

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**REUTILIZAÇÃO DE CAMAS DE FRANGO UTILIZANDO
CONCEITOS DE COMPOSTAGEM**

LÍLIA THAYS SONODA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniella Jorge de Moura

CAMPINAS
JANEIRO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**REUTILIZAÇÃO DE CAMAS DE FRANGO UTILIZANDO
CONCEITOS DE COMPOSTAGEM**

Dissertação de Mestrado
submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Agrícola, na área
de construções rurais e ambiência.

LÍLIA THAYS SONODA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniella Jorge de Moura

CAMPINAS
JANEIRO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

So59r Sonoda, Lília Thays
 Reutilização de camas de frango utilizando conceitos
 de compostagem / Lília Thays Sonoda. --Campinas, SP:
 [s.n.], 2011.

 Orientadores: Daniella Jorge de Moura, Leda Gobbo
 de Freitas Bueno.

 Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

 1. Fermentação. 2. Nitrogênio. 3. Tratamento de
 resíduos. 4. Frango de corte. I. Moura, Daniella Jorge
 de. II. Bueno, Leda Gobbo de Freitas. III. Universidade
 Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
 Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Reutilization of broiler litter utilizing composting concepts

Palavras-chave em Inglês: Fermentation, Nitrogen, Waste treatment, Broiler

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Ibiara Correia de Lima Almeida Paz, Denis Miguel Roston

Data da defesa: 07/02/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

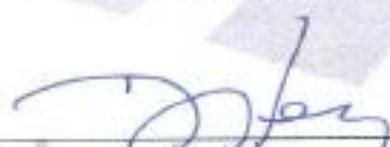
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Líliá Thays Sonoda**, aprovado pela Comissão Julgadora em 07 de fevereiro de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



**Prof. Dr. Daniella Jorge de Moura – Presidente e Orientadora
Feagri/Unicamp**



**Prof. Dr. Ibiara Correia de Lima Almeida Paz – Membro Titular
UFGD**



**Prof. Dr. Denis Miguel Roston - Membro Titular
Feagri/Unicamp**

Faculdade de Engenharia Agrícola
Unicamp

“Uma longa caminhada começa com um único passo.”

Lao Tsé

À minha mãe e irmã, Abadia e Silvia,
Às minhas sobrinhas, Sofia e Sara,
Ao Ricardo,

DEDICO

Agradecimentos

À Professora Daniella Jorge de Moura pela amizade, incentivo, confiança, ensinamentos e toda ajuda ao longo desses anos.

À Professora Leda Gobbo de Freitas Bueno pela co-orientação, dedicação, paciência e ajuda durante todo o tempo.

À Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Ricardo pelo carinho, estímulo e paciência em todos os momentos.

Aos funcionários da FEAGRI, Valdir, seu Pequeno, Dona Laura, Giovani, Roberto, Andréa, Martinha, Sidnei, Alexandre, Fábio, Ana Paula, Célia e Zigomar pela ajuda, disposição, alegria, sabedoria e quitutes do dia-a-dia.

Aos estagiários Daniela Costa Cordeiro, Carolina Lorena Hohl Abrahão e Anderson Rogério Floriano pelo apoio, compromisso (do experimento à defesa) e dedicação ao projeto.

Aos amigos e colegas de grupo Karolina, Rimena, Jualiana Sarubbi, Rojane, Adriano, Fabiana, Jackeline, Ana Paula, Brenda, Thayla, Karla, Luana, Silvia e Juliana Massari pela amizade e convivência.

Aos professores da pós-graduação e aos colegas do curso pela troca de experiências.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudos durante todo o mestrado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

A Deus.

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivos específicos.....	3
3. Revisão bibliográfica.....	4
3.3.1. Compostagem.....	10
3.3.1.1. Compostos orgânicos voláteis (VOCs).....	12
3.4. Concentração de nitrogênio na cama.....	13
3.5. A cama de frango e sua utilização.....	13
3.6. Modelos em escala.....	15
3.7. Qualidade do ar.....	15
3.7.1 Amônia (NH ₃).....	16
3.7.2. Dióxido de carbono (CO ₂).....	20
4. Metodologia.....	22
4.1. Modelos em escala.....	22
4.2. Tratamentos.....	24
4.3. Etapas.....	27
4.3.1. Primeira etapa – antes da fermentação.....	28
4.3.1.1. Monitoramento da cama.....	28
4.3.1.1.1. Determinação do nitrogênio total.....	28
4.3.1.1.2. Umidade da cama.....	29
4.3.1.1.3. pH.....	29
4.3.1.1.4. Determinação do risco microbiológico.....	29
4.3.1.1.5. Identificação de fungos.....	30
4.3.1.1.6. Temperatura e período de incubação.....	30
4.3.1.1.7. Identificação de <i>Salmonella</i> sp.....	31
4.3.1.1.8. Temperatura e período de incubação.....	31
4.3.2. Segunda etapa – durante a fermentação.....	31
4.3.2.1. Monitoramento bioclimático.....	32
4.3.2.2. Manutenção da umidade da cama.....	32
4.3.2.3. Monitoramento da qualidade do ar.....	33
4.3.2.4. Monitoramento da temperatura da cama.....	34
4.3.3. Terceira etapa – após a fermentação.....	36
4.3.3.1. Monitoramento da cama após a fermentação da cama.....	36
4.3.3.1.1. Determinação do nitrogênio total da cama.....	36
4.3.3.1.2. pH.....	36
4.3.3.1.3. Umidade.....	36
4.3.3.2. Monitoramento ambiental.....	36
4.3.3.2.1. Monitoramento bioclimático.....	37
4.3.3.2.2. Monitoramento da qualidade do ar.....	37
4.3.3.2.3. Determinação do risco microbiológico.....	37
4.4. Análise dos dados.....	37
5. Resultados e discussão.....	38
5.1. Primeira etapa – antes da fermentação.....	38

