbono/nitrogênio; bem como determinar o potencial de concentração do nitrogênio amoniacal nessas camas, em relação ao tipo de cama e ciclo reprodutivo das aves.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é 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, consequentemente, a geração de resíduos. Segundo a União Brasileira de Avicultura (UBABEF), o País exportou 2,51 milhões de toneladas de carne de frango no acumulado de janeiro a agosto de 2010, o que representa uma alta de 3,63%, em relação ao mesmo período de 2009.

A relação da produção animal com o meio ambiente, e os impactos negativos que essa pode causar aos recursos naturais, sociais, econômicos e culturais, é ainda pouco conhecida pela sociedade brasileira. Nos países europeus e norte-americanos, o conhecimento dessa relação é maior por causa de os conflitos existentes terem maior divulgação nos meios de comunicação, as políticas agropecuárias estarem mais bem delineadas, as legislações ambientais serem mais restritivas e as instituições fiscalizadoras estarem melhor equipadas e organizadas (PASCALE, 2009).

A cama de frango é normalmente reutilizada para reduzir o custo de produção e a poluição ambiental. Poucos estudos têm avaliado as características da cama reutilizada e, portanto, existem poucas informações sobre as vantagens e as desvantagens de essa ser reutilizada. À medida que a produção nacional de frangos aumenta, maiores quantidades de cama são geradas, havendo a necessidade de se pensar nas possibilidades de manejo e

de destino desse resíduo, a fim de minimizar os impactos negativos causados por esse (SANTOS, 1997).

2.1. Impactos ambientais da produção de frangos

Em regiões de grande concentração de produtores, o excedente de cama é gerado e usado para disposição no meio ambiente, provocando excesso de nutrientes no solo. Pelo fato de o Brasil apresentar um clima que permite a produção em aviários abertos, se criam condições de reutilização da cama, que, dependendo de sua qualidade, seu volume e manejo, pode ser utilizada em até 12 lotes; no geral, se reutiliza por quatro lotes consecutivos (ÁVILA et al., 2007). Esse fato contribui sobremaneira para reduzir o excesso de cama para disposição no meio ambiente, assim como a demanda por corte de árvores e a necessidade de aquisição de outros materiais utilizados como cama, que estão escassos no mercado.

Pode-se afirmar que a avicultura do Brasil não desperta preocupações ambientais por grande parte da sociedade. O conhecimento que se tem dessa cadeia produtiva é que essa fornece carne e ovos a preços acessíveis ao mercado consumidor interno, e que, no caso do frango de corte, esse é um dos principais produtos de exportação do País. Essa realidade não difere muito das realidades observadas ao redor do mundo.

A inserção das questões ambientais relacionadas a qualquer atividade produtiva é obrigatória já há algum tempo, tendendo cada vez mais ser motivo de cobrança pelos diversos setores sociais. Atualmente, verifica-se a cobrança de normativas como a EurepGap, BRC e ISO/FDIS 22000:2005, utilizadas como pré-requisito para a importação dos produtos avícolas brasileiros.

2.2. A cama para produção de frangos de corte

Cama é todo o material orgânico distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004), sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e substrato utilizado sobre o piso. Vários substratos são usados na composição da cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros

materiais (GRIMES, 2004). Há vários materiais que podem servir como cama; a escolha entre esses irá depender principalmente da disponibilidade desses na região de criação. A cama de maravalha ou raspa de madeira é a mais utilizada pelos criadores, por atender todas as características de uma boa cama, tendo como ressalva a possibilidade de essa estar contaminada com pesticidas usados na conservação da madeira, ou por não ser disponível na região.

Os objetivos do uso da cama de aviário são evitar o contato direto da ave com o piso, servir de substrato para absorção de água e urina, incorporação das fezes e penas e contribuir para redução das oscilações de temperatura no galpão. Considerando essa finalidade, a cama deve ter as seguintes características: ter alto poder de absorção, ser livre de contaminação (bactérias, fungos e materiais estranhos), ser de fácil disponibilidade e ser um material não tóxico aos animais, com teor de umidade máximo de 20% (PERDOMO, 2001).

Outra característica que faz atraente o uso da cama de frango são as suas propriedades físicas e químicas, que permitem que essa seja usada na produção de compostagem ou de biogás. A utilização da cama de frango como adubo orgânico está sendo muito difundido, não somente como adubação de pastagens, mas também para hortaliças, milho, algodão e café. É de grande importância que o produtor utilize um material de excelente qualidade, livre de produtos químicos e, de certa forma, padronizado quanto à composição química.

O sistema produtivo brasileiro de frango permite a reutilização da cama com variação de uma a oito criadas, segundo especialistas. Assim, deve-se atentar à qualidade da cama a ser utilizada, a fim de se alcançarem os objetivos quanto à reposição de nutrientes nas mais variadas culturas. Na Tabela 1 é apresentada uma composição típica provável de camas de aviário e, na Tabela 2, pode-se observar como a cama de suínos apresenta composição de certa forma similar à de frango.

Tabela 1 - Composição da cama de aviário com serragem, em porcentagem da matéria seca (g/kg)

Amostras	N	P	K	Ca	Mg	$S\text{-}SO_4$
1	20,00	16,70	31,30	22,80	7,50	4,70
2	18,00	10,70	18,10	19,60	5,40	4,40
3	26,60	13,60	26,30	23,60	5,07	4,85
4	16,30	13,60	18,10	27,40	6,70	4,40
Média	20,23	13,65	23,45	23,35	6,17	4,59
%	2,00	1,36	2,34	2,33	0,62	0,46

Fonte: Redes de Referências (Londrina).

Tabela 2 - Conteúdo médio de nutrientes (NPK) da cama de suínos e de aves

Nutrientes	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Matéria orgânica (%)	pH
			kgt^{-1}				
Cama suínos	29,6	40,0	37,5	22,0	6,9	57,4	7,4
Cama frango	30,0	24,0	36,5	23,0	7,3	65,5	8,2

Fonte: Asa Alimentos, DF e FESURV, Rio Verde, GO (2002).

2.2.1. Problemas mais comuns na cama de frangos

Têm-se observado nos últimos anos, por diversos segmentos da sociedade, questionamentos quanto aos passivos ambientais dos sistemas de produção de aves de corte e de postura. Essa discussão possibilita o desenvolvimento dessas cadeias produtivas com sustentabilidade, ou seja, em que não somente as diretrizes econômicas serão consideradas, mas também as ambientais e sociais (MOUCHREK; JORGE, 2001).

Para manter a posição de maior exportador de carne de frango, o Brasil deve se adequar às exigências internacionais dos padrões de qualidade, procurando sempre recursos alternativos de melhoria, sem grande incremento no custo de produção, incluindo a qualidade da cama, os requisitos de bem-

estar animal e as questões ambientais, como o uso e reuso das camas de frango.

Para isso, são necessárias pesquisas nas áreas de bem-estar animal, ambiência, comportamento animal e no uso de tecnologias de climatização modernas que aperfeiçoem a qualidade do ambiente gerado para criação dos frangos, visando, além desse fator, menor emissão de gases com potencial efeito estufa para o ambiente, tornando-se um sistema de produção sustentável.

Os problemas com a cama, em particular, se relacionam diretamente ao ambiente proporcionado às aves, como temperatura, alta umidade e emissão de amônia, o que pode, por um lado, determinar condição de estresse calórico e problemas respiratórios para as aves (FURLAN et al., 2000); e, por outro, diminuir o número de microorganismos na cama, o que seria desejável quando se pretende reutilizar a cama para um lote subsequente.

É conhecido que os frangos não expressam todo o seu potencial genético em um ambiente inadequado, a qualidade do ambiente em um aviário é altamente dependente da característica da cama e os dois fatores que podem influenciar essa condição são a umidade e as excretas. Como produção de excretas não pode ser controlada, o avicultor pode e deve monitorar o nível de umidade da cama (MOUCHREK; JORGE, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2003), no alojamento de aves em alta densidade, pode haver maior deposição de água na cama, por causa do estresse calórico sofrido pelos animais, aumentando o consumo de água e, consequentemente, a quantidade de excretas úmidas. Se o manejo das aves e dos bebedouros não estiver correto, também poderá aumentar a umidade das camas.

Excesso de umidade na cama aumenta a incidência de calos no peito e pés, queimaduras de pele, formação de crostas, hematomas, condenações e desclassificações; bem como a causa de um dos problemas ambientais mais graves da produção moderna de frangos de corte: a geração de amônia.

A cama seca e poeirenta também pode causar problemas, como desidratação de pintos, doenças respiratórias e maior taxa de condenação; portanto, o ideal é que a umidade da cama fique entre 20% e 25%.

2.2.1.1. Efeitos dos resíduos avícolas sobre a qualidade da água

Resíduos de aviários apresentam o potencial de ser tanto um recurso como um poluente. Quando esses são adequadamente usados, apresentam riscos ambientais mínimos; no entanto, quando impropriamente manipulados, podem degradar o ambiente e causar dificuldades à comunidade e imagem dos criadores, para a condução da atividade. Seguir boas práticas de manejo de resíduos é absolutamente essencial para o desenvolvimento da avicultura (SEIFFERT, 2000).

Fontes poluidoras, derivadas do escoamento de águas superficiais e infiltração no lençol freático em áreas pecuárias e agrícolas de exploração intensiva, são as principais causadoras da degradação da água em áreas rurais (SEIFFERT, 2000). Os poluentes potenciais encontrados em esterco de aves que podem alcançar os corpos de água são nutrientes minerais, substâncias que demandam oxigênio, materiais em suspensão e patógenos.

A matéria sólida suspensa nos corpos de água pode afetar o oxigênio dissolvido por redução na penetração de luz solar e, consequentemente, a geração de oxigênio livre por meio da fotossíntese de algas e plantas aquáticas (SEIFFERT, 2000).

Conscientes do problema ambiental, atualmente nos países latino-americanos, para evitar contaminação de corpos de água por resíduos gerados na agroindústria avícola, estão sendo usados sistemas de tratamento de águas residuais como poços sépticos, além do uso da cama em processos como a compostagem, que não faz uso de recursos hídricos, a fim de não haver a contaminação direta por processos de infiltração no solo.

2.2.1.2. Microorganismos patogênicos nas granjas avícolas

As fezes de todos os animais contêm bactérias, que, em contato com as fontes de água potável, podem causar contaminação. *Escherichia coli* e *Salmonella* são bactérias naturalmente presentes nas fezes de todos os animais, que podem contaminar a água superficial. Os pós gerados nas instalações avícolas contêm bactérias que afetam a qualidade microbiológica do ar dentro e fora dos galpões (TERZICH et al., 2000; DAVIS; MORISHITA, 2005).

Fernandes e Furnaleto (2004) trataram de identificar o principal agente biológico que pode ser exposto aos trabalhadores nos galpões avícolas. Na microbiologia das camas, 82% tem predominância de bactérias, especialmente *Lactobacillus sp* e *Salinococcus* sp. e, em menor quantidade, *Clostridium* sp., *Staphylococcus* sp. *e Bordetella* sp.

O controle de enfermidades na avicultura é feito por meio do uso correto de medidas sanitárias e programas de imunoprofilaxia, que visam prevenir a instalação de doenças nos plantéis, protegendo os animais e, indiretamente, o consumidor, usuário final do produto avícola (ROGERO; MONTEIRO, 2008).

Microorganismos patogênicos podem ser introduzidos em uma granja avícola ou um incubatório de várias formas. Os protocolos de limpeza e desinfecção são componentes essenciais de qualquer programa de biosseguridade (ROGERO; MONTEIRO, 2008).

2.2.1.3. Cama de frango como nutrição animal

Vários patógenos presentes na cama de frangos geram preocupações quanto a possíveis problemas por eles causados, diretamente na produção ou para o consumidor dos produtos acabados. Essas bactérias são, via de regra, trazidas pelos pintos e perpetuadas no aviário de lote na própria cama, ou albergadas em reservatórios que escapam à desinfecção, com os cascudinhos e os roedores. O patógeno aviário mais frequentemente relacionado à cama parece ser *E. coli* causador de dermatite necrótica (LECLERC et al., 2003; JEFFREY et al., 2004).

Um risco inerente ao uso da cama de aviário na alimentação de bovinos é a possibilidade de ocorrência de botulismo, em razão da presença eventual de altas concentrações de *Clostridium botulinum*, produtor da toxina botulínica, ou de seus esporos (LIVESEY et al., 2004).

O extraordinário desenvolvimento das explorações avícolas, particularmente no setor de frango de corte, trouxe a possibilidade de aproveitamento da cama de frango para outras atividades, como adubo para agricultura ou fonte de proteína barata para nutrição animal (proibida recentemente por motivos de bioseguridade). Porém, à medida que a qualidade

microbiológica dos alimentos, o bem-estar animal e o impacto ambiental gerado pela atividade de produção de alimentos ganham mais destaque, faz-se necessário inserir a cama de frango nas discussões avícolas, sendo este um desafio físico e econômico a ser superado,

A multiplicação de bactérias na cama é inerente à produção e pode ser minimizada, mas não evitada. Os frangos são criados em um ambiente que oferece condições ótimas para a multiplicação de bactérias da microbiota fisiológica, sobretudo de lactobacilos e outros gram-positivos benéficos, porém essas condições também facilitam a multiplicação das colônias de patógenos ou outras bactérias indesejáveis (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2005).

A cama de frango foi fornecida para ruminantes por muito tempo, porém, por causa dos problemas sanitários ocorridos na Europa em 2001, como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), o Ministério da Agricultura publicou uma Instrução Normativa (BRASIL, 2010) proibindo, entre outros, a comercialização da cama de frango com a finalidade de alimentação para ruminantes.

Tal proibição se deve aos riscos de haver contaminação da cama com restos de ração que por ventura tenha proteína de ruminantes em sua composição. Em razão da dificuldade de fiscalização em todo o território brasileiro para diferenciar se as aves foram alimentadas com proteína especificamente vegetal ou animal, a instrução proíbe o uso de toda e qualquer cama, independentemente da sua origem.

Consequentemente, o destino para cama de frango tornou-se restrito, sendo necessárias mais pesquisas, com objetivo de estudar alternativas para o aproveitamento desse resíduo, entre essas a reutilização da cama de frango para produção de compostagem.

2.3. A cama de frango reutilizada

O Brasil possui uma das aviculturas mais desenvolvidas e tecnificadas do mundo. Em regiões de grande concentração de produtores, um excedente de cama é gerado e usado para disposição no meio ambiente, provocando excesso de nutrientes no solo e alta pressão pelo corte de árvores para produção de camas novas. Felizmente, pelo fato de o País apresentar um clima que permite a produção em aviários abertos, se criam condições de reutilização da cama, que, dependendo da sua qualidade, seu volume e manejo, pode ser utilizada em até 12 lotes; no geral, se reutiliza por quatro lotes consecutivos (ÁVILA et al., 2007).

Segundo Baptista et al. (2005), a cama pode ser reutilizada de uma a seis vezes, sem que hajam diferenças significativas no que se refere a mortalidade, ganho de peso, consumo de ração, eficiência alimentar e qualidade das carcaças das aves.

No Brasil, a reutilização de cama é praticada por aproximadamente quatro criadas; e, nos Estados Unidos da América do Norte, entre 15 e 30 (CUMBA, 2010), embora em algumas regiões daquele país, como no Estado de Kentucky, o tipo de cama mais usado é o de casca de arroz, que é reutilizado por até seis vezes. Por causa dessa prática de reutilização de cama é que se deve dar atenção especial ao seu manejo.

O material normalmente utilizado na criação intensiva de cama de frangos de corte no Brasil tem sido a maravalha. No entanto, periodicamente, tem-se observado escassez do produto no mercado e consequente aumento nos preços praticados, trazendo dificuldades aos produtores em muitas regiões do País.

A reutilização das camas, desde que adequadamente manejadas, tem contribuído para reduzir o custo e minimizar a falta da maravalha. Contudo, a procura por opções alternativas que permitam obter a mesma eficiência técnica desse material tem sido uma constante nos últimos anos. As restrições técnicas à reutilização de cama na criação de frango vêm, progressivamente, cedendo espaço à bem sucedida adoção do método por muitos criadores. Reutilizar cama, entretanto, não significa desconhecimento dos riscos

associados ao método ou desatenção aos cuidados de limpeza e desinfecção das instalações (JORGE et al., 1997).