5.2. Segunda etapa – durante a fermentação.	42
5.2.1. Primeiro revolvimento da cama (16/07/2010).....	42
5.2.2. Segundo revolvimento da cama (19/07/2010).....	43
5.2.3. Terceiro revolvimento da cama (22/07/2010).	46
5.3. Terceira etapa – após a fermentação.....	50
5.4. Comparação entre o antes e após a fermentação.	54
6. Conclusão	61
7. Referências Bibliográficas.....	62

Lista de Figuras

Figura 1: Curva da emissão de amônia pela cama em relação ao tipo de sistema de ventilação utilizado.....	19
Figura 2. Comportamento das aves ao longo do tempo em relação às concentrações de CO ₂	21
Figura 3: Aviários em escala reduzida.	22
Figura 4: Planta baixa dos modelos em escala reduzida.	23
Figura 5: Fachada dos modelos em escala reduzida.....	23
Figura 6: Corte transversal dos modelos em escala reduzida.....	24
Figura 7: Disposição da cama de frango para a fermentação.	24
Figura 8: Revolvimento da cama com uma enxada.	25
Figura 9: Disposição dos pontos de coleta nos modelos em escala.	26
Figura 10: Representação dos pontos de coleta de cama antes da fermentação da cama espalhada, assim como as coletas de temperatura durante a fermentação.	28
Figura 11: Representação dos pontos de coleta de cama antes da fermentação da cama enleirada, assim como as coletas de temperatura durante a fermentação	28
Figura 12: Placa de Petri contendo uma amostra de cama de frango.	30
Figura 13: Anemômetro de fio quente.	32
Figura 14: Representação dos pontos de coleta de cama durante a fermentação da cama para a manutenção da umidade.	33
Figura 15: Medidor de Gases NH ₃ e CO ₂	34
Figura 16: Câmera termográfica <i>FLIR</i> [®]	34
Figura 17: Foto termográfica obtida após o revolvimento da cama durante a fermentação.....	35
Figura 18: Histograma gerado a partir da foto termográfica obtida no campo.	35
Figura 19: Utilização do termômetro digital <i>THDL 400</i> durante a fermentação da cama.	35
Figura 20: Volatilização de NH ₃ para as camas de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a utilização.....	48
Figura 21: Volatilização de NH ₃ para os tratamentos enleirado e espalhado.....	48

Figura 22: Temperatura interna para as camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização.	49
Figura 23: Temperatura interna para os tratamentos enleirado e espalhado.	49
Figura 24: Umidade para as camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização.	50
Figura 25: Umidade para os tratamentos enleirado e espalhado.	50

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Caracterização química e física de dejetos de frango.....	5
Tabela 2 – Parâmetros de qualidade do ar.....	16
Tabela 3 – Níveis de amônia e seus efeitos na saúde do homem.	17
Tabela 4 – Características dos galpões de onde vieram as camas.	27
Tabela 5 – Características da cama de frango de 1ª, 2ª e 3ª utilização antes da fermentação.	38
Tabela 6 – Características da cama de frango utilizada na fermentação para as disposições enleirada e espalhada.	39
Tabela 7 – Comparação de média das camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização após o primeiro manejo de cama durante a fermentação.	42
Tabela 8 – Comparação de média das camas na disposição enleirada e espalhada após o primeiro manejo de cama durante a fermentação.	43
Tabela 9 – Comparação de média das camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização após o segundo manejo de cama durante a fermentação.	44
Tabela 10 – Comparação de média das camas na disposição enleirada e espalhada após o segundo manejo de cama durante a fermentação.	44
Tabela 11 – Comparação de média das camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização após o terceiro manejo de cama durante a fermentação.	46
Tabela 12 – Comparação de média das camas na disposição enleirada e espalhada após o terceiro manejo de cama durante a fermentação.	47
Tabela 13 – Características das camas de frango de 1ª, 2ª e 3ª utilização após a fermentação.	51
Tabela 14 – Características da cama de frango após a fermentação.	51
Tabela 15 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento enleirado em cama de primeira utilização.	54
Tabela 16 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento espalhado em cama de primeira utilização.	55
Tabela 17 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento enleirado em cama de segunda utilização.	56

Tabela 18– Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento espalhado em cama de segunda utilização.	57
Tabela 19 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento enleirado em cama de terceira utilização.....	58
Tabela 20 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento espalhado em cama de terceira utilização.....	60

RESUMO:

A reutilização da cama de frango consiste na utilização de um substrato para forração do piso do aviário durante vários ciclos de alojamento das aves. Ela tem sido uma importante forma de driblar dificuldades de disponibilidade de materiais para esta função. Para que seu uso seja viabilizado, é necessário que se faça o tratamento a fim de reduzir a carga microbológica de acordo com as exigências internacionais, otimizando sua utilização, permitindo o bom desempenho do lote para exportação. O objetivo desta pesquisa foi avaliar duas disposições para a fermentação da cama de frango com base nos conceitos da compostagem, e seus efeitos na qualidade do ar e da cama durante a fermentação em aviários em escala reduzida. O experimento foi conduzido no Laboratório de Ambiente I da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas em 6 modelos em escala reduzida, onde 3 modelos continham cama na disposição enleirada e 3 na disposição espalhada. Cada modelo em escala recebeu cama de primeira, segunda e terceira utilização, respectivamente. O experimento foi dividido em três etapas, antes, durante e após a fermentação que teve duração de 15 dias. Antes do início da fermentação da cama, foram retiradas 6 amostras de cada modelo em escala para a realização da análise de nitrogênio total, umidade, pH e plaqueamento para estabelecer a condição microbológica inicial da cama. Durante a fermentação, foram realizadas análises de umidade, gases (NH_3 e CO_2), temperatura ambiente, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Após a fermentação, foram realizadas as mesmas análises da primeira etapa do experimento, para que posteriormente fosse possível comparar os dados de antes e após a fermentação da cama. Os resultados mostraram que existem diferenças em relação à qualidade da cama gerada após a fermentação com base no uso das disposições enleirada e espalhada, e não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto às variáveis nitrogênio total, umidade e pH da cama. Na segunda etapa, durante a fermentação, houve uma maior concentração de amônia, principalmente no tratamento enleirado (95,5 ppm), o que condiz com sua maior atividade bacteriana. Concluiu-se que a população de bactérias e especificamente *Salmonella* sp foi maior (de 604,389 UFC/g para 770,5 UFC/g) após o tratamento enleirado. Já a população de fungos teve comportamento diferente, sendo menor (de 10722,7 UFC/g para 222,722 UFC/g) após o enleiramento. Mesmo assim, ambos os

tratamentos não reduziram significativamente a população de bactérias e especificamente *Salmonella* sp quando comparadas as populações antes e após a fermentação.

Palavras-Chave: fermentação, nitrogênio, tratamento de resíduos, frango de corte.

ABSTRACT:

The reutilization of broiler litter consists in utilizing the same bedding material to cover the house floor for several broiler flocks. It has been an important option to solve the problem of bedding material availability. To make its use possible, it is necessary to treat the litter in order to reduce the amount of microorganisms, according to the international recommendations, optimizing its utilization and allowing good performance of the animals for exportation. The aim of this research was to evaluate two variations of broiler litter fermentation based on composting concepts and its effect on the litter and on the air quality during the fermentation in reduced scale broiler houses. The experiment was carried out in the Laboratory of Ambience I of the Agricultural Engineering Faculty of the State University of Campinas, utilizing 6 reduced scale houses, where 3 houses contained piled litter and 3 houses contained spread litter. Each reduced scale house had litter utilized 1, 2 and 3 times, respectively. The experiment was divided in three steps: before, during and after the fermentation and it lasted 15 days. Before beginning the treatment (first step), 6 samples were collected from each house and analyzed for total nitrogen, humidity, pH and microbiology content. During the fermentation (second step), the litter was analyzed concerning the humidity, gases (NH_3 and CO_2), air temperature, air relative humidity and air velocity. After the fermentation (third step), the same analyses from the first step were done again to make a comparison between the data from before and after the fermentation. The results show that there are differences concerning the quality of the reutilized litter resulting from the two treatments, however, no statistical differences were observed between the piled litter and spread litter in relation to total nitrogen percentage, humidity and pH of the litter. On the second step, during the fermentation, there was a higher concentration of ammonia, especially in the piled litter, showing higher bacterial activity. As a conclusion, the population of bacteria, especially *Salmonella* sp, was higher after the fermentation using piled litter. However, the fungi population showed a different pattern, decreasing after the fermentation. Nevertheless, both treatments were not able to reduce significantly the amount of bacteria, specifically *Salmonella* sp, when comparing the population before and after the fermentation.

Key-Words: fermentation, nitrogen, waste treatment, broiler.

1. Introdução.

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango do mundo. Depois da soja, a atividade avícola é considerada uma das mais importantes no agronegócio nacional, representando 1,5% do PIB, gerando 4,8 milhões de empregos diretos e indiretos e acima de 6 bilhões de reais apenas em impostos (UBA, 2008).

No ano de 2009 o Brasil produziu um total de 233,76 milhões de toneladas de produtos cárneos, sendo a produção de carne de frango a segunda maior do país, apresentando 71, 715 milhões de toneladas. Em 2006, a produção de carne de frango no Brasil foi de 54, 294 milhões de toneladas. Observa-se que em um período de 3 anos, a produção de carne de frango aumentou quase 20 milhões de toneladas no total. Estimativas para a o ano de 2010 incluem um aumento de 3% na produção total de frangos. Relacionado a este crescimento, espera-se um saldo positivo nos volumes comercializados junto aos novos países importadores e a retomada nos índices de consumo per capita, que obteve uma queda em 2009 de 2,6%, passando de 38,9 kg per capita ao ano em 2008, para 37,8 kg per capita ao ano 2009, juntamente com o crescimento vegetativo do mercado interno (UBA, 2009).