Santos (1997) constatou que há diminuição significativa na produção de resíduos na granja quando se reutiliza a cama. Segundo o autor, a produção de cama, que se criou um lote, foi de 0,521 kg de matéria seca (MS) de cama/kg de peso vivo de ave; e, para dois lotes, 0,439 kg, indicando que uma reutilização pode diminuir a quantidade de resíduos (produção de cama) em aproximadamente 16%.

Na medida em que a produção nacional de frangos aumenta, maiores quantidades de cama são geradas e é notória a necessidade de se pensar nas possibilidades de manejo e de destino desse resíduo, a fim de minimizar os impactos causados.

Um estudo feito sobre camas de frango demonstrou não haver diferenças sobre o desempenho de frangos de corte, quando criados sobre camas de cepilho velho, bagaço de cana, casca de café, palha de arroz, palha de feijão e cepilho novo (MOUCHREK; JORGE, 2001).

Observações da literatura sobre o uso de camas para frangos de corte mostram não haver diferenças significativas entre camas novas e reutilizadas, nas características de desempenho das aves (conversão alimentar, ganho de peso e índice de desempenho).

Entretanto, há outros estudos que apresentam resultados negativos sobre o uso da cama de frangos com mais de dois ciclos como o trabalho feito por Traldi et al. (2004), os quais constataram os efeitos dessas camas reutilizadas nas carcaças, que apresentam o agravamento de sérios problemas nas aves, em relação às camas com um ciclo.

Quanto aos parâmetros zootécnicos, Baptista et al. (2005) verificaram que aves criadas em cama reutilizada já apresentavam, aos 21 dias, peso vivo superiores àquelas criadas em cama nova, não havendo, entretanto, referência quanto à densidade de criação.

Traldi et al. (2007) encontraram que o pH e a amônia volatilizada das camas reutilizadas apresentaram valores significativamente superiores, comparadas às novas, o que pode ser explicado pelo fato de que a cama reutilizada contém maior teor de ácido úrico e, portanto, maior teor de amônia e de pH, aspecto mencionando também por Blake e Hess (2001).

A reutilização da cama de frango é prática ambientalmente aceitável, dada a diminuição dos resíduos orgânicos gerados na produção avícola. Há poucos estudos que apresentam os efeitos positivos ou negativos que a cama nova ou reutilizada de frangos tem sob sua adição, como adubo orgânico em culturas e os seus efeitos no solo, tendo em conta sua alta ou baixa relação C/N.

Alguns trabalhos isolados apresentam resultados importantes como os feitos por Benedetti et al. (2009), que estão na Tabela 3. Em relação à composição química de quatro camas de frango com casca de café retiradas de uma mesma granja, foram observadas diferenças percentuais, em relação ao número de criadas para os parâmetros analisados, o que influência diretamente nas suas características para seu posterior uso como adubo ou para a produção de biogás.

2.4. Nitrogênio em camas de frango de corte

O conteúdo de nitrogênio na cama de frangos tende a elevar-se com o número sucessivo de lotes e, geralmente, atinge o máximo, após o quarto e quinto lote de aves. A quantidade de cama adicionada entre lotes irá também afetar o conteúdo de nutrientes do material fertilizante final.

A amônia e os nitratos são as duas formas químicas de nitrogênio mais comuns nos resíduos avícolas. Os nitratos podem ser a maior forma contaminante do lençol freático, quando níveis excessivos de cama de frangos são utilizados como adubo. Esses nitratos são solúveis em água e são transportados pela solução do solo às raízes das plantas e também ao lençol freático, onde podem contaminar suprimentos de água potável subterrânea (ZHONGCHAO; ZHANG, 2004; PATTERSON; ADRIZAL, 2005), podendo provocar efeitos severos ao meio ambiente como acidificação nos solos e a eutrofização na água.

Tabela 3 - Parâmetros e composição química da cama de frango com casca de café no município de Amparo, SP, em conseqüência do número de reutilizações da cama

Nutrientes /parâmetros	Número de criadas			
	1	2	3	4
Nitrogênio (%)	4,7	2,8	3,1	6,7
Fósforo (%)	2,1	2,8	4,3	2,4
Potássio (%)	4,4	4,5	5,3	3,6
Cálcio (%)	1,6	1,7	1,8	1,7
Magnésio (%)	0,4	0,5	0,5	0,5
Sódio (%)	0,5	0,6	0,6	0,5
Ferro (%)	0,1	0,1	0,1	0,2
Cobre (ppm)	400	500	600	< 0,01
Manganês (ppm)	300	400	400	400
Zinco (ppm)	300	400	400	400
Enxofre (%)	0,5	0,5	0,6	0,6
Alumínio (%)	0,2	0,1	0,2	0,3
Cinzas (%)	19,4	16,7	17,9	21,3
Umidade (%)	29,3	27,8	29,2	21,3
Matéria orgânica (%)	80,6	83,3	82,1	78,7
Boro (ppm)	10	11,4	12,3	11,1
Cobalto (ppm)	33	22	17	
Molibdênio (ppm)	83	167	83	
pH	8,9	8,9	8,9	
Densidade (g/cm^3)	0,33	0,39	0,36	

Fonte: Benedetti et al. (2009).

Quando fertilizantes nitrogenados, amoniacais ou de rápida conversão em outras formas em amônio, além de resíduos orgânicos ricos em nitrogênio amoniacal, são aplicados na superfície de solos de pH básico (alcalinos ou calcários), uma reação química pode causar a perda de nitrogênio como gás NH_3, num processo chamado volatilização, que ocorre segundo a seguinte reação:

$$NH_4^+ + H_2O + OH \longrightarrow NH_3(g) + 2H_2O \quad (1)$$

O íon amônio (NH_4^+), por meio de processos de nitrificação e desnitrificação, pode ser convertido em oxido nitroso, que é um gás efeito estufa importante (BLAKE; HESS, 2001) (Figura 1).

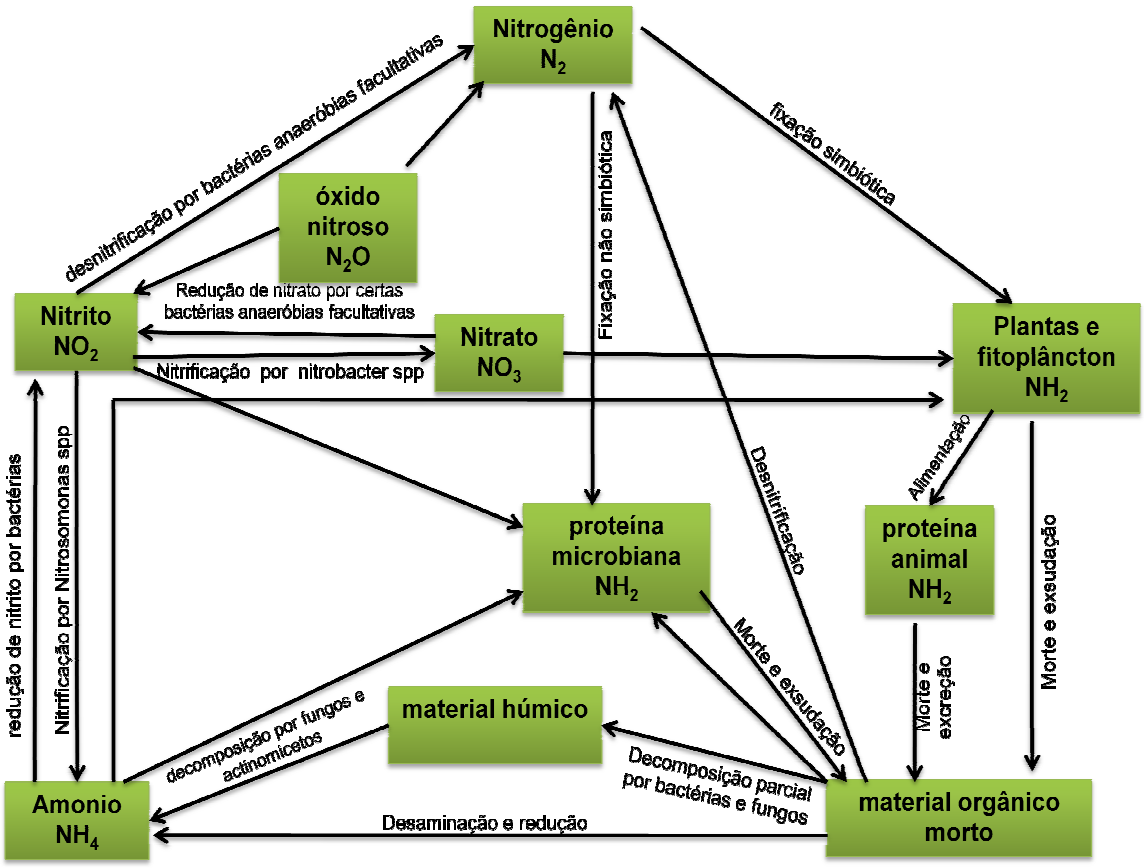


Figura 1 - Processos de conversão do nitrogênio.

O íon amônio (NH_4^+) é a forma dominante de nitrogênio no esterco das aves, que é convertido em amônia (NH_3^+), com a elevação do pH e sob determinadas condições de umidade.

Na avicultura, a produção predominante do resíduo nos aviários se dá na forma sólida. A higienização dos galpões de produção se faz por raspagem dos resíduos (material palhoso misturado com urina e dejetos), sempre que houver renovação do plantel em criação (quatro a seis vezes por ano), o que ocasiona perdas de nitrogênio na forma de gás amônia (PATTERSON; ADRIZAL, 2005).

Na Tabela 4, estão apresentados os dados médios de perdas de nitrogênio amoniacal na raspagem e em diferentes formas de estocagem do resíduo da cama de frango.

Tabela 4 - Perdas de nitrogênio na coleta e estocagem dos resíduos da produção avícola

Forma de manejo	Perdas de nitrogênio (%)
Raspagem diária da excreta	15-35
Esterco empilhado em local fechado	20-40
Esterco espalhado	40-60

Fonte: Matos (2008).

Como consequência das fontes relacionadas com a produção animal, entre as quais encontra-se a raspagem, as emissões de amônia (NH_3) para a atmosfera têm aumentado drasticamente (MATOS, 2008).

O estudo sobre a amônia tem chamado a atenção dos pesquisadores há anos, em diferentes países. Na Europa e nos Estados Unidos, foram conduzidos inventários sobre emissões de NH_3, que se geram no setor pecuário, com ênfase na produção de aves, bovinos e suínos.

2.4.1. A amônia em granjas avícolas

A qualidade do ar em ambientes de produção animal vem sendo referenciada como ponto de interesse em estudos de sistema de controle ambiental, focando tanto a saúde dos animais que vivem em total confinamento quanto a dos trabalhadores que permanecem de quatro a oito horas por dia nesse ambiente de trabalho. Dentro do contexto da avicultura moderna, pesquisas mostram a influência direta do ambiente inadequado de criação como um dos fatores que predispõe ao desenvolvimento de doenças respiratórias nas aves (NAAS et al., 2007).

As doenças respiratórias em aves, geralmente resultado das condições inadequadas da qualidade do ar dentro do aviário, são a segunda maior causa de anormalidades que levaram à condenação total ou parcial de carcaças nos abatedouros.

As referências sobre os poluentes dentro dos aviários e a sua influência sobre a saúde animal, em sua grande maioria, são relacionadas à produção de frango em países de clima temperado, onde as construções são completamente fechadas, o que difere do ambiente das condições brasileiras.

Dentre esses gases poluentes, a amônia (NH_3) é considerada como o mais nocivo produzido em galpões de frangos, podendo afetar a saúde das aves (DAWKINS et al., 2004). Adicionalmente, o gás NH_3 é o precursor das partículas voláteis muito pequenas conhecidas como $PM_{2.5}$ (Particle Matter 2.5 mm), que são o segundo maior poluente do ar das instalações avícolas.

2.4.1.1. Efeito da amônia nas aves

O frango de corte para ser criado necessita de alojamento adequado para se proteger das intempéries, alimentação adequada e sanidade para atingir o seu máximo potencial genético. A cama é um dos itens para se obter o sucesso da atividade, pois sem ela não haveria como criar esses animais no piso.

Os problemas relacionados à cama, em particular, se ligam diretamente ao ambiente proporcionado às aves, como temperatura, umidade e emissão de amônia, o que pode determinar a condição de estresse por calor e os problemas respiratórios, interferindo nas condições de ambiência e bem-estar das aves dentro do galpão (MACARI; FURLAN, 2001).

Kristensen et al. (2000) desenvolveram pesquisa sobre os efeitos da amônia no bem-estar das aves, com base nas cinco liberdades, propostas pela Farm Animal Welfare Council's – FAWC (1992), conforme estão demonstradas na Tabela 5.

Tabela 5 - Efeitos da amônia sobre cada uma das cinco liberdades

Liberdade	Evidência dos efeitos da amônia sobre as aves
Liberdade de fome, sede e desnutrição	Amônia pode reduzir consumo de alimento e causar perda de peso. Efeito sobre sede e alguns comportamentos que ainda não são conhecidos
Liberdade de ambiente adequado	A amônia causa irritação nas membranas mucosas, o que pode causar desconforto
Liberdade de dores, lesões e doenças	Causa lesões, danos na pele, conjuntivites e incrementa a susceptibilidade a muitas doenças
Liberdade de expressar um normal comportamento	As aves mostram preferências por estarem em camas frescas tipo forragens e em ambientes frescos livres de gases na atmosfera
Liberdade de medo e sem estresse	Futuros estudos devem mostrar acerca como as aves têm grandes adversidades na presença de amônia

Fonte: FAWC (1992).

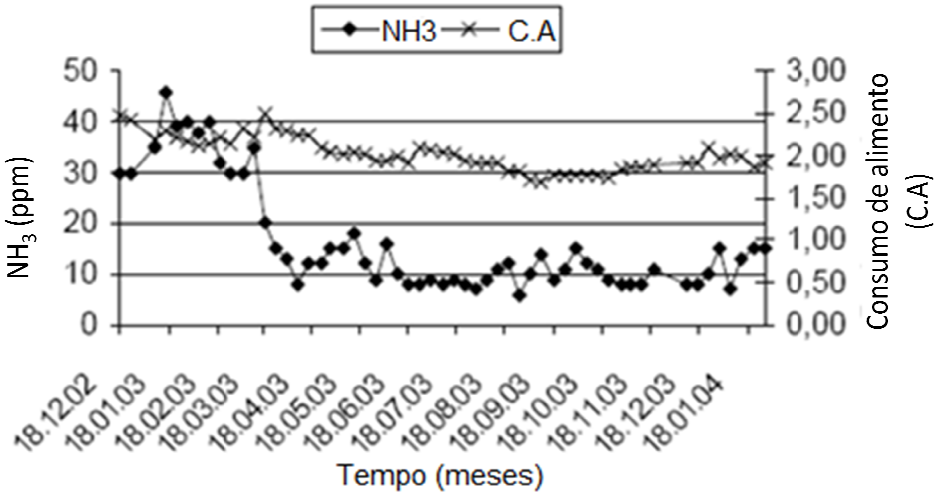
Conhecedores da importância de garantir as melhores condições de criação de frangos, vários pesquisadores têm realizado pesquisas para analisar o efeito do gás amônia no bem-estar animal. Vários estudos (KRISTENSEN; WATHES, 2000; HOMIDAN et al., 2003; WATHES, 2004) indicam que a exposição das aves a valores de NH_3, poeiras e microorganismos aéreos acima de determinado limite afetam significativamente o crescimento desses animais.

Evidências científicas sugerem que concentrações de NH_3 acima de 25 ppm no ar, no interior do galpão, podem ocasionar irritação nas membranas mucosas dos olhos e do aparato respiratório das aves, aumentar a susceptibilidade a doenças respiratórias e reduzir o consumo de alimento, a conversão alimentar e a taxa de crescimento.

Miles et al. (2004) reportaram que, reduzindo as concentrações de NH_3 em 10%, poderia-se aumentar o peso final dos frangos abatidos aos 42 dias de idade em mais de 45 gramas por ave.

A presença de amônia nos aviários pode provocar, além da redução de peso das aves, lesões nos olhos, com agravamento para um quadro de cegueira, e subdesenvolvimento da carcaça.

Em trabalhos realizados, como o de Kocaman et al. (2006), foram detectados que aves expostas a altas concentrações de amônia apresentaram aumento no consumo do alimento e problemas de condenação de carcaça; assim como demonstraram que o incremento do dióxido de carbono e sulfidro de hidrogênio também contribuíram para pior conversão alimentar (Figura 2).