Muitos destes índices econômicos estão associados diretamente à qualidade do produto que é levado em consideração quando o objetivo final é a exportação. Para atender às exigências dos países importadores, uma série de recomendações, guias como as BPF's (Boas Práticas de Fabricação), certificações, sendo um dos mais importantes o Globalgap, que foram desenvolvidos a fim de regulamentar e padronizar desde os manejos realizados dentro das fazendas até o beneficiamento do produto final que será exportado.

Dentre os fatores a serem avaliados pelos órgãos certificadores estão os resíduos gerados pelos ciclos de produção, no caso da avicultura de corte, durante e após o período de alojamento das aves.

O principal resíduo obtido após o período de alojamento é a cama de frango, um substrato colocado no piso dos galpões avícolas, com o objetivo de proporcionar um melhor conforto às aves através do isolamento do piso, absorção da umidade das excretas, tornando-se uma fonte rica em nitrogênio não protéico (SORBARA et al., 2000).

Um bom substrato para cama de frango deve ser de material macio, isolante térmico, com alta capacidade de absorção e liberação de umidade, tamanho médio de partículas, baixo custo e fácil obtenção (NOLL, 1992).

Com a expansão da avicultura e as melhorias da tecnologia de produção, o material utilizado como cama, em muitos casos, restringiu-se à maravalha, que foi se tornando progressivamente mais escassa e com maior valor de mercado. Sua obtenção, em muitos casos, depende de fornecedores distantes, o que aumenta acentuadamente o custo (AVILA et al., 2008). Para sanar este problema, vários estudos foram conduzidos com o intuito de comprovar a eficiência na utilização de materiais alternativos em substituição à maravalha, tais como a casca de amendoim, a casca de arroz, o sabugo de milho triturado, a casca de café, a polpa de citros, vários tipos de gramíneas, incluindo bagaço de cana, entre outros. Outra alternativa em relação à utilização da cama, quando se fala em manter o baixo custo de produção sem abrir mão da maravalha como substrato, é o tratamento e a reutilização da cama.

A reutilização da cama de frango consiste na utilização de um substrato para forração do piso do aviário durante vários ciclos de alojamento das aves. Ela tem sido uma importante forma de driblar dificuldades de disponibilidade de materiais para forração do piso do aviário. Para que seu uso seja viabilizado é necessário que se faça a fermentação da cama a fim de diminuir a carga microbiológica de acordo com as exigências internacionais, otimizando sua utilização, permitindo o bom desempenho do lote para exportação.

O tratamento de cama pelo método de compostagem foi reconhecido como uma maneira eficaz de solucionar parcialmente a crescente preocupação com dejetos sólidos (OGUNWANDE et al., 2008).

A hipótese do presente trabalho é que utilizando metodologias adequadas para a fermentação de cama é possível reduzir a carga microbiológica da mesma, possibilitando o seu reaproveitamento.

2. Objetivos.

Avaliar duas variações para a fermentação da cama de frango com base nos conceitos da compostagem e seus efeitos na qualidade da cama e do ar durante o período de fermentação da cama em aviários em escala reduzida.

2.1. Objetivos específicos.

- Monitorar a qualidade da cama de frango de corte (Nitrogênio total, pH, umidade e condição microbiológica), antes e após a fermentação;
- Avaliar o ambiente térmico (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) de aviários de frangos de corte, antes, durante e após a fermentação;
- Avaliar a concentração de nitrogênio total retido na cama antes e após a fermentação;
- Monitorar a volatilização de amônia e dióxido de carbono durante a fermentação da cama.

3. Revisão bibliográfica.

3.1. Cama de frango.

Considera-se como cama de frango o material de origem vegetal que possa ser usado para forrar o piso do aviário. A espessura da cama deve variar de 0,05 a 0,10m de altura com 0,6 a 1,2cm à espessura de partícula, a qual receberá restos de ração, excrementos, penas e descamações da pele (STEPHENSON et al., 1990; GUPTA et al., 1997; ROSA, 2008). Seu uso também tem a finalidade de proporcionar conforto às aves, controlando o nível de umidade, a produção de pó e amônia, a exposição a agentes transmissores de doenças e prevenir a proliferação de insetos (ÂNGELO et al., 1997). Sua composição depende do tipo de alimentação das aves, substrato utilizado e método de controle de pragas (VAN DER WATT et al., 1994).

Na criação de frangos de corte é necessário um alojamento que proteja os animais das intempéries, permita bom fornecimento de alimentação e apresente sanidade adequada para que as aves atinjam o seu máximo potencial genético. A cama é um dos itens relacionados ao sucesso da atividade, sendo considerado todo material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004) e sem ela não seria possível criar os animais diretamente no piso. A finalidade da cama é proporcionar conforto às aves, permitindo que a qualidade de sua carcaça seja mantida, diminuindo a incidência de lesões em regiões como o peito e coxim plantar, bem como em outras áreas do corpo com menor valor comercial (OLIVEIRA et al., 2002).