Fonte: Kocaman et al. (2006).

Figura 2 - O efeito da NH3 no consumo de alimentos.

Outros problemas associados à amônia são as doenças respiratórias. Seus efeitos sobre a sanidade das aves têm sido muito bem documentados e conhecidos. Como se sabe, as aves não possuem um sistema respiratório com diafragma, como ocorre nos mamíferos. Portanto, para expelir corpos estranhos inalados, as aves possuem em suas vias respiratórias pequenas cílios que se movimentam expulsando-os.

Quando os níveis de amônia atingem 25 ppm, uma parte desses cílios são paralisados, não promovendo a retirada de material da traquéia. Com 50 ppm, a amônia já é capaz de paralisar uma parte dos cílios, desencadeando uma série de patogenias no organismo das aves (DAWKINS et al., 2004).

Observações feitas desde a década de 1960 demonstraram que lotes de frango submetidos a concentrações de amônia na ordem de 20 ppm, durante 72 horas, possuem o dobro de chance de adquirirem bronquite Newcastle, quando comparados com lotes sem a presença da amônia.

Há diversos fatores que alteram a quantidade de amônia presente no ar interno dos galpões, para produção intensiva de animais, como a volatilização desse gás, que está relacionada aos níveis de umidade do ambiente, à temperatura e à velocidade do ar. Em alguns experimentos, em que foram comparadas diferentes umidades relativas e circulação interna do ar, observou-se que, com o incremento da umidade relativa do ar, ocorreu um incremento proporcional nos níveis de amônia mensurados nesses ambientes (AROGO et al., 2003).

Para Santos (2005), o aumento de umidade leva a piora na qualidade da cama (empastamento), o que compromete a perda de calor das aves, por meio da evaporação por via respiratória, e favorece a decomposição microbiana do ácido úrico, ambas prejudiciais à produção avícola. Segundo Furlan et al. (2000), a umidade excessiva da cama frequentemente se relaciona a pouca espessura do substrato e derramamento de água, com a criação de condições favoráveis para a produção de amônia, propiciando o crescimento de agentes patogênicos.

2.4.1.2. **Efeitos na saúde das pessoas**

A amônia é detectável no ambiente pelo olfato humano, a partir dos 20 a 50 ppm, e causa irritação dos olhos e das vias respiratórias, a partir dos 100 a 200 ppm. Valores superiores a esses podem causar irritações graves do trato respiratório. O Volume Limite Tolerado (VLT) da amônia em atmosferas de trabalho é de 25 ppm (18 mg/m^3) (GREENWOOD; EARNSHAW, 2005).

A concentração máxima, sugerida pela National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH (2001), a que os seres humanos podem ser expostos é de 25 ppm, por tempo de exposição de 8 horas; de 35 ppm, por 15 minutos; e 50 ppm, por 5 minutos.

Quando atinge as vias respiratórias superiores, a amônia provoca dispnéia e tosse. Dependendo da concentração e do tempo de exposição,

esses sintomas podem evoluir, o que ocasiona graves danos pulmonares. Aos olhos, os faz lacrimejar, podendo provocar, por exemplo, conjuntivites, edema palpebral, úlcera da córnea, atrofia da íris e cegueira (PEREIRA, 2007).

Segundo Donham e Cumiro (1999), os trabalhadores rurais de granjas de produção de aves sofrem os mesmos sintomas agudos e crônicos que os de produção de suínos: tosse, fleuma, irritação ocular, dispnéia, dificuldade respiratória, fadiga, congestão e descarga nasal, dor de cabeça, irritação na garganta e febre.

Para as condições brasileiras de produção de frangos de corte, Alencar et al. (2004) observaram redução na capacidade respiratória medida por FVC (Capacidade Vital Forçada) e FEV1 (Volume de Expiração Forçada em um Segundo), em trabalhadores de granjas tradicionais, com mais de quatro anos de atividade, sendo esse risco potencializado em trabalhadores fumantes. O estudo recomenda o limite máximo de permanência de cinco horas por dia para atividades dentro dos galpões.

Para proteger os trabalhadores da exposição à amônia e sulfeto de hidrogênio, a Segurança e Saúde Ocupacional recomenda um tempo de exposição média ponderada 8 horas para valores limite de 25 ppm.

O efeito da amônia na saúde e produtividade das pessoas como dos animais é citado em inúmeros trabalhos. Há estudos acerca da relação direta com esse gás, em razão dos números de ciclos de reutilização da cama e do tipo de material usado, embora haja poucos trabalhos sobre o potencial de volatilização da amônia em consequência dessas variáveis.

2.5. Cama de frango como adubo orgânico

São evidentes os problemas causados pelo manejo inadequado desses resíduos para o meio ambiente, a produção animal e o homem, resultando em sérios prejuízos econômicos e sociais para o País, tanto no aspecto da degradação ambiental quanto no dos custos de medidas de prevenção e tratamentos de saúde.

A disposição ecologicamente adequada dos resíduos avícolas requer estudos sobre alternativas que contemplem o aspecto econômico, técnico, social e ambiental. A compostagem enquadra-se nesses requisitos, podendo

ser empregada desde que alguns parâmetros sejam adaptados de maneira mais segura, ou seja, sem que haja disseminação de doenças na região onde a atividade está inserida (COSTA et al., 2005).

A compostagem é um processo biológico aeróbio de transformação da matéria orgânica, apresentando como produto final um composto estabilizado e sanitizado, por causa da produção de calor gerada pelos diversos microrganismos envolvidos na degradação (AQUINO et al., 2005).

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos, denominados de cama de frango, são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis nas propriedades rurais a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais. A dose de cama a ser recomendada deve levar em consideração as necessidades da cultura e propriedades físicas e químicas do solo. Muitos trabalhos, principalmente no Sul do Brasil, têm demonstrado a viabilidade da utilização da cama de frango como fertilizante (MELLO; VITTI, 2002; MENEZES et al., 2004).

Para se obter um bom composto é de suma importância considerar os fatores que influenciam no processo. Nesse contexto, o fator mais crítico, além da aeração, é a relação C/N, já que o crescimento e a diversificação da colônia microbiológica na massa de compostagem relacionam-se diretamente com a concentração de nutrientes, que fornecem material para a síntese protoplasmática e a energia necessária para o crescimento celular, além de outras funções.

A relação C/N inicial adequada em uma massa de resíduos orgânicos deve estar entre 25/1 a 35:1. Caso a relação C/N seja muito alta, a degradação poderá ser dificultada e, caso seja muito baixa, haverá perda de nitrogênio na forma de amoníaco, que é percebido pelo seu forte odor (KIEHL, 2002).

Comumente a compostagem é considerada um processo aeróbio (exige oxigênio); entretanto, o processamento de esterco anaerobiamente, depositado em uma pilha sem revolvimento, também é utilizado para formação de composto.

Os ingredientes básicos para uma compostagem exitosa são a existência de uma relação correta entre carbono e nitrogênio no material (cerca de 30 de C para 1 de N), um conteúdo adequado de umidade (40% a 50%) e

um adequado suprimento de oxigênio para desenvolvimento das bactérias que irão processar a fermentação.

A fonte de carbono pode ser pó de serra, maravalha ou palha. Pelo fato de a cama de aviário conter geralmente maravalha, o produtor não necessita, em geral, acrescentar material adicional como fonte de carbono (KIEHL, 2002).

Os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio sempre na relação C/N adequada, quer a matéria-prima a ser compostada tenha relação 80/1 ou 8/1 (KIEHL, 2002). Com a própria compostagem, a relação C/N será corrigida, de maneira que, quando o composto estiver humificado, a relação C/N será em torno de 10/1.

Se a relação inicial for elevada, por exemplo 60 ou 80/1, o tempo de compostagem será maior, pois faltará nitrogênio para os microrganismos; esse elemento será reciclado entre as células microbianas até a degradação total da matéria orgânica, enquanto o excesso de carbono é eliminado na forma de gás carbônico. Ao contrário, se a relação C/N for baixa, 6/1, por exemplo, os microrganismos eliminarão o excesso de nitrogênio na forma de amônia, como mencionado, até atingir a relação próxima de 30/1 (KIEHL, 2002). Na Tabela 6 é apresentada uma lista da relação C/N de alguns resíduos orgânicos comuns.

A Embrapa/Fesurv/Perdigão desenvolveu um trabalho, que visou viabilizar a cama de aves na produção de milho, concluindo-se que doses menores e utilização somente de cama foram mais eficientes e econômicas do que a adubação química (KONZEN, 2000).

Alguns estudos, como o de Noll (1992), não recomendam a reutilização da cama de frango, em razão de essa poder apresentar problemas como maior carga bacteriana e de amônia; assim como dar mais trabalho, já que a cama reutilizada tende a empastar-se mais facilmente, embora com bons manejos técnicos esses problemas podem ser solucionados.

Tabela 6 - Relação carbono/nitrogênio de alguns resíduos orgânicos

Material	Relação C:N
Grãos de café	20:1
Espigas de milho	60:1
Esterco de vaca	20:1
Restos de fruta	35:1
Aparas de grama	20:1
Esterco de cavalo com detritos	60:1
Folhas	60:1
Jornal	50-200:1
Folhas de carvalho (verde)	26:1
Musgo de turfa	58:1
Folhas de pinheiro	60-110:1
Esterco apodrecido	20:1
Serragem/madeira	600:1
Serragem exposta ao ar por dois meses	325:1
Palha	80-100:1
Restos de tábua	15:1
Aparas de vegetais	12-20:1

Fonte: Florida's Online Composting Center.

Fukayama et al. (2009), ao avaliarem a produção e a composição química de camas reutilizadas de quatro lotes de criações de frangos de corte, chegaram à conclusão de que a prática da reutilização da cama de frango é uma forma de igualar ou diminuir os custos com a aquisição de nova cama, aumentar a quantidade de nutrientes na cama para ser utilizada como biofertilizante na agricultura e estabilizar ou diminuir o impacto ambiental com a produção de cama por ave produzida.

Verifica-se que as pesquisas demonstraram o potencial técnico e econômico do emprego da cama de frango como adubo orgânico. Entretanto, os estudos acerca da potencialidade da cama de frango como adubo, em razão da sua relação C/N, do tipo de material constituinte e dos números de reutilizações, ainda são pouco conhecidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização

Este trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Resíduos Sólidos e Construções Rurais do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e em granjas convencionais comerciais de frangos de corte da rede integrada das empresas Pif-Paf Alimentos S/A e Nogueira Rivelli Ltda. Tais granjas estão localizadas na região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, nos municípios de Viçosa, Ubá, Barbacena, São Miguel do Anta, Canaã, Ubá, Rio Pomba e Rio Branco (Figura 3).

O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Cwb - clima tropical de altitude, com verão chuvoso e temperaturas amenas.

Esta pesquisa foi realizada no período de fevereiro a novembro de 2010, tendo a temperatura média entre 20 e 25°C e umidade relativa entre 40% e 70%, em todas as granjas onde foram feitas as coletas.

Fonte: www.googlemap.com.

Figura 3 - Cidades onde foram coletadas as amostras de cama de frango.

3.2. Caracterização do material usado como cama

3.2.1. Casca de café

A casca obtida no beneficiamento úmido ou seco de frutos do cafeeiro tem sido considerada, na maior parte das vezes, resíduo sólido problemático. O resíduo, quando não reaproveitado diretamente na lavoura, tem sido depositado em áreas marginais das propriedades, onde permanecem até que se defina seu destino ou, constituindo prática ambientalmente renovável, é lançado em cursos de água. Nos países produtores de café, esse procedimento constitui uma fonte muito severa de contaminação e um problema ambiental muito sério (MARTINEZ, 1999). Atualmente, a indústria avícola está utilizando a casca de café como substrato para cama de criação de frangos.

A faixa de concentração do carbono orgânico total e do nitrogênio na casca do cafeeiro é, em dag kg^{-1} de matéria seca, respectivamente de 48,8 a 51,2 e de 1,32 a 1,88, o que representa uma relação C/N na faixa de 27:1 a 36:1 (MATOS et al., 1998), o que faz desse material excelente insumo para compostagem. O conteúdo de umidade da casca de café é de 11,45% a 18%,

a granulometria está na faixa de 0,25 a 3,36 mm e o pH é de 3,4 a 5 (BAGGIO, 2006).

3.2.2. Maravalha fina

A maravalha é o material mais utilizado como cama de frango. Possui bom poder de absorção. O material utilizado normalmente é *pinus* ou eucalipto. Este material é composto principalmente de fibras e celulose, unidas com lignina, tem composição média de 50 dag kg^{-1} de carbono, 2 dag kg^{-1} de nitrogênio, granulometria de 0,35 a 0,42 mm, possui 28% de umidade e um pH de 2,8 a 3,28 e sua relação C/N é de 25:1

3.3. Coleta das amostras

As amostras da cama de frango foram coletadas em 32 aviários tipologicamente dentro do padrão das empresas da avicultura da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, que, por sua vez, é representativa de todo o Estado e da maior parte da avicultura brasileira, com uma densidade de 13 aves/m^2, de fêmeas, e 11 aves/m^2, de machos.

Os galpões utilizados para fazer as coletas tinham ventilação natural, localizados de leste a oeste.

Foram avaliados dois tipos de cama mais comuns da região (maravalha fina e casca de café), por quatro ciclos consecutivos por cada tipo de cama.

As amostras foram coletadas na última semana do período de criação das aves, em granjas manejadas sob as mesmas condições de trabalho e clima, com a finalidade de se obterem amostras homogêneas e representativas.

3.3.1. Características

Para obtenção das amostras foram selecionados 16 pontos de coleta em cada um dos 32 aviários (Figura 4), evitando realizar amostragem nas

áreas próximas dos comedouros e bebedouros, conforme metodologia usada por Singh et al. (2004).

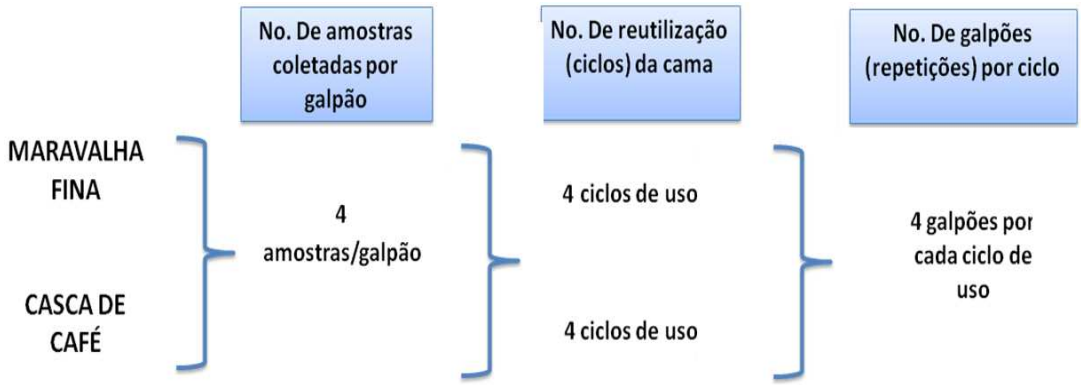


Figura 4 - Número de amostras obtidas por cama e por ciclo produtivo das aves.

Por tipo de cama, foram obtidos quatro ciclos de reuso e, por ciclo de reuso, utilizaram-se 16 amostras por galpão, obtendo quatro subamostras compostas por galpão e por ciclo de uso, com quatro repetições por galpão, totalizando 128 amostras para serem analisadas (Figura 5).

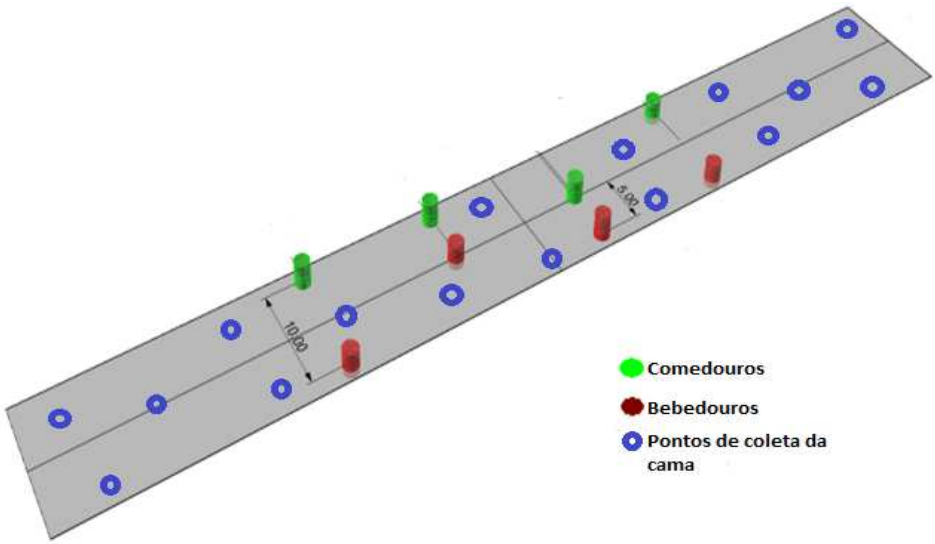


Figura 5 - Pontos selecionados para a coleta da cama.