Segundo Kelleher et al. (2002), a composição da cama e dejetos é predominantemente de água e carbono (C) com menores quantidades de nitrogênio (N) e fósforo (P) e leves traços de cloro (Cl), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e arsênico (As). Algumas características químicas e físicas da cama de frangos resultante de um lote são sumarizadas na Tabela 1 (GUERRA-RODRIGUEZ et al., 2001).

Tabela 1 – Caracterização química e física de dejetos de frango.

Composição Físico Química	Teores
Conteúdo de matéria orgânica (% matéria seca)	85,38
pH	8,8
Umidade (% peso úmido)	48,69
Nitrogênio total (% peso seco)	3,56
Nitrogênio inorgânico (% peso seco)	1,74
Nitrogênio amoniacal (% peso seco)	1,76
Conteúdo celular orgânico/porção de nitrogênio	10,89
Conteúdo total de carbono/porção de nitrogênio	12,24
P ₂ O ₅ (% peso seco)	0,71
K ₂ O (% peso seco)	3,79

Fonte: Guerra-Rodriguez et al. (2001).

A cama de frango varia em sua composição e características físicas entre os aviários e entre as granjas e diferentes regiões (DAO e ZHANG, 2007). Essa variabilidade se deve às diferenças na quantidade e tipo do material da cama, número de lotes de frangos produzidos na cama, do sistema de bebedouros, da quantidade de sujidades, do método de limpeza e armazenamento (JACOB et al., 1997; EDWARDS e DANIEL, 1992).

Os problemas relacionados à cama em particular, se ligam diretamente ao ambiente proporcionado às aves, como temperatura, umidade e volatilização de amônia, o que pode determinar condição de estresse por calor e problemas respiratórios para as mesmas, interferindo nas condições de ambiência e bem-estar dentro do galpão (FURLAN et al., 2000).

A cama pode ser constituída por várias fontes, mas as principais são maravalha de madeira, pó de serra, palha de arroz, casca de café, casca de amendoim, bagaço de cana, feno, polpa de citrus, entre outras. Porém, a mais aceita e recomendada ainda é a maravalha de pinus, por ser um material com alta capacidade de absorção e secagem, com boa condição microbiológica e facilidade de manejo. Materiais como subprodutos agroindustriais, restos de culturas e fenos de gramíneas têm sido avaliados quanto ao seu

potencial para utilização como cama de frango e para se verificar o efeito dos diferentes tipos de cama sobre o peso ao abate e rendimentos de carcaça.

Neste sentido, Ávila et al. (1992) sugeriram que para a seleção de uma boa cama é importante que o material a ser utilizado apresente algumas características tais como baixo custo e alta disponibilidade, ter capacidade de amortecimento, baixa condutividade térmica, liberar facilmente para o ar a umidade absorvida e ser de tamanho médio (material picado ou triturado). Vários pesquisadores têm desenvolvido trabalhos avaliando a potencialidade do uso de materiais como cama, mas em geral, os resultados zootécnicos não são significativamente alterados, entretanto há maior dificuldade em se manter a cama em boas condições (PAGANINI, 2004).

Segundo Ávila et al. (1992), a maravalha é um material constituído por partículas de tamanho aproximado de 3cm, produzida pelo beneficiamento de madeiras como pinheiro, pínus, bracatinga, canela, cedro, etc., e apresenta bom poder de absorção, que pode variar de um tipo de madeira para outro. A disponibilidade acompanha a demanda das regiões de indústrias madeireiras e campos de reflorestamento.

Já o feno de gramíneas como coast cross, braquiária, colômbio, capim Rhodes, gordura e demais gramíneas utilizadas para pastagem tem alta disponibilidade e são facilmente produzidos sempre que necessários. Como são secos, apresentam boa absorção e proporcionam conforto às aves em razão de sua alta capacidade de amortecimento.

A casca de amendoim é um material que apresenta propriedades absorventes, de boa compressão e homogeneidade, restringindo-se o uso, no caso de excesso de umidade, pois pode vir a apresentar contaminação pelo fungo *Aspergillus flavus* ou *Aspergillus fumigatus*, levando as aves a um quadro de aspergilose (NEME et al., 2000).

A casca de arroz é um material encontrado como resíduo em moinhos beneficiadores de arroz. Ela apresenta restrição quanto ao seu uso devido à baixa capacidade de absorção e por ser composta de partículas pequenas que podem ser ingeridas em demasia com riscos de intoxicação.

A cama tem grande importância na epidemiologia de doenças, pois recebe todas as excretas das aves, possuindo alta carga microbiana, tanto de bactérias quanto de fungos e vírus. Portanto, é uma fonte de contaminação para a propagação e perpetuação de doenças.

3.2. Qualidade microbiológica da cama.

A cama de frango, para ser viável economicamente, é reutilizada por vários lotes. No entanto, a reutilização da cama em lotes sucessivos dificulta a desinfecção do ambiente alterando a qualidade microbiológica do sistema de produção (WALTER, 2000). Este fator pode contribuir para a prevalência de microrganismos no ambiente, como a *Salmonella* sp (CHERNAKI-LEFFER et al., 2002). Por esta razão, faz-se necessário desenvolver e implementar produtos e manejos que reduzam a contaminação dos animais e alimentos consumidos pelo homem. Produtos químicos e biológicos como cal apagada ou extinta, que é o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 , obtida através da reação da cal virgem com a água (SINGH et al., 1990), o sulfato de alumínio (MOORE et al., 1995), o bissulfeto de sódio (POPE e CHERRY, 2000), o gesso agrícola (PROCHONOW et al., 2001) e o *Bacillus subtilis* (BRITO e TAGLIARI, 2007) têm sido testados por pesquisadores com o intuito de melhorar a qualidade microbiológica da cama.

O *Bacillus subtilis* é um produto biológico e possui enzimas proteases que atuam sobre os dejetos animais e a matéria orgânica presentes na cama, utilizando-os como fonte nutricional com conseqüente utilização destes substratos. Ele reduz, por exemplo, os níveis de amônia, melhorando assim, as condições ambientais gerais dentro do aviário. Brito e Tagliari (2007) constataram que a adição de Impact – P[®] em frangos de corte reduziu a quantidade de *Escherichia coli* na cama a partir de 24 horas de contato e também preveniu significativamente a ocorrência de celulite em frangos expostos as cepas de *E. coli* patogênicas. Segundo Kiehl (2004) a natureza da população microbiana, o número e as espécies existentes dependem das condições favoráveis presentes no substrato. O equilíbrio dinâmico dos microrganismos presentes na cama depende da sua capacidade de adaptação ao meio, que por sua vez, irá determinar a sua maior ou menor competitividade (TIQUIA et al., 1997).

Pesquisas realizadas em camas resultantes da criação de perus, frangos e galinhas encontraram 2,3% de amostras contaminadas com salmonela, entretanto, nenhuma amostra foi encontrada após tratamentos de cama que envolveram calor (ALEXANDER et al., 1968; MARTIN et al., 1998). Messer et al. (1971) realizaram experimentos esterilizando a

cama com radiação e concluíram que a temperatura de 57,2°C foi capaz de eliminar todos os organismos de salmonela em 60 minutos de exposição.

Segundo Williams e Benson (1978) a salmonela entérica sorovar *Typhimurium* sobrevive por no mínimo 18 meses na cama de frango sob condições de temperatura de 11 a 25°C, e somente 13 dias a 38°C.

A literatura indica uma grande variação na temperatura durante a fermentação da cama de frango utilizando os conceitos da compostagem. Em seu estudo, Pereira Neto (1987) observou uma diferença de 40°C entre a maior e a menor temperatura encontrada no pico do processo de fermentação da cama.

3.3. Tratamentos de cama.

Segundo Kelleher et al. (2002), existem algumas formas de tentar reduzir a carga microbiológica de camas reutilizadas, sendo elas: digestão anaeróbia, compostagem e combustão direta. A cal virgem (CaO) também foi apontada como um aditivo eficiente no controle de salmonela e clostridium quando utilizados mais de 300g.m⁻² de cama de aviário (PRA et al., 2009).

Na digestão anaeróbia da cama de frango, a concentração de nitrogênio na forma de amônia sobe consideravelmente, enquanto que alguns membros de microrganismos da população anaeróbia podem usar os íons de amônio e o excesso de amônio pode inibir a destruição dos componentes orgânicos, a produção de ácidos voláteis e metanogênese (KRYLOVA et al., 1997). A presença dos íons amônio também contribui para pHs baixos e corrosivos causando problemas de manejo e armazenamento da cama. A minimização da concentração da amônia é importante para qualquer tratamento de cama.

A qualidade do ambiente do galpão é altamente dependente da qualidade da cama, que por sua vez, é o ambiente ideal para a proliferação bacteriana e produção de amônia. Os dois fatores que mais influenciam as condições da cama são os dejetos e a umidade. No caso dos dejetos, a maior parte está fora do controle dos produtores, entretanto, o controle da umidade da cama pode e deve ser feito. O controle da umidade da cama, assim como do pH é importante, pois se não controlada, favorece a proliferação de patógenos. Fernandes e Furnaleto (2004), analisando a microbiologia da cama, buscaram identificar os principais

agentes biológicos a que os trabalhadores podem estar expostos dentro dos aviários. A partir das análises, detectaram 31 gêneros distintos de bactéria presentes na cama, tendo 82% de predominância bactérias gram-positivas, principalmente *Lactobacillus* sp e *Salinococcus* sp e alguns *Clostridium* sp, *Staphylococcus* sp e *Bordetella* sp. Tanto estes microorganismos quanto outros, em decorrência da umidade da cama, podem desencadear doenças de origem viral e bacteriana como a influenza aviária, laringotraqueíte, dermatite ulcerativa, doença de gumboro e o botulismo, que também devem ser levadas em consideração nas questões relacionadas à reutilização da cama, pois são rapidamente disseminadas em cama contaminada. Na cama de aviário, pode ser encontrado o equivalente à flora bacteriana intestinal das aves, acrescido de patógenos eventuais.

Outro aspecto sobre o teor de umidade da cama é a sua influência sobre a incidência de lesões na carcaça de frangos. Uma das funções da cama é proporcionar maior conforto às aves, impedindo que áreas como o coxim plantar e o peito fiquem susceptíveis a lesões (OLIVEIRA et al., 2003). Em seu trabalho, Traldi et al. (2004) avaliaram o efeito de probióticos sobre as características da cama reutilizada em relação à lesões de carcaças e encontraram que a cama reutilizada por dois ciclos causou lesões mais leves no coxim plantar das aves que a cama nova. A cama de aviário é rica em nitrogênio não protéico, principalmente na forma de ácido úrico.