Cada amostra foi descompactada, homogeneizada, acondicionada e lacradas hermeticamente, para não perder umidade, com identificação como tipo de cama, ciclo de uso, densidade de alojamento das aves (Figura 6).

Figura 6 - Embalagem e identificação das amostras.

3.4. Avaliação das propriedades químicas e físicas

Esta etapa foi feita no Laboratório de Construções Rurais e Ambiência e no de Resíduos Sólidos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Brasil, onde foram realizadas as analises de pH, teor de umidade, carbono orgânico, nitrogênio total e nitrogênio amoniacal de cada amostra de cama.

3.4.1. Determinação do teor de umidade

Para realização da quantificação da umidade da cama, usou-se o método recomendado pela Embrapa (1997), em que foram utilizados os seguintes equipamentos: cadinho de porcelana (com capacidade para 50 mL), estufas de secagem ajustadas para as temperaturas de 65°C e 105^{o}C, balança eletrônica de precisão de 0,01 g e dissecador.

O cadinho foi secado previamente em mufla a 550°C, durante 30 minutos e, em seguida, foi colocado em dissecadores para resfriamento e quantificação de peso. Após a pesagem do cadinho, foram adicionadas nele 20 g do material de cama, que foi levado a secar na estufa sob temperatura de 65°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, foi feita a pesagem final e finalmente determinado o conteúdo de água em base úmida e seca por meio das seguintes equações:

$$U_{(b.u)} = \frac{(M_u - M_s)}{(M_u - M_r)} \times 100 \quad (2)$$

$$U_{(b.s)} = \frac{(M_u - M_s)}{(M_s - M_r)} \times 100 \quad (3)$$

em que $U_{(b.u)}$ é o conteúdo d'água base úmida; M_u, massa do material úmido + Mr (g); M_s, massa da amostra seca a 65°C + M_r (g); M_r, massa do recipiente (g); e $U_{(b.s.)}$, conteúdo de água em base seca.

3.4.2. Determinação do pH

Para determinar o pH da cama, utilizou-se a metodologia de Camargo e Valadares (1980).

O pH da cama aviária foi determinado em laboratório, usando um pHmetro elétrico digital, para o qual 20 g de cada amostra da cama coletada no galpão foi diluída em água numa proporção 1:4 (amostra de cama:água) (Figura 7).

Figura 7 - Análises de pH em água.

3.4.3. Quantificação do carbono orgânico compostável

Para determinação do carbono orgânico compostável, usou-se a metodologia usada por Chan et al. (2001).

Utilizou-se 0,015 g de cama de frango acondicionada em erlenmeyers de 500 mL, onde foram adicionados 10 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ e 15 mL de ácido sulfúrico concentrado.

A solução foi agitada por um minuto e deixada em repouso durante 30 minutos; posteriormente, foram adicionados 40 mL de água destilada e 10 mL de ácido fosfórico. Dessa solução foi feita a titulação do excesso do oxidante com solução de difenilamina.

Os volumes dos reagentes foram utilizados na equação (4) para obtenção do carbono orgânico total. Foi realizado o mesmo processo para a prova em branco (Figura 8).

Para a quantificação do carbono orgânico compostável, utilizou-se a seguinte equação:

$$C.O._{fo} = \frac{V_{DIC} - V_{SFA}\, x\, 0,003\, x\, f_c\, x\, N\, x\, 100}{m} \qquad (4)$$

em que $C.O._{fo}$ é carbono orgânico facilmente oxidável (dag kg^{-1}); V_{DIC}, volume gasto de dicromato (mL); V_{SFA}, volume gasto de sulfato ferroso amoniacal (mL); N, normalidade da solução ($mol_c\ L^{-1}$); e f_c, fator de correção.

Figura 8 - Determinação do carbono compostável: a) pré-destilação; b) adição de reagentes; c) titulação.

Para referenciar-se ao conteúdo de água original do resíduo (C.O.fo.$_{corrig}$), a correção foi obtida usando a seguinte equação:

$$C.O._{fo_{corrig}} = \frac{C.O._{fo}}{\left(1+(U_{b.s})\right)} \qquad (5)$$

em que $U_{b.s}$ é o conteúdo de água, centesimal, do material em base seca.

3.4.4. Quantificação do nitrogênio total

O método utilizado para determinar o nitrogênio total (N_{total}) das amostras foi o do ácido salicílico, também chamado de método oficial ou método de Kjeldhal (AOAC, 1970).

Figura 9 - Análises de nitrogênio total: a) preparação da amostra; b) digestão; c) indicador de titulação (ácido bórico); e d) titulação.

Para essa etapa, os materiais utilizados foram: bloco digestor com exaustor de fumaça; unidade de destilação marca Tecnal modelo TE-0363; bureta; erlenmeyer; tubos de vidro; água destilada; ácido sulfúrico concentrado; e mistura digestora: sulfato de potássio (K_2SO_4), $CuSO_4.5H_2O$ e selênio em pó, solução de hidróxido de sódio 40% (0,1 $mol_c\ L^{-1}$), ácido salicílico e ácido sulfúrico 0,05 $mol_c\ L^{-1}$.

Para a determinação do nitrogênio foram seguidos os seguintes passos:

- Pesou-se 0,2 g do material de cada amostra, que foi colocado em tubo de ensaio, adicionando 10 mL de ácido sulfúrico com aproximadamente 0,3 g de ácido salicílico. Posteriormente, adicionou-se a mistura digestora, agitando-a por 5 minutos.
- Levaram-se os tubos, em seguida, à ebulição, sendo colocados no conjunto destilador Kjeldahl, onde foram adicionados à amostra 25 mL de NaOH a 40%. Em um erlenmeyer com 10 mL de ácido bórico foi coletado o volume destilado (± 75 mL).

- Procedeu-se, depois, à titulação com H_2SO_4 0,05 mol_c L^{-1}. Foi feita uma prova em branco com as mesmas condições, seguindo os mesmos passos, e calculou-se, então, a concentração de nitrogênio total por meio da equação 6:

$$N\,(mg\,kg^{-1}) = \frac{(Vg_A - Vg_{BR}) \times 14 \times No \times f_c}{m} \times (1 + U_{bs}) \qquad (6)$$

em que *N* é o nitrogênio total (mg kg^{-1}); Vg_A, volume de solução tituladora gasto na amostra (mL); Vg_{BR}, volume de solução tituladora gasto no branco (mL); *No*, normalidade da solução (mol_c L^{-1}); U_{bs}, umidade a base seca (decimal); f_c, fator de correção; e *m*, massa da amostra (g).

3.4.5. Quantificação do nitrogênio amoniacal

Para determinar o nitrogênio amoniacal (N_{amon}), foi também usado o método de Kjeldhal (AOAC, 1970).

Para a determinação do nitrogênio amoniacal, foram seguidos os seguintes passos, que podem ser visualizados na Figura 10:

- Colocou-se aproximadamente 1,5 g da amostra em tubo de ensaio, adicionando 10 mL de água destilada. Posteriormente, agitou-a, deixando em repouso por mais ou menos 30 minutos, para evitar sua evaporação.
- Fez-se a destilação, adicionando, à amostra, 25 mL de NaOH a 40%. Em um erlenmeyer com 10 mL de ácido bórico, foi coletado o volume destilado (± 75 mL).
- Procedeu-se à titulação com H_2SO_4 0,05 mol_c L^{-1}. Posteriormente, foi feita uma prova em branco com as mesmas condições e passos e calculou-se a concentração de nitrogênio amoniacal, por meio da equação 6.

Figura 10 - Análise de nitrogênio amoniacal: a) preparação da amostra; b) destilação; e c) titulação.

3.5. Análises estatísticas

O experimento foi desenvolvido em um esquema fatorial 2x4, usando-se dois tipos de cama (maravalha e casca de café) e quatro ciclos de reuso, no delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições. Os dados foram analisados por meio de análises de variância (ANOVA), pelo teste “f”. As correlações entre as variáveis C, N, relação C:N, pH e umidade em função do número de ciclos foram feitas com uso de regressões em nível de significância de 1% pelo teste “t”

Para todas as análises estáticas, foi usado o programa SAEG versão 9.1 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da cama de maravalha e casca de café, em razão do número de ciclos de reuso

Segundo os dados obtidos nas análises de variância, observou-se que não é significativo as análises entre o tipo de cama com o pH e o nitrogênio amoniacal das camas, igualmente entre o ciclo de uso da cama com a umidade e o carbono orgânico total.

Nos resultados obtidos da interação do tipo de cama com o ciclo de uso com a umidade, o pH, o N total, o carbono orgânico total, a relação C/N e o N amoniacal, igualmente, não houve significância.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância entre umidade, pH, N total, carbono orgânico total, relação C/N e N amoniacal das camas de maravalha e de casca de café

F.V	G.L	Quadrados Médios					
		Umidade	pH	N_{total} (N)	Carbono O. total (C)	Relação C/N	N_{amon}
Cama (CA)	1	1301,35**	0,00065 ^{NS}	1,43*	898,91**	418,44*	0,000005 ^{NS}
Ciclo (CI)	3	197,90^{NS}	0,69060*	0,77*	93,50 ^{NS}	187,67*	0,002371*
Cama (CAxCI)	3	257,04 ^{NS}	0,05459 ^{NS}	0,17 ^{NS}	82,70 ^{NS}	48,22 ^{NS}	0,001391 ^{NS}
Resíduo	24	131,59	0,18792	0,23	52,06	24,67	0,002725
C.V (%)		25,56	5,23	26,67	27,73	29,37	30,23

** significativo em nível de 1%.
* significativo em nível de 5%.
^{NS} não significativo em nível de 5%.

4.1.1. Relação da umidade, em consequência do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

Na Figura 11, encontra-se ilustrada a relação entre os valores de umidade (em porcentagem) da cama de maravalha e casca de café, em razão do número de ciclos de reusos. Pode-se observar que os valores de umidade de ambas as camas apresentam tendência de diminuir com o número de ciclos de uso, com valores entre 48% e 22%, na cama de maravalha, e 80% e 37%, na de casca de café.

Esse resultado de diminuição da umidade, por causa do número de ciclos, deve-se à constante deposição de excretas e urina pelas aves e, igualmente, ao constante processo microbiano da matéria orgânica, sempre que se finaliza um ciclo de criação, adicionando novo material palhoso, o que ocasiona queda da umidade na cama.

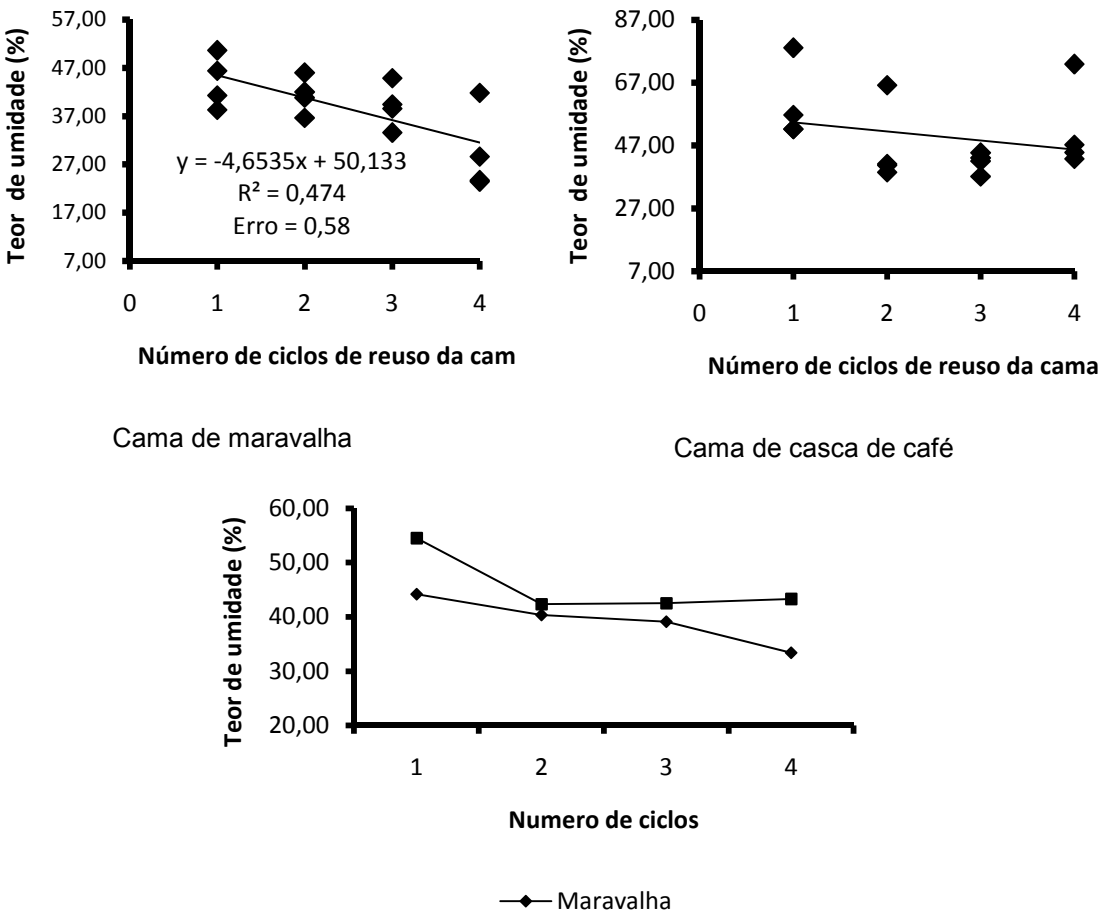


Figura 11 - Relação entre o teor de umidade, em porcentagem, e o número de ciclos de reuso para a cama de maravalha e a de casca de café.

A perda de umidade nas duas camas pode ser por causa de o experimento ter sido desenvolvido no verão; a temperatura externa e a interna do galpão e a desenvolvida durante o processo de decomposição da matéria orgânica fez com que a massa de resíduos perdesse água por evaporação.

4.1.2. Relação de pH, em razão do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

A relação entre os valores de pH, por causa do número de ciclos de reuso da cama de maravalha e a de casca de café, encontra-se ilustrada na Figura 12, na qual se observa que esses são crescentes, na medida em que a cama é reutilizada, variando entre 7 e 9.