A volatilização da amônia ocorre devido à ação de microorganismos decompositores de compostos nitrogenados, causando a fermentação da cama com conseqüente perda de nitrogênio pela volatilização da amônia (NH₃), aumentando sua concentração no ambiente, que é prejudicial ao desempenho das aves. Uma alternativa estudada para diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia é a adição de algumas substâncias ou compostos à cama que favorecem, através de reações químicas, o aumento na fixação do nitrogênio. Ao estudarem os efeitos do sulfato de alumínio sobre o pH, Moore Jr. et al. (2000) verificaram que o sulfato de alumínio, reduziu significativamente o pH da cama, principalmente nas quatro primeiras semanas de alojamento das aves. Outro aditivo utilizado para o tratamento de cama de frango é o gesso agrícola (CaSO₄), que por intermédio de reações químicas, aumenta a fixação do nitrogênio evitando assim o aumento da concentração de amônia no ambiente. Em sua avaliação sobre o teor de matéria seca, o pH e a quantidade de amônia volatilizada de cama de frango não

tratada e tratada com diferentes aditivos, Oliveira et al. (2003) encontraram que o menor valor do pH, (6,97) foi obtido na cama de frango tratada com gesso agrícola. Este menor pH foi devido à grande quantidade do produto utilizado (40% do peso da cama) e de sua alta capacidade de absorver umidade, o que reduz a atividade das bactérias produtoras de amônia.

Segundo Fiorentin (2006), outro tratamento muito utilizado no Brasil é a adição de cal hidratada na cama. A cama é revolvida e adicionada de aproximadamente 450g de cal. m⁻², o que reduz a atividade de água (Aw) e simultaneamente aumenta o pH. Apesar de inativar as bactérias de interesse econômico, a cal exerce essa função somente durante a primeira semana de criação.

3.3.1. Compostagem.

A compostagem é um processo biológico no qual os dejetos orgânicos são estabilizados sob condições controladas e convertidos em um produto que pode ser utilizado como um condicionador do solo e um fertilizante orgânico (BRAKE, 1992; HAGA, 1999). Ela visa acelerar a decomposição do material orgânico desde que se tenham condições ótimas para o desenvolvimento microbiano. Basicamente, a temperatura, aeração, umidade, relação carbono:nitrogênio (C/N) e nutrientes são os fatores que mais interferem nesse processo (COSTA et al., 2005).

Segundo Sweeten (1998) a compostagem é um processo relativamente rápido de biodegradação, levando de 4 a 6 semanas para estabilização do material, dependendo da finalidade que se pretende utilizá-lo. Como no Brasil o vazio sanitário entre lotes é de duas semanas, o que acaba ocorrendo é uma compostagem incompleta. Sweeten (1998) afirma que o material resultante da compostagem é inodoro, possuindo uma textura fina, com baixa umidade, podendo ser utilizado como fertilizante. O composto resultante é de fácil manejo e livre de patógenos. Como desvantagem se tem a perda de nitrogênio e outros nutrientes durante a compostagem, o custo dos equipamentos, odor e local apropriado para a realização da mesma.

Esse processo melhora a característica de estocagem e manejo dos dejetos para redução do volume, peso, diminuindo a carga patogênica, sementes de plantas daninhas,

reduzindo odores indesejados (TIQUIA e TAM, 1998) e estabilizando os nutrientes e a matéria orgânica do mesmo (MICHEL et al., 1996; TIQUIA et al., 2000). Contudo, um dos maiores efeitos negativos da compostagem de dejetos de origem animal é a perda de nitrogênio através da volatilização da amônia (NH_3), o que reduz o valor fertilizante dos dejetos quando utilizados na agricultura, constituindo uma importante perda econômica.

A umidade e a relação C/N são importantes para o sucesso do processo de compostagem. Uma baixa relação C/N favorece a liberação de amônia (GRAY et al., 1971). Uma relação C/N maior que 75%, inibe o início do processo de compostagem.

A porcentagem de matéria seca da cama tem grande influência na taxa de decomposição do mesmo e a tendência à estabilização do material junto com a liberação de calor durante o processo leva à evaporação da água presente na cama.

Rynk et al. (1991) encontraram que a taxa de umidade deve ser mantida entre 40 e 60% para a compostagem, enquanto que Fernandes et al. (1994) recomendam uma taxa umidade de 73 a 80% para iniciar o processo de compostagem.

Analisando os resultados de tratamentos de cama de frango utilizando a compostagem, digestão anaeróbia e combustão direta, Kelleher et al. (2002) afirmaram que tais tecnologias aumentam a utilidade da cama como fonte de energia e nutrientes para o uso na agricultura. Por outro lado, essas tecnologias podem ocasionar alguns problemas como a geração do gás amônia, alterações nos níveis de pH, temperatura e umidade da cultura que recebe a cama.