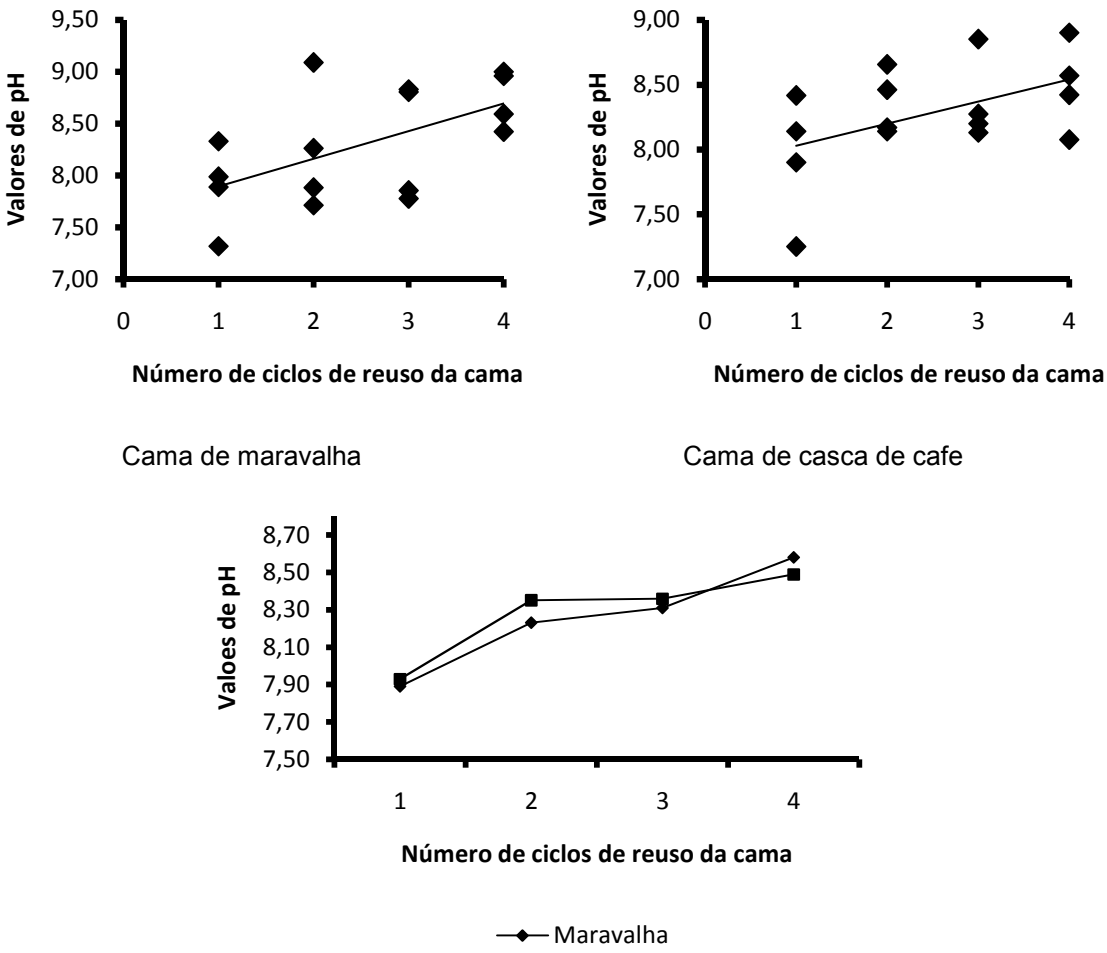


Figura 12 - Valores de pH, em relação ao número de ciclos de reuso na cama de maravalha e na de casca de café.

Nos resultados obtidos de PH, observou-se que os ciclos de uso da cama se diferenciam estatisticamente; entretanto, em todos os ciclos de reutilização das camas existem um pH básico. Esse fato se deve, possivelmente, à ação microbiana, dado que no decorrer do processo, em razão das reações existentes (ácidos orgânicos reagindo com as bases liberadas pela matéria orgânica), o pH da massa é elevado para valores maiores que oito (meio alcalino), como destacam Pereira Neto e Mesquita (1992). Comportamento similar foi encontrado por Oliveira et al. (2003), em que foi usada cama de casca de arroz, com densidade populacional de 12 aves/m^2.

Na Figura 13, observa-se que o valor de pH igual a 7,0 é neutro, ou seja, as atividades dos íons H^+ e OH^- na solução são iguais. Valores abaixo de

7,0 são ácidos (predomina o H^+) e, acima de 7,0, básicos (predomina o OH^- na solução do solo). Na maioria dos solos, o pH da solução do solo (fase líquida do solo) varia entre os valores de pH 4 e 9,0 (LOPES, 1989).

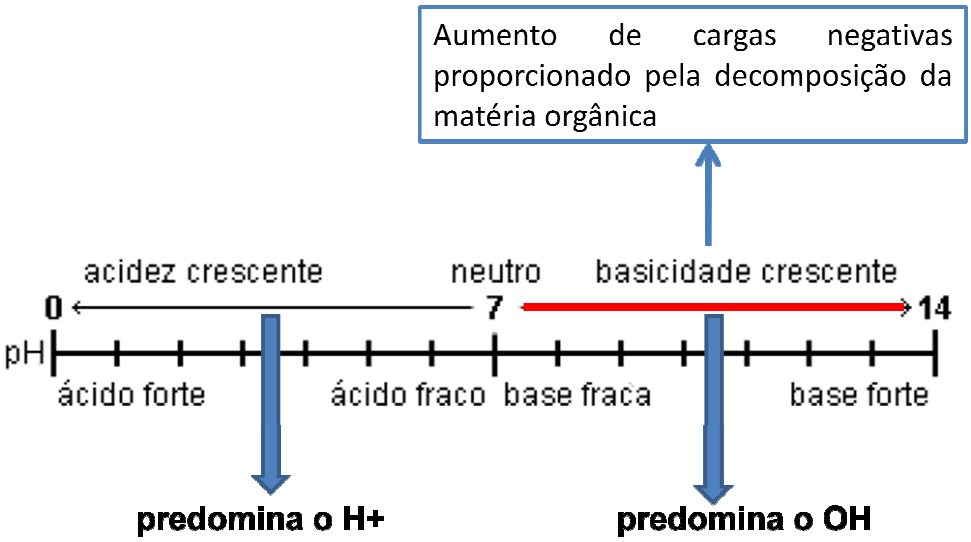


Figura 13 - Comportamento do pH no solo.

Os valores de pH encontrados são acima de 7; portanto, esses são pH básico, o que, em solução aquosa, libera OH^-, que aumenta as cargas negativas, proporcionado pela decomposição da matéria orgânica.

4.1.3. Relação do conteúdo de carbono orgânico total, em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

Na Figura 14, encontra-se apresentada a relação do carbono em dag kg^{-1}, por causa do número de ciclos de uso das camas de maravalha e de casca de café.

Observou-se que o valor de carbono orgânico total nas duas camas avaliadas apresentou tendência a reduzir, por cada reutilização, com valores das duas camas entre o primeiro e o quarto ciclo, que variam entre 32 e 18 dag kg^{-1}. Esse tipo de comportamento, segundo Kiehl (2002), deve-se ao processo de mineralização, que gera a decomposição dos compostos orgânicos (Figura 15).

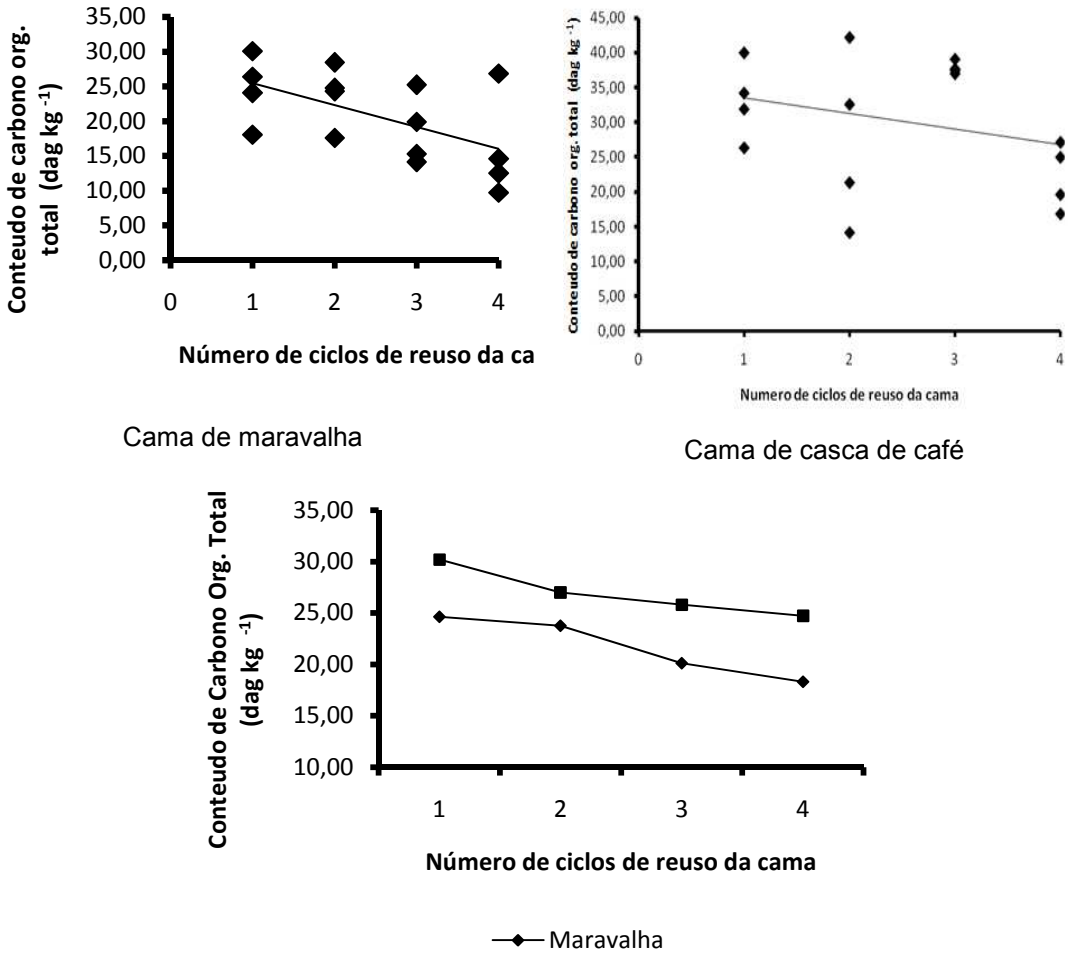


Figura 14 - Valores de carbono orgânico total, em relação ao número de ciclos de reuso na cama de maravalha e na de casca de café.

Figura 15 - Perdas de CO_2 por volatilização.

Os resultados obtidos podem ser pelo fato de que por cada utilização da cama é adicionada grande quantidade de excretas das aves (nitrogênio); entretanto, a casca de café só é adicionada, em grande quantidade, no primeiro ciclo de uso e, em pequenas quantidades, durante o início de novos ciclos de utilização. Igualmente, podem haver perdas de carbono, durante a decomposição da matéria orgânica, liberando dióxido de carbono (CO_2), cuja concentração no solo pode ser em até 100 vezes maior que na atmosfera.

O conteúdo médio de carbono da cama de café é maior, se comparado ao da cama de maravalha, o que se deve, principalmente, às características próprias de cada material, dado que a cama de maravalha, por seu potencial de degradação da matéria orgânica, pode apresentar maiores perdas de carbono, durante a atividade microbiana. Esse tipo de comportamento foi encontrado em outros trabalhos como o realizado por Benedetti et al. (2009).

4.1.4. Relação do conteúdo de nitrogênio total em razão do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

Santos (1997) avaliou a cama de maravalha com dois ciclos de criação de aves, encontrando nitrogênio total (N_{total}) de 2,08 dag kg^{-1} e 3,54 dag kg^{-1}, nas camas de primeiro e de segundo ciclo, respectivamente, resultados que são similares aos obtidos neste experimento (Figura 16).

A estabilidade do N_{total} pode ser devido à constante deposição de excretas pelas aves e ao processo de mineralização da matéria orgânica, no qual há perdas de nitrogênio, existindo um possível equilíbrio.

A diferença entre o N_{total} das duas camas pode ser por causa da casca de café possuir maior quantidade de nitrogênio que, junto com a excretas das aves, aumentam significativamente os valores desse, em relação à cama de maravalha, que, em razão do tamanho de partículas, apresenta maior e mais rápida degradação da matéria orgânica, incidindo nas perdas de nitrogênio na forma de gás amônia.

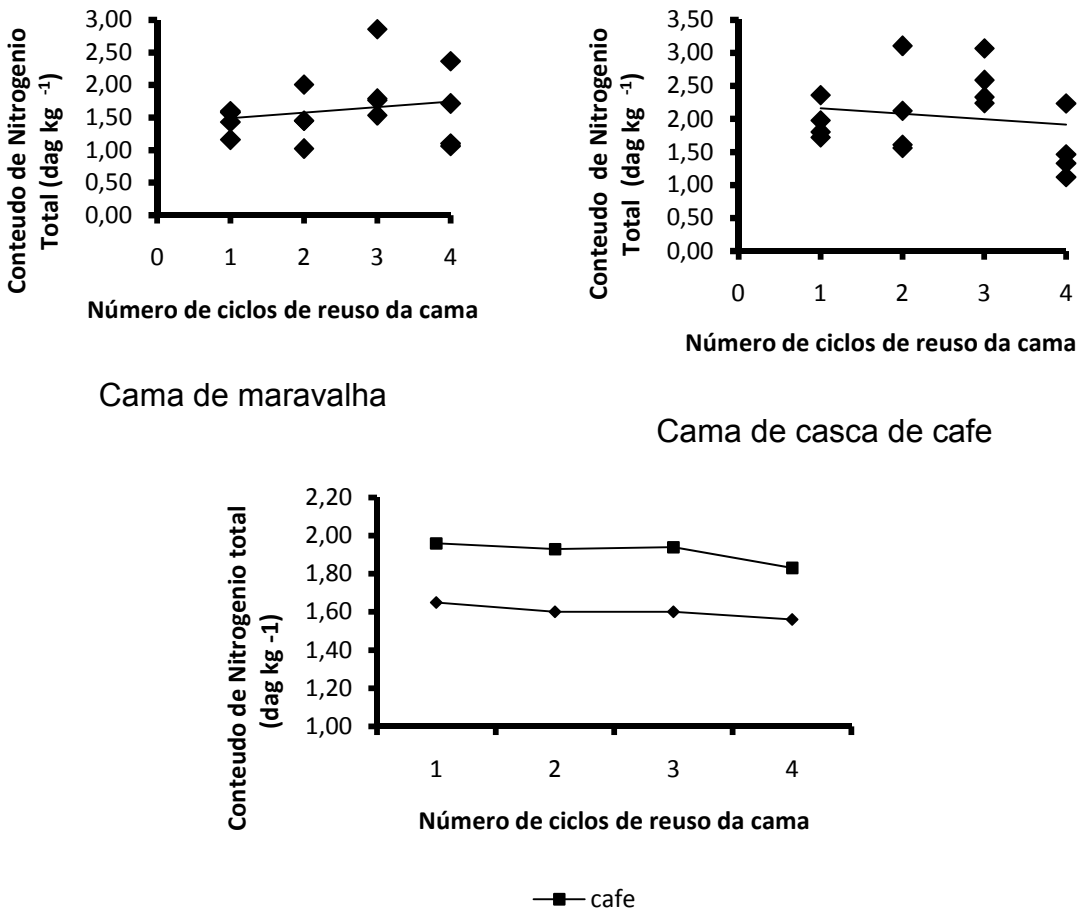


Figura 16 - Valores de nitrogênio total, em relação ao número de ciclos de reuso na cama de maravalha e na de casca de café.

Segundo Malavolta (1993), o café durante seu plantio, requer de 4,5 dag.kg^{-1} de nitrogênio e, quando é aplicado adubo orgânico de cama de frango, é necessária a aplicação de 4,5 dag de nitrogênio por kg de cama. Alem disso, quando esse está no seu ciclo produtivo, requer concentração maior de adubo orgânico, aproximadamente 1 kg de nitrogênio por árvore de café.

Segundo Coelho et al. (2003), para obtenção de elevadas produtividades de milho, recomenda-se adubação nitrogenada, que, de modo geral, varia de 40 a 80% kg de N ha^{-1}.

Tanto no uso da cama de maravalha como da de casca de café, quando usada na aplicação direta no cafeeiro, podem requerer grandes quantidades do resíduo e, ou, maior número de reutilizações de cama possível, para cumprir com as necessidades de nitrogênio da cultura de café, já que,

segundo os máximos valores encontrados neste experimento, no quarto ciclo, para ambos os casos (casca de café e maravalha), esses não ultrapassaram os 2,3 dag kg^{-1} de nitrogênio.

O N_{total} encontrado, nas duas camas avaliadas do experimento, contém teor máximo de 0,017 kg kg^{-1} de N, na cama com maravalha, e 0,020 kg kg^{-1} de N, na cama com casca de café. O anterior significa que, para suprir as necessidades de nitrogênio do milho como material orgânico de cama de frango, se requer entre 2.352 e 4.705 kg ha^{-1} de resíduo, quando vai ser usada cama com maravalha, e de 2.000 a 4.000 kg ha^{-1} resíduo, para cama com casca de café, dependendo do conteúdo inicial de nitrogênio no solo avaliado.

4.1.5. Relação do conteúdo de nitrogênio amoniacal em conseqüência do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

Na Figura 17, está apresentada a relação de nitrogênio amoniacal (N_{amon}), por causa do número de ciclos para a cama de maravalha e a de casca de café.

Em ambos os casos, apresenta-se tendência de incrementar a quantidade de N_{amon}, por causa do número de ciclos de uso, não havendo diferenças significativas, em razão do tipo de cama. Esse fato pode ser em virtude do incremento do N_{total} por cada reutilização da cama, segundo Fioreze e Ceretta (2006).

Segundo Blake (2001), o N_{amon}, uma vez formado na cama, pode ser encontrado em duas formas: como amônia (NH_3) (sem carga) ou como íon amônio (NH_4^+). Dependendo do pH da cama, quanto maior o pH, menor será a conversão de NH_3, que é volátil. Nesse caso, observam-se aumentos significativos do pH, que pode permite maior volatilização da amônia (Figura 18).

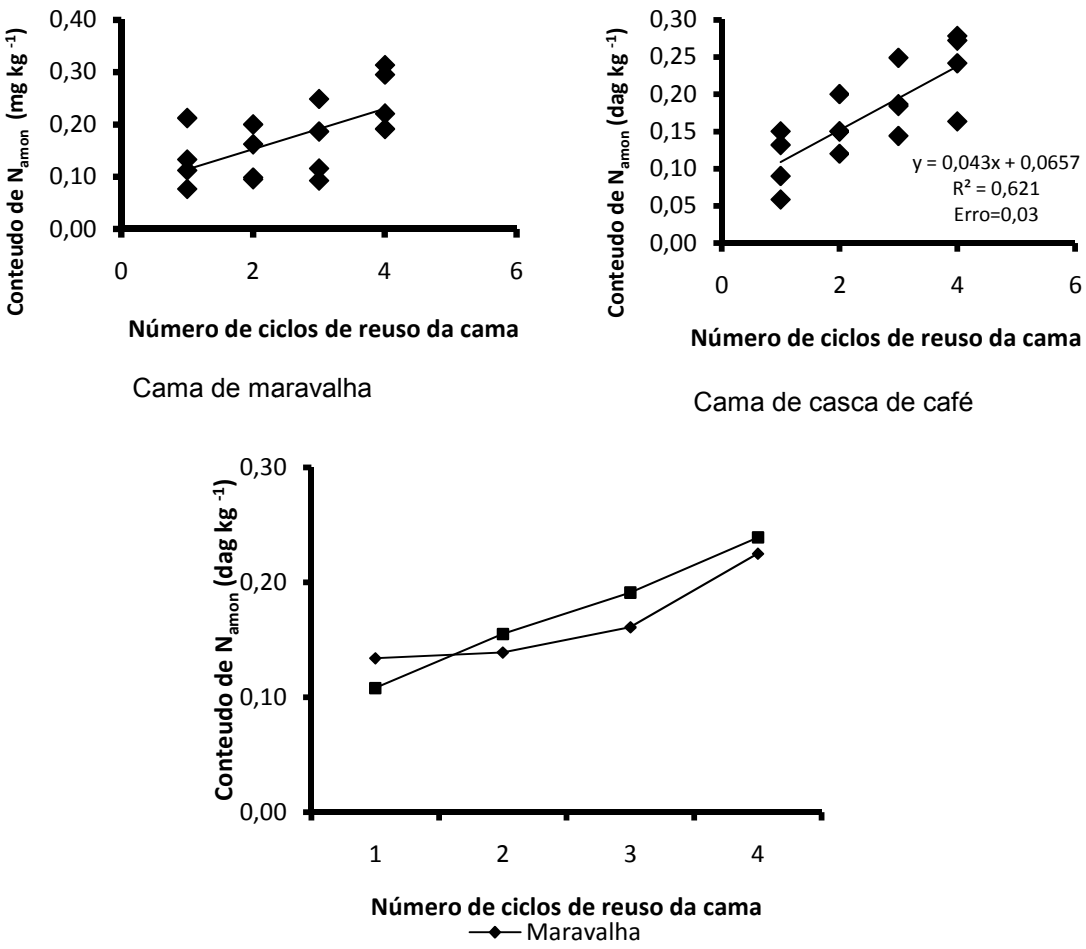


Figura 17 - Valores de N amoniacal, em razão do número de ciclos da cama de maravalha e da de casca de café.

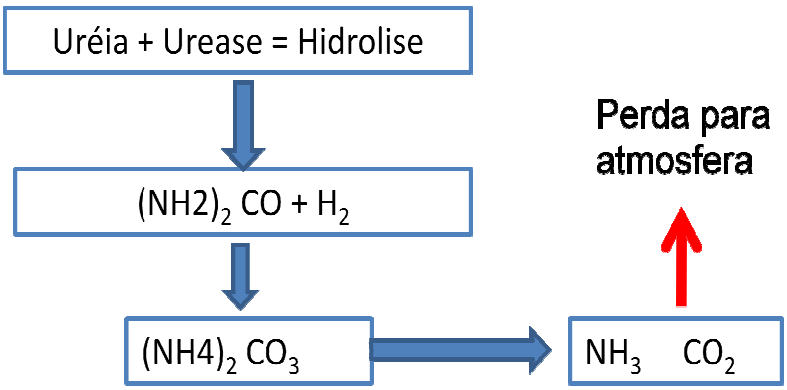


Figura 18 - Processo de perdas de ureia.

O carbonato de amônio é instável e se transforma em amônia e dióxido de carbono. A amônia pode ser absorvida pelas plantas ou ser perdida por volatilização. A reação de hidrólise é aumentada com a enzima urease.

4.1.6. Relação entre o nitrogênio total e nitrogênio amoniacal em função do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

A relação entre N_{total} e N_{amon}, em razão do número de ciclos para a cama maravalha e a de casca de café, é apresentada na Figura 16. Observou-se tendência de manter quase estável os níveis de nitrogênio total (N_{total}), como é apresentado na Figura 19, e de aumentar os níveis de nitrogênio amoniacal (N_{amon}), em função dos ciclos das duas camas avaliadas.

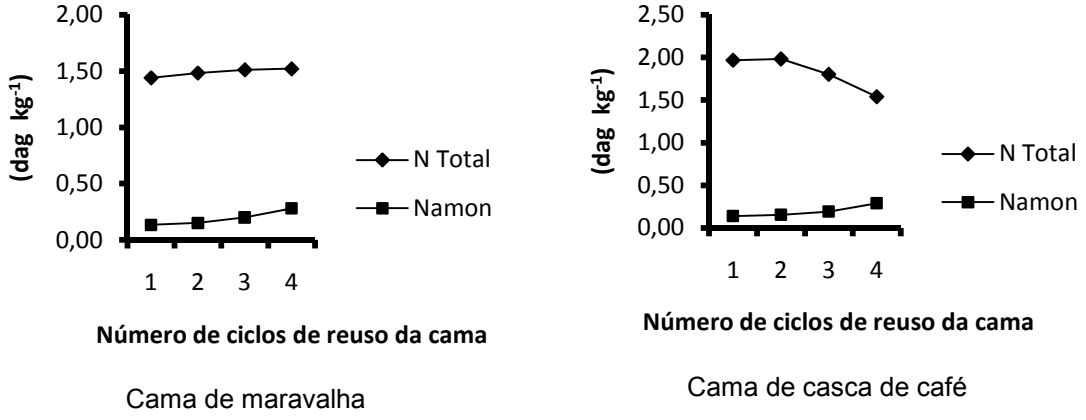


Figura 19 - Valores de N_{total} e de N_{amon}, em função do número de ciclos de reutilização da cama de maravalha e a de casca de café.

O N_{amon} encontrado para cama de frango com casca de café, com diferentes ciclos de criação, varia aproximadamente entre 25% e 30% do valor de N_{total}, aspecto que coincide com o reportado por Mitchell Júnior et al. (1992). Esses resultados podem ser por causa de haver crescimento de N_{amon}, pelo aumento de material orgânico; bem como há perdas de N_{total}, por volatilização da amônia.

Esse aspecto é considerado normal, já que o nitrogênio total é a soma do nitrogênio orgânico com o nitrogênio amoniacal e os nitritos e nitratos e, segundo Mitchell Júnior et al. (1992), a cama de frango contém alto teor de ureia, que é transformada em nitrogênio amoniacal, que é cerca de 25% a 30% do total de nitrogênio, aumentando em cada reutilização dessa. Comportamento similar ao encontrado neste experimento.

4.1.7. Relação carbono/nitrogênio, em conseqüência do número de ciclos de utilização das camas de maravalha e casca de café

Na Figura 20, estão apresentados os valores da relação C/N da cama de maravalha, em relação aos quatro ciclos de reutilização dessa. Observa-se tendência de redução da relação carbono/nitrogênio, à medida que reutiliza a cama. Esse comportamento deve-se, principalmente, à perda de carbono da cama, à medida que essa é reutilizada, tendência encontrada em trabalhos publicados por MacSafley et al. (1992) e Oliveira et al. (2003), com outros tipos de substrato.

Os valores da relação encontrados no primeiro e no segundo ciclo de reuso das camas foram os mais elevados, com 17:1 e 15:1, para a cama de maravalha, e 22:1 e 18:1, para a de casca de café, respectivamente. Nos ciclos 3 e 4, essa relação diminui até alcançar uma proporção 9:1.

Aquino et al. (2005) verificaram que resíduos com relações C/N 33:1 e 17:1 não possibilitaram imobilização do nitrogênio mineral do solo, mas, também, não estará ocorrendo o processo de mineralização, que se dará, efetivamente, a partir da relação C/N inferior a 17:1, o que poderia ocorrer, no caso da cama de maravalha, a partir do segundo ciclo de uso.

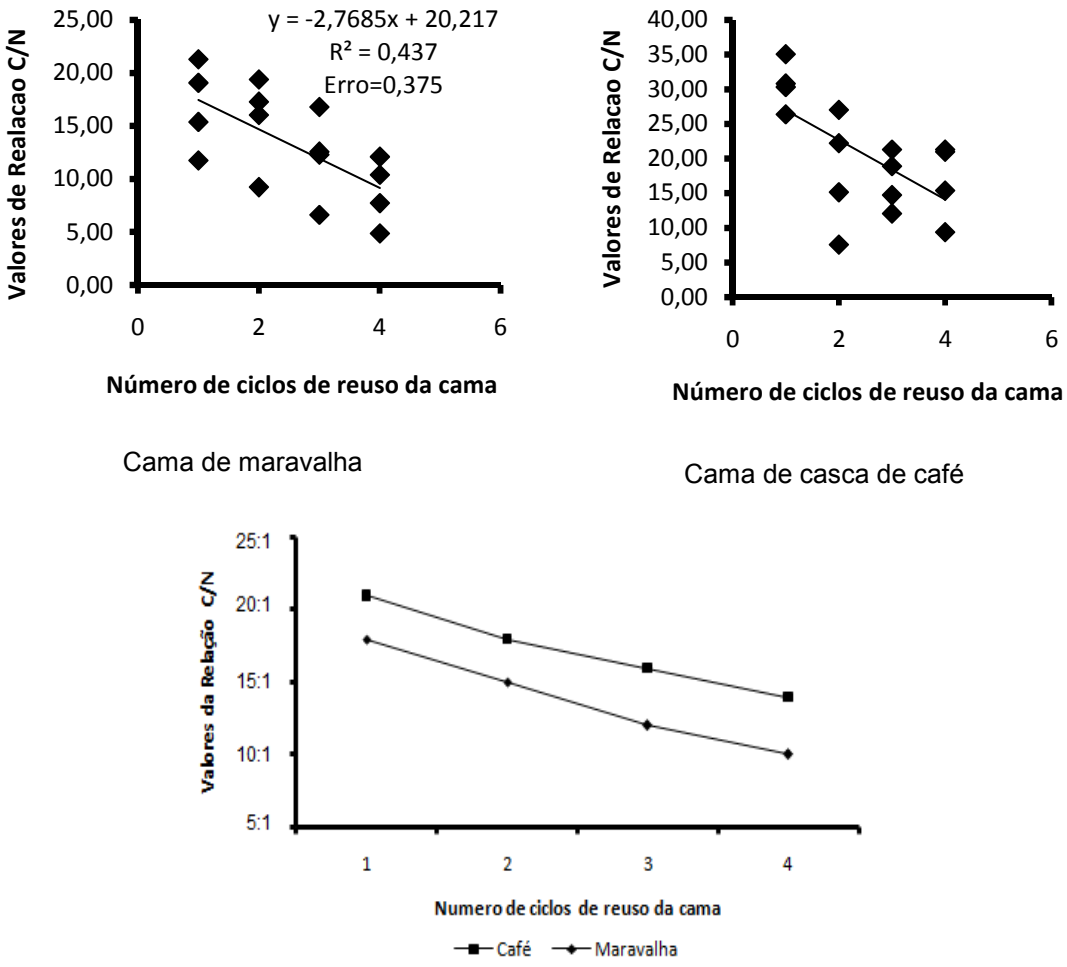


Figura 20 - Relação C/N da cama de maravalha e a de casca de café.

Embora a cama de um terceiro ou quarto ciclo também possa ser usada para iniciar um processo de compostagem, nesse precisaria da adição de outros resíduos com maior relação C/N para alcançar a faixa ideal (25:1-35:1). Observa-se, pela Figura 20, que qualquer que seja o número de ciclos de utilização das camas, a relação C/N é sempre maior quando se usa cama de casca de café, comparativamente com a cama de maravalha. Em ambos os casos, a relação C/N decresce com o número de reutilizações. A explicação para esse fato é que, em ambas as camas, há rápida decomposição do material orgânico, o que leva a diminuição do carbono e maior liberação do nitrogênio total, por ciclo de reuso das camas.

4.1.8. Relação entre nitrogênio amoniacal e pH da cama

Na Figura 21, estão apresentados os valores da relação entre o nitrogênio amoniacal (N_{amon}) e o pH, encontrados na cama de frango de maravalha e na de casca de café. Observa-se uma relação direta entre o N_{amon} e o aumento do pH das camas. Segundo Vale et al. (1997), quando a concentração de N_{amon} aumenta com pH elevado, poderia ser em razão do N_{amon}, liberado pela volatilização, poder retornar à massa do solo, comportamento que pode está ocorrendo nos resultados apresentados neste trabalho.

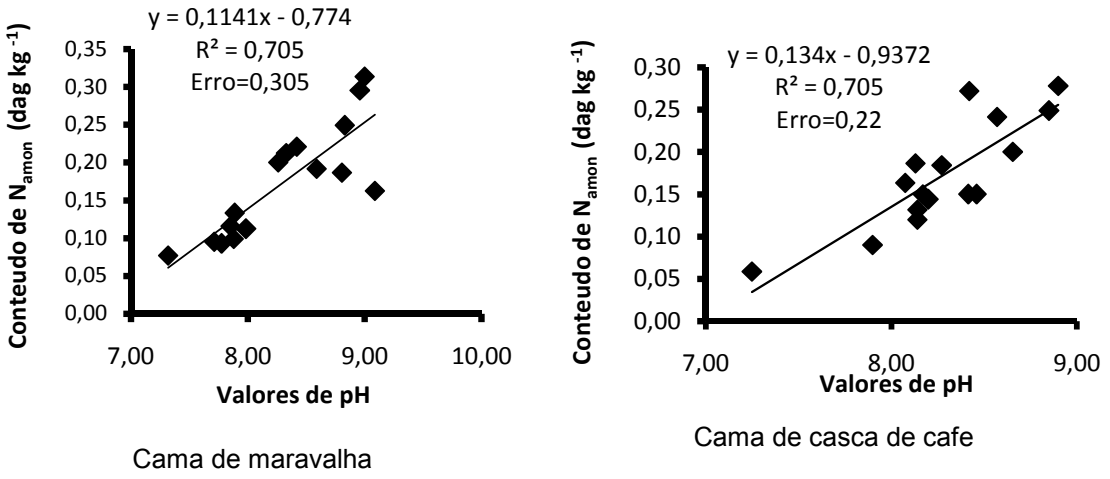


Figura 21 - Valores de N_{amon}, em relação ao pH das camas de maravalha e de casca de café.

Nos resultados obtidos neste experimento, há concentração menor de nitrogênio amoniacal (N_{amon}), quando o pH é neutro; e maior, com o pH alcalino, o que poderia ser atribuído ao N_{amon}, juntamente com o pH, que tende a aumentar com cada reuso da cama, assim como a umidade e a temperatura dessa, que não estavam em condições elevadas, para permitir as perdas de N em gás amônia.

Num experimento feito por Cordeiro et al. (2010), onde foi realizado o processo de semicompostagem da cama e a avaliação de sua qualidade física e química, antes e após a compostagem, o pH da cama de frango ficou com valores similares aos achados neste experimento, em torno de 8, tanto na primeira como na segunda criada, sendo um pH básico que propicia a volatilização da amônia, por ser um valor ótimo para as bactérias de compositoras.

Segundo Blake (2000), o N_{amon}, uma vez formado na cama, pode se encontrar em duas formas: como amônia (NH_3) (sem carga) ou como íon amônio (NH_4^+). Dependendo do pH da cama, quanto maior o pH, menor será a conversão de NH_3, que é volátil. Nesse caso, observam-se aumentos significativos do pH, o que pode permitir maior volatilização da amônia.

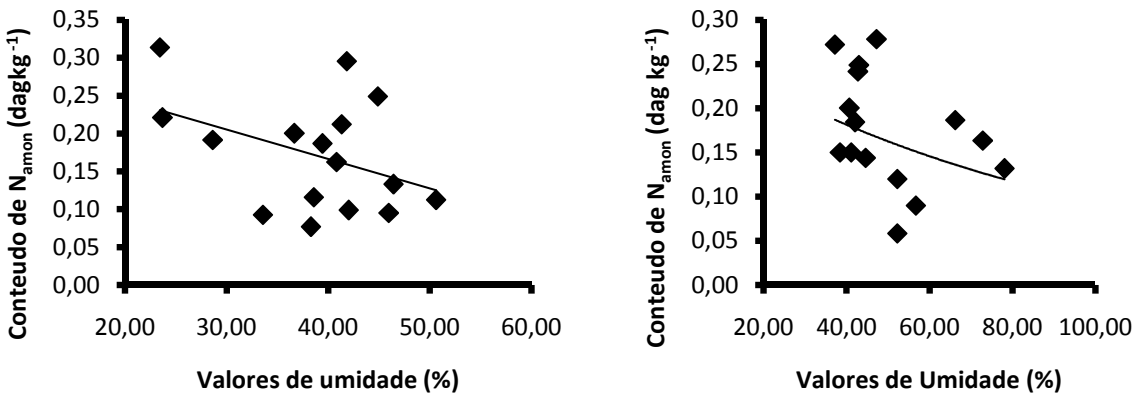
4.1.9. Relação entre nitrogênio amoniacal e umidade das camas de maravalha e casca de café

A relação entre os valores de N_{amon} e o teor de umidade da cama de maravalha, encontra-se na Figura 22. Observou-se que ao maior teor de houve diminuição na concentração de N_{amon} nas camas, quando se teve menor conteúdo de umidade nelas, entre 33% e 18% de teor de umidade, em cama de maravalha; e entre 38% e 50%, de casca de café.

Foi observada uma tendência a diminuir os níveis de N_{amon}, na medida em que a umidade da cama começou a aumentar, o que foi encontrado em outros trabalhos como os realizados por Jones et al. (2005) e Wheeler et al. (2008).

Esse resultado por ser em consequência de que quando existe alta concentração de nitrogênio amoniacal, presença de água; nesse caso, umidade e pH básico, ocorre reação química que pode causar as perdas de nitrogênio como gás NH_3, num processo chamado volatilização, que ocorre segundo a seguinte reação:

$$NH_4^+ + H_2O + OH^- \text{ ---------- } NH_3\ (g) + 2H_2O$$



Cama de maravalha

Cama de casca de café

Figura 22 - Valores de N_{amon}, em relação à umidade encontrada na cama de maravalha e na de casca de café.

A volatilização da amônia na cama é influenciada, principalmente, por pH, umidade, temperatura, conteúdo de nitrogênio, concentração de cátions trocáveis e textura.

4.1.10. Relação entre nitrogênio amoniacal, pH e número de ciclos de uso das camas de maravalha e casca de café

A Figura 23 ilustra a relação que existe entre os valores de N_{amon} e de pH, em relação ao número de ciclos de reutilização da cama de maravalha e da cama de casca de café. Observou-se uma relação direta entre o número de ciclos de reutilização das camas, com o aumento do pH e a concentração de N_{amon} das camas.

A partir do segundo ciclo de criação das aves, com o pH acima de 7,5, começa a aumentar, significativamente, a concentração de N_{amon}, por causa do aumento da matéria orgânica nas camas.

Quanto maior o número de ciclos de utilização das camas de frango, maiores serão os valores do pH e do teor de concentração de N_{amon}; portanto, há maior possibilidade de perdas de N por volatilização.

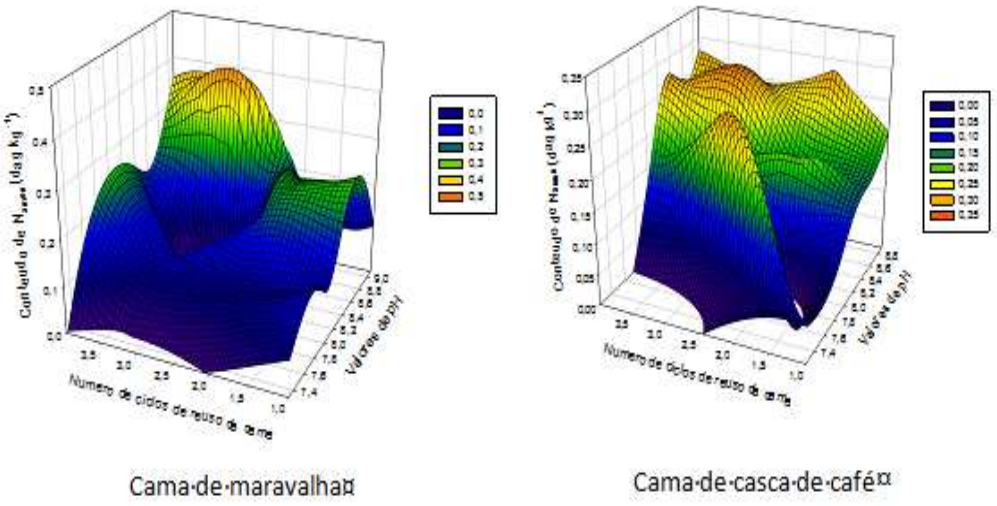


Figura 23 - Relação entre os valores de N_{amon}, em função do pH e do número de ciclos da cama de maravalha e da cama de casca de café.

4.1.11. Relação entre o carbono total, carbono/nitrogênio e número de ciclos de uso das camas de maravalha e casca de café

Na Figura 24, é apresentada a relação C/N, em razão do número de ciclos e do conteúdo de carbono para a cama de maravalha e a de casca de café. Com o menor número de ciclos e o maior conteúdo de carbono, a relação C/N aumentou.

Os resultados demonstraram que a cama de café, no primeiro e no segundo ciclo de reutilização; e a de maravalha, no primeiro ciclo, precisam de pouca quantidade de resíduos com alto conteúdo de carbono ou alta relação C/N. Já, a partir do terceiro ciclo de criação, para casca de café; e, do segundo ciclo, para maravalha, com a diminuição do carbono orgânico total e a relação C/N inferior a 20:1, há a necessidade de adicionar à compostagem um material com relação C/N de aproximadamente 40:1, para se conseguir a faixa recomendável. Com o menor número de ciclos e o maior conteúdo de carbono, incrementou-se a relação C/N.

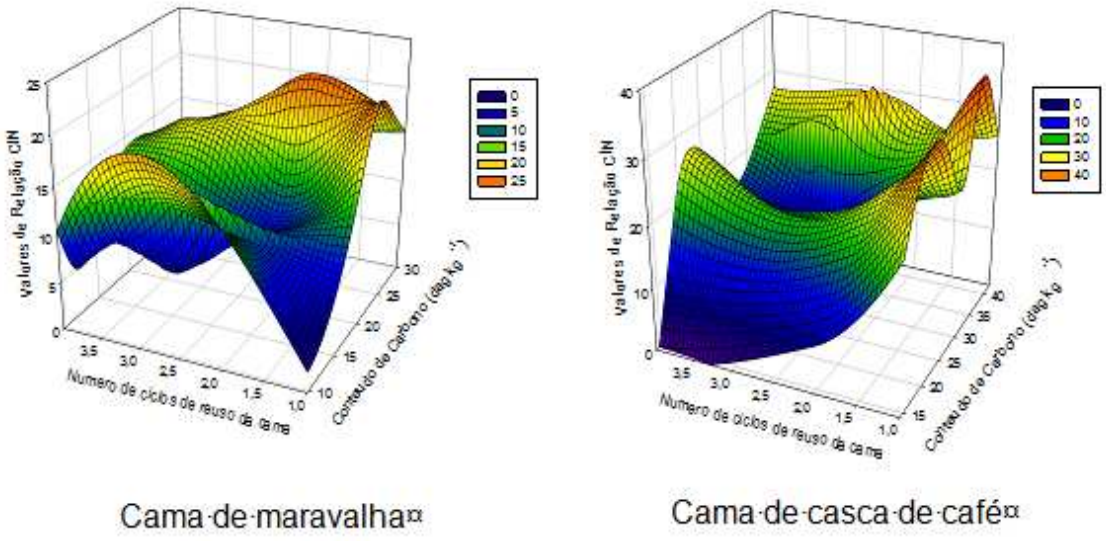


Figura 24 - Relação C/N, em função do número de ciclos de reutilização e do conteúdo de carbono da cama de maravalha e da cama de casca de café.

Neste experimento, a melhor relação C/N, para ser usado o material para compostagem, foi encontrada no segundo ciclo de uso da cama, quando já existia maior concentração de nitrogênio aportado pelo esterco das aves, encontrando-se melhor equilíbrio entre o carbono e o nitrogênio total.

Com o maior número de ciclos de utilização da cama de frango, menor será a relação C/N, decrescendo a concentração de carbono orgânico total; portanto, por cada ciclo de uso das camas, é necessária adição de material palhoso (carbono), para alcançar a relação C/N apropriada.

Para analisar a tendência do comportamento da relação C/N, em função do conteúdo de carbono e do número de ciclos para a cama de maravalha e a de casca de café, pode-se usar a equação das Tabelas 8 e 9.

Na Tabela 10, estão apresentados os valores médios obtidos, em função do tipo de substrato, das variáveis de umidade, do pH, do nitrogênio total, do carbono orgânico total, da relação C/N e do nitrogênio amoniacal.

Observou-se que a cama de maravalha apresentou menores valores, em comparação com a cama de casca de café, nas variáveis teor de umidade da cama, nitrogênio total, carbono e relação C/N.

Tabela 8 - Equações ajustadas para a determinação do nitrogênio amoniacal e da relação C/N para cama de maravalha

	Equação	R^2	Valor de P**
N_{amon} (dag kg^{-1})	$-0,682 + (0,0993\ pH) + (0,0122\ CI)$	0,73	< 0,01
Relação C/N	$8,175 + (0,422\ C) - (1,447\ CI)$	0,64	< 0,05

** Significativo em níveis de 1% e 5%, pelo teste "t"; CI = número de ciclos de reutilização da cama; e C = conteúdo de carbono (dag kg^{-1}).

Tabela 9 - Equações ajustadas para a determinação do nitrogênio amoniacal e da relação C/N para cama de café

	Equação	R^2	Valor de P**
N_{amon} (dag kg^{-1})	$-0,637 + (0,0906\ x\ pH) + (0,0242\ x\ CI)$	0,89	< 0,01
Relação C/N	$14,714 - (3,104\ x\ CI) + (0,411\ x\ C)$	0,65	< 0,05

** Significativo em níveis de 1% e 5%, pelo teste "t"; CI = número de ciclos de reutilização da cama; e C = conteúdo de carbono (dag kg^{-1}).

Tabela 10 - Valores médios de conteúdo de umidade, pH, nitrogênio total, carbono orgânico total, relação C/N e nitrogênio amoniacal, em razão do tipo de substrato das camas de maravalha e casca de café

Cama	Umidade (%)	pH	N_{total}(dag kg^{-1})	Carbono orgânico total (C) (dag kg^{-1})	Relação C/N	N_{amon} (dagkg^{-1})
Maravalha	38,49 ± 7,81[a]	8,29 ± 0,54[a]	1,69 ± 0,48[a]	20,72 ± 6,79[a]	13:1 ± 4,8:1[a]	0,172 ± 0,07[a]
Café	51,25 ± 15,51[b]	8,28 ± 0,39[a]	2,03 ± 0,57[b]	31,32 ± 8,88[b]	20:1 ± 7:1[b]	0,173 ± 0,06[a]

As médias, seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Esses resultados podem se dever às características próprias de cada tipo de material como tamanho das partículas, capacidade de absorção de

água e excretas e concentração de nutrientes da cama, em que, nas duas primeiras características, se esperava melhor comportamento com a cama de maravalha; entretanto, a casca de café contém maior concentração de nutrientes, que faz com que essa apresente melhores potencialidades para ser usada como material de compostagem, em relação à cama de maravalha.

Na Tabela 11, são apresentados os valores médios de pH, nitrogênio total, relação C/N e nitrogênio amoniacal, para ambas as camas em conjunto, em função do número de ciclos de sua reutilização. Como não houve diferença significativa entre os valores de carbono e de teor de umidade, por causa do número de ciclos, esses resultados não foram significativos.

Tabela 11 - Valores médios de pH, conteúdo de N total, relação C/N e conteúdo de N amoniacal, em consequência do número de ciclos de utilização das camas

	Média para cada ciclo de reuso da cama			
	1	2	3	4
PH	7,29 ± 0,42^{A}	8,29 ± 0,43^{AB}	8,33 ± 0,44^{AB}	8,61 ± 0,32^{B}
N_{Total} (dag kg^{-1})	1,70 ± 0,36^{AB}	1,79 ± 0,63^{AB}	2,26 ± 0,55^{A}	1,55 ± 0,51^{B}
Relação C/N	24:1± 8,1:1^{A}	17:1± 6,3:1^{B}	14:1 ± 4,5:1^{B}	13:1 ± 5,9:1^{B}
N_{amon} (dag kg^{-1})	0,1206 ± 0,04^{A}	0,1471 ± 0,04^{AB}	0,1760 ± 0,05^{B}	0,2471 ± 0,05^{B}

As médias, seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

5. CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais em que se realizou este estudo:

- Alerta-se que, de acordo com a relação C/N, o potencial fertilizante da cama com maravalha, no primeiro ciclo, e o da de casca de café, no primeiro e no segundo ciclo, são os que apresentaram melhores comportamentos, para seu uso como material de compostagem.
- Orienta-se para ambos os tipos de cama, maravalha e casca de café, que quanto maior o número de ciclos de reutilização das camas, menor a concentração de carbono orgânico total e maior a concentração de nitrogênio total, o que influenciou na redução da relação C/N.
- Recomendam-se adicionar materiais palhosos (adição de carbono), para cumprir com a faixa ideal no início de compostagem, em razão das perdas de nitrogênio total (quase estáveis) e dos ciclos da criação de frango não incidirem significativamente na relação C/N, mas no conteúdo de carbono, fazendo o uso das camas de maravalha, a partir do segundo ciclo de reuso, assim como o da cama de café, a partir do terceiro ciclo.
- Indica-se, em relação ao potencial poluente por concentração de nitrogênio amoniacal, que esse pode ser transformado em amônia, que não houve diferenças significativas entre ambas as camas, bem como apresentou relação direta entre o aumento de nitrogênio amoniacal e os números de reuso das camas.

- Recomendam-se usar ambas as camas (maravalha e casca de café) em mais de quatro ciclos de reutilização, pelo fato de que essa cultura exige concentração de 4,5 dag de nitrogênio total por quilograma de resíduo de cama, para ser aplicada em cada cova no momento do plantio, quando se pretende aplicar diretamente as camas de frango para incrementar o conteúdo de nitrogênio apropriado para ser aproveitado na fase inicial de desenvolvimento do cafeeiro.
- Aconselha-se fazer bom manejo do teor umidade, do pH e da temperatura, para evitar as perdas de nitrogênio na forma de gás amônia, em razão de a cama de frango ter alto teor de nitrogênio amoniacal, que vai aumentando por cada reuso das camas.
- Orientam-se, para futuros trabalhos, avaliar maiores números de ciclo de reuso das camas, além dos parâmetros microbiológicos, que permitam identificar a qualidade do material, desde o ponto de vista de sanidade, para serem usados como adubo orgânico.

REFERÊNCIAS

A. JÚNIOR, M.; ORRICO, A.C.; L. JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 538-545, 2010.

AGRICULTURE, FOOD AND RURAL DEVELOPMENT ALBERTA –.AFRDA. **Manure composting manual**. Livestook Engineering Unit & Environmental Practices Unit, 2005. 27 p.

ALENCAR, M.C.B.; NAAS, I.A.; GONTIJO, L.A. Respiratory risks in broiler production workers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 1, p. 23-29, 2004.

ANUALPEC 2007. **Anuário estatístico da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 392 p.

AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, A.M.G.; LOUREIRO, D.C. **Integrando Compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. Embrapa Agroecologia, 2005. 4 p. (Circular Técnica, 12).

AROGO, J.; WESTERMAN, P.W.; HEBER, A.J. A review of ammonia emissions from confined animal feeding operations. **Transactions of the ASAE**, v. 46, n. 3, p. 805-817, 2003.

ÁVILA, V.S.; ABREU, V.M.N.; FIGUEIREDO, E.A.P.; BRUM, P.A.R.; OLIVEIRA, U. **Valor agronômico da cama de frangos após reutilização por vários lotes consecutivos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 466).

ÁVILA, V.S.; MAZZUCO, H.; FIGUEREDO, S. **Cama de aviário**: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Embrapa, 1992. 38 p. (Circular Técnica, 16).

AVILAI, V.S.; OLIVEIRA, U.; PEREIRA E.A.; FAGONDES, C.A.C.; NASCIMENTO, V.M.; ROSA, P.S. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 2, 2008.

BAGGIO, J. **Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (*Coffea arabica* L.) como provável fonte de substâncias bioativas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

BAPTISTA, T.M.; JORGE, D.E.L.; NILVA, K.S. Effects of broiler stocking density and poultry litter reuse in broiler performance and poultry litter production. **Revista Portuguesa de Ciencias Veterinarias**, v. 100, n. 553/554, p. 45-52, 2005.

BENEDETTI, M.P.; FUGIWARA, A.T.; FACTORI, M.A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L. **Adubação com cama de frango em pastagem**. Águas de Lindóia: ZOOTEC, 2009.

BLAKE, J.P.; HESS, J.B **Litter treatments for poultry**. New April, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa n.º 15, de 17 de julho de 2001**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=3587>. Acesso em: 25 set. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.º 15, de 22 de dezembro de 2004**. Brasília, 2004.

CARR, L.E.; WHEATON, F.W.; DOUGLAS, L.W. Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 33, n. 4, p. 1337-1342, 1990.

CARVALHO, G.J. **Compostagem de resíduos agrícolas**. Lavras: UFLA, 2005. 12 p. (Circular Técnica).

CHAN, K.Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizible organic carbon fractions and soil quality changes in a paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, Baltimore, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; VERA, M.C.A.; HERNANI, L.C. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. (Circular Técncia).

CONSEJO CAFETALERO NACIONAL – COFENAC. **Reciclaje de los subproductos de la finca cafetalera**. 2003. 3 p. (Circular Técnica).

COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L.A.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.

CUMBA, R.D.T. Bed re-use: yes or no? **World Poultry**, v. 26, n. 1, p. 18-21, 2010.

DAVIS, M.; MORISHITA, T.Y. Relative ammonia concentrations, dust concentrations and presence of Salmonella species and *Escherichia coli* inside and outside commercial layer facilities. **Avian Diseases**, v. 49, p. 30-35, 2005.

DAWKINS, M.S.; DONNELLY, C.A.; JONES, T.A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. **Nature**, v. 427, n. 1, p. 342-344, 2004.

DONHAM, K.; CUMRO, D. Setting maximum dust exposure levels for people and animals in livestock facilities. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 1999, Aarhus, Denmark. **Proceedings…** Aarhus: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p. 93-110.

DONHAM, K.J.; CUMRO, D.; REYNOLDS, S. Synergistic effects of dust and ammonia on the occupational health effects of poultry production workers. **Journal of Agromedicine**, v. 8, n. 2, p. 57-76, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Reutilização da cama na criação de frangos e as implicações de ordem bacteriológica na saúde humana e animal**. Embrapa, 2005. 24 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Embrapa, 2006. (Documentos, 114).

FEBRER, M.C.A.; MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N.; COSTA, L.M. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1-4, 2002

FERNANDES, F.C.; FURLANETO, A. Risco biológico em aviários. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 2, n. 2, p. 140-152, 2004.

FIOREZE, C.; CERETTA, C.A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1788-1793, 2006.

FUKAYAMA, E.H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 99 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FUKAYAMA, E.H.; J. JÚNIOR, L.; AIRES, A.M.; MIRANDA, A.P.; MACHADO, C.R. Avaliação da produção de camas reutilizadas de frangos de corte de quatro lotes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009.

FURLAN, R.L.; MALHEIROS, R.D.; MORAES, V.M.B.; MALHEIROS, E.B.; BRUNO, L.D.G.; SECATO, E.R.; MACARI, M. Efeito da densidade de alojamento e da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal de frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, p. 62, 2000.

GATES, R.S.; CASEY, K.D.; WHEELER, E.F.; XIN, H.; PESCATORE, A.J. U.S. broiler housing ammonia emissions inventory. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 14, p. 3342-3350, 2008.

GONZÁLES, E.; SALDANHA, E.S.P.B. Os primeiros dias de vida do frango e a produtividade futura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 11, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2001. p. 312-313.

GREENWOOD, N.N.; EARNSHAW, E.A. **Chemistry of the elements**. 2.ed. Elsevier/Oxónia, 2005.

GRIMES, J.L. Alternatives litter materials for growing poultry. **North Carolina Poultry Industry Newsletter**, v. 1, n. 1, 2004.

HOMIDAN, A.A.; ROBERTSON, J.F.; PETCHEY, A.M. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. **World's Poultry Science Journal**, v. 59, n. 3, p. 340-349, 2003.

JEFFREY, J.S.; SINGER, R.S.; O'CONNOR, R.; ATWILL, E.R.Y. Prevalence of pathogenic Escherichia coli in the broiler house environment. **Avian Diseases**, v. 48, n. 1, p. 189-195, 2004.

JONES, T.A.; DONNELLY, C.A.; DAWKINS, M.S. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities. **Poultry Science**, v. 84, n. 1, p. 1155-1165, 2005.

JORGE, M.A.; MARTINS, N.R.S.; RESENDE, J.S. Cama de frango e sanidade avícola. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TENCOLOGIA AVÍCOLAS, 1997. **Anais...** 1997. p. 24-37.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 452 p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. São Paulo, 2002.

KIM, K.Y.; JONG KO, H.; TAE KIM, Y.; SHIN KIM, Y.; MAN ROH, C.; MIN LEE, E C.; NYON, K. Quantification of ammonia and hydrogen sulfide emitted from pig buildings in Korea. **Journal of Environmental Management**, v. 88, n. 2, p. 195-202, 2008.

KOCAMAN, B.; ESENBUGA, N.; YILDIZ, A. et al. Effect of environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 1, p. 26-30, 2006.

KONZEN, E.A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32 p. (Documentos, 5).

KRISTENSEN, H.H.; BURGESS, L.R.; DEMMERS, T.G.H.; WATHES, C.M. The preferences of laying hens for different concentrations of atmospheric ammonia. **Applied Animal Behaviory Science**, v. 68, n. 4, p. 307-318, 2000.

KRISTENSEN, H.H.; WATHES, C.M. Ammonia and poultry welfare: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 56, p. 235-245, 2000.

LACEY, R.E.; MUKHTAR, S.; CAREY, J.B.; ULLMAN, J.L. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 1. Odor concentrations and emissions. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, p. 500-508, 2004.

LECLERC, B.; FAIRBROTHER, J.M.; BOULIANNE, M.; MESSIER, S. Evaluation of the adhesive capacity of *Escherichia coli* associated with avian cellulitis. **Avian Diseases**, v. 47, p. 21-31, 2003.

LIVESEY, J.E.; SHARPE, R.T.; HOGG, R.A. Recent association of cattle botulism with poultry litter. **Veterinary Record**, v. 154, p. 734-735, 2004.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, n. 4, p. 723-729, 2000.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153 p.

LOTT, B.; DONALD, J. Amônia: grandes perdas mesmo quando você não percebe. **Rev. Avicultura Industrial**, v. 94, n. 4, p. 34-35, 2005.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I.J.O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Jaboticabal: SBEA, 2001. p. 31-87,

MacSAFLEY, L.M.; DUPOLDT, C.; GETER, F. Agricultural waste management system component design. In: KRIDER, J.N.; RICKMAN, J.D. **Agricultural waste management field handbook**. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1992. cap. 10, p. 1-85.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MARTINEZ, J.R.R. La pulpa de café es um subproduto y no um desecho. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: UFPR, 1999. p. 393-394.

MATOS, A.T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. Viçosa: UFV, 2008. 120 p. (Caderno Didático, 37).

MATOS, A.T.; VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; RIBEIRO, M.F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se de águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 199-203, 1998.

MEDEIROS, R.; MARTINI S.B.J.; FREITAS, M.; SILVA, O.A.; ALVES, F.F.; FERREIRA, E. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2321-2326, 2008.

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 200-206, 2002.

MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; SILVA, G.P.; KONZEN, E.A.; PIMENTA, F.F. **Cama de frango na agricultura**: perspectivas e viabilidade técnica econômica. Rio Verde: FESURV, 2004. (Boletim Técnico, 3).

MILES, D.M.; BRANTON, S.L.; LOTT, B.D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. **Poultry Science**, v. 83, p. 1650-1654, 2004.

MITCHELL JÚNIOR, C.C.; DONALD, J.O.; MARTIN, J. **The value and use of poultry waste as fertilizer**. Alabama Cooperative Extension Service, 1992. (Circular ANR 244a).

MOUCHREK, E.; JORGE, M.A. Reutilização de cama. **Revista AVIMIG**, ano 2, n. 17, 2001.

NAAS, I.A.; MIRAGLIOTTA, M.Y.; BARACHO, M.; MOURA, D.J. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Eng. Agríc.**, v. 27, n. 2, p. 326-335, 2007.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. Ontario: Ministry of the Environment, 2001.

NICOLARDOT, B.; RECOUS, S.; MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: a simple dynamic model based on the C/N ratio of the residues. **Plant Soil**. v. 325, n. 1-2, p. 79-89, 2001.

OLIVEIRA, M.C.; ALMEIDA, C.V.; ANDRADE, D.O. Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **R. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 4, p. 951-954, 2003.

OLIVEIRA, M.C.; FERREIRA, H.A.; CANCHERINI, L.C. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 4, p. 536-541, 2004.

OLIVEIRA, P.A.V.; HIGARASHI, M.M.; NUNES, M.L.A. Efeito estufa. **Suinocultura Industrial**, v. 25, n. 7, p. 16-20, 2003.

OSÓRIO, J.A.; TINÔCO, F.F.; CIRO, H.J. Ammonia: a review about concentration and emission models in livestock structures. **Dyna**, v. 76, n. 158, p. 89-99, 2009.

PAGANINI, F.J. **Produção de frangos de corte**: manejo de cama. Campinas: FACTA, 2004. 356 p.

PALHARES, J.C.P. **Uso da cama de frango na produção de biogás**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. (Circular Técnica, 41).

PATTERSON, P.H.; ADRIZAL, A. Management strategies to reduce air emissions: emphasis-dust and ammonia. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, p. 638-650, 2005.

PELÁEZ, C. Gallinaza: materia primaen proceso de compostación. **Revista Avicultores**, Colombia, v. 53, n. 8, p. 18-32, 1999.

PERDOMO, C.C. Controle do ambiente e produtividade de frangos de corte: a produção animal na visão dos brasileiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. p. 91-110.

PEREIRA N.J.T. **Manual de compostagem**. Viçosa: UFV, 2007. 81 p.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

PEREIRA NETO, J.T.; MESQUITA, M.M.F. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos**: aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos. Lisboa, 1992. 25 p. (Informação Técnica-Hidráulica Sanitária, 37).

PEREIRA, A.C.A. Síntese da amônia: alguns aspectos históricos. **Química Nova**, v. 30, p. 240-247, 2007.

PORTUGAL, A.F.; RIBEIRO, D.O.; CARBALLAL, M.R.; VILELA, L.A.F.; ARAÚJO, E.J.; GONTIJO, M.F.D. Efeitos da utilização de diferentes doses de cama de frango por dois anos consecutivos na condição química do solo e obtenção de matéria seca em *Brachiaria brizantha* cv. MARANDÚ. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009.

QIAN, P.; SCHOENAU, J.J. Availability of nitrogen in solid manure amendments with different C:N ratio. **Can. J. Soil Sci.**, v. 82, n. 220, p. 219-225, 2002.

RENATA H.; CAZETTA, J.; MORAES, V.M. Frações nitrogenadas, glicidas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 3, n. 4, p. 1795-1802, 2002.

ROBARGE, W.P.; McCULLOCH, R.; CURE, W. Atmospheric concentrations of ammonia and ammonium in the vicinity of animal production facilities in eastern North Carolina. In: ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1999. **Proceedings...** Cary, North Carolina, 1999. p. 365-371.

ROGERO, A.B.; MONTEIRO, G.M.C. Biosseguridade em granjas avícolas de matrizes. **Revista Acadêmica Digital do Grupo POLIS Educacional**, p. 4-5, 2008.

SALAZAR. P. **El cultivo del maíz en el estado Trujillo II**: prácticas agronómicas. FONAIAP, 2001. (Circular, 34).

SAMPAIO, M.A.P.M.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; SAMPAIO, A.A.M. et al. Estudo da população microbiana e da liberação de amônia da cama de frango tratada com gesso agrícola. **Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.**, v. 51, n. 2, p. 559-564, 1999.

SANTOS, E.C.; COTTA, J.T.B.; MUNIZ, J.A. et al. Avaliação de alguns materiais usados como cama sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, v. 14, n. 4, p. 1024-1030, 2000.

SANTOS, T.M.B. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte**. 1997. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

SANTOS, T.M.B. Efeitos de densidade populacional e da reutilização da cama sobre o desempenho de frangos de corte e produção de cama. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, p. 45-52, 2005.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, R.J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 5, 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba, 2003. p. 131-141.

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia, 2000. p. 1-20.

SINGH, J.R.; BICUDO, A.L.; TINOCO, I.F.; TINOCO, R.S.; GATES, K.D.; CASEY, A.; PESCATORE, A.J. Characterization of nutrients in built-up broiler litter using trench and random walk sampling methods. **J. Appl. Poult. Res.**, v. 13, p. 426-432, 2004.

TERZICH, M. A amônia dos galpões avícolas e o pH da cama. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1997, Campinas. **Anais...** Campinas, 1997. 304 p.

TERZICH, M.; POPE, M.J.; CHERRY, T.E.; HOLLINGER, J. Survey of pathogens in poultry litter in the United States. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 9, n. 2, p. 287-291, 2000.

TRALDI, A.B.; OLIVEIRA, M.C.; DUARTE, K.F.; MORAES, V.M.B. Avaliação de probióticos na dieta de frangos de corte criados em cama nova ou reutilizada. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, n. 3, p. 660-665, 2007.

TRALDI, A.B.; OLIVEIRA, M.C.; GRAVENA, R.A. et al. Avaliação das características da cama reutilizada e das lesões de peito, joelho e coxim plantar em frangos de corte consumindo ração com probiótico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, p. 1-749, 2004.

ULLMAN, J.L.; MUKHTAR, S.; LACEY, R.E.; CAREY, J.B. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: Remedial management practices. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 4, p. 521-531, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG - Sistema para Análises Estatísticas - versão 9.1**. Viçosa, 2007.

VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A.; FURTINI NETO, A.E. **Fertilidade do solo**: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 171 p.

WATHES, C.M. Air hygiene. In: WEEKS, C.A.; BUTTERWORTH, A. (Eds.). **Measuring and auditing broiler welfare**. 2004. p. 117-143.

WHEELER, E.F.; CASEY, K.D.; GATES, R.S.; XIN, H. Ammonia emissions from USA broiler barns managed with new, built-up, or acid-treated litter. INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8, 2008, Iguassu Falls. **Proceedings…** St. Joseph, MI: ASABE, 2008. 10 p.

WILLIAMS, C.M.; BARKER, J.C.; SIMS, J.T. Management and utilization of poultry wastes. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 162, p. 105-157, 1999.

ZHONGCHAO, T.; ZHANG, Y. A review of effects and control methods of particulate matter in animal indoor environments. **Air and Waste Management Association**, v. 54, p. 845-854, 2004.