Em seu estudo, Kithome et al. (1999) mensuraram a volatilização de amônia durante a compostagem de cama de frango e avaliaram o potencial de aditivos para redução da emissão de NH_3 . Dentre os aditivos utilizados estão o zeolito, gesso, fibra de coco, cloreto de cálcio (CaCl_2), sulfato de cálcio (CaSO_4), cloreto de magnésio (MgCl_2), sulfato de magnésio (MgSO_4) e sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). A compostagem, segundo o autor, demora de 49 a 56 dias. A volatilização de NH_3 em camas não tratada foi de 47% a 62% do total de dejetos. Os melhores tratamentos encontrados para redução da volatilização de amônia foi o zeolito (38% de volatilização) e a fibra de coco (33%), durante a compostagem da cama.

A Agência Americana de Proteção Ambiental especifica que operações de compostagem devem atingir a temperatura mínima de 55°C por três dias consecutivos de

fermentação da cama, sendo que para a cama enleirada devem ser atingidas temperaturas maiores que 55°C por no mínimo 15 dias (US-EPA, 2003).

Em estudo realizado por Kwak et al. (2005), sobre o processo de compostagem da cama de frango por amontoamento (1,2m de altura) na eliminação de *E. coli*, *Salmonella enteritidis* e *Shigella sonnei*, as bactérias patogênicas foram eliminadas entre o segundo e quarto dia de enleiramento e a maior temperatura encontrada foi de 62°C, no sexto dia de fermentação.

3.3.1.1. Compostos orgânicos voláteis (VOCs).

A compostagem é uma prática aceitável e recomendada para reciclagem dos dejetos orgânicos e está rapidamente ganhando aceitação mundial como um método de estabilização e sanitização de dejetos avícolas. Contudo, a compostagem de dejetos de frango pode apresentar problemas porque a parte orgânica pode conter entre 70-80% de água. A presença de tanta água nos dejetos pode resultar na redução das temperaturas de compostagem, formação de odores e produção compostos orgânicos voláteis (VOCs), se a umidade não for controlada (TURAN et al., 2007).

A cama de frango tem alta concentração de nitrogênio. O excesso de nitrogênio é causado pela baixa relação carbono: nitrogênio. O balanço impróprio de nutrientes na cama de frango pode levar ao excesso de VOCs (WILLIAMS 1995; HEINING et al., 1995; SMET et al., 1999).

O problema ambiental causado pela presença dos VOCs na atmosfera se dá pelo fato de que muitos deles produzem mal odores ou serem nocivos. Irritação nos olhos e garganta, danos no fígado, sistema nervoso central, podem ocorrer devido à exposição prolongada aos VOCs. Esses compostos podem ter também efeito carcinogênico (DAS et al., 2004), contribuir para o aquecimento global, depleção do ozônio estratosférico e formação do ozônio troposférico (KOMILIS et al., 2004). Por essa razão, os VOCs são um assunto com crescente preocupação. Na Europa, por exemplo, os VOCs são regulados pelas diretivas da união europeia de 1999/13/EC na limitação das emissões dos compostos orgânicos voláteis (PAGANS et al., 2006).

Mais informações sobre os VOCs são necessárias. Não há dados publicados sobre os VOCs em compostagem de cama de frango. Tais informações podem ajudar a modificar as construções dos galpões de forma que os manejos ali aplicados reduzam o potencial negativo de impacto ao ambiente.

3.4. Concentração de nitrogênio na cama.

O nitrogênio da cama de frango é constantemente transformado pela atividade microbiana, associada às mudanças na temperatura, pH, umidade e concentração de oxigênio. Os dejetos de frangos contêm concentrações significativas de nitrogênio orgânico devido à presença de altos níveis de proteína e aminoácidos. No dejetos fresco, 60–80% do nitrogênio presente está na forma orgânica, como ácido úrico e proteína. A amônia também aparece na forma de gás (NH_3) ou na forma de íon (NH_4^+), que são solúveis em água. O gás NH_3 é volátil, enquanto que o NH_4 pode ser transformado por microorganismos em nitrato, processo chamado de nitrificação.

O ácido úrico excretado na cama é o responsável pela produção direta de amônia (NH_3), sendo este resultado da ação de bactérias específicas que metabolizam o ácido úrico (GONZÁLEZ e SALDANHA, 2001). Porém, a amônia em concentrações elevadas pode lesionar o tecido respiratório do animal, abrindo portas de entrada para diversos patógenos.

3.5. A cama de frango e sua utilização.

O confinamento total, sistema de exploração avícola predominante, com altas densidades, gera um volume considerável de dejetos que contaminam o ambiente pela excreção excessiva de nitrogênio, fósforo e microminerais (zinco e cobre). A maior preocupação de pesquisadores, técnicos e produtores, têm sido quanto ao tratamento e destino adequado desses dejetos e os mesmos buscam soluções para reduzir o impacto ambiental desses resíduos. Atualmente, as formas mais utilizadas para minimizar este problema é a utilização da cama como fertilizante. A criação de frango de corte produz em média quatro toneladas de cama por ano para cada 1.000 aves (KONZEN, 2003), é um volume significativo que pode afetar negativamente o meio ambiente. Considerando-se que

a quantidade média de cama produzida com diferentes tipos de material é de 2,12 kg.ave⁻¹ (ÂNGELO et al., 1997), há uma produção de cerca de 5,7 milhões de toneladas de cama de frango.ano⁻¹.

Apesar de proibida atualmente, a cama de frango foi utilizada em larga escala na alimentação animal como alternativa de substituição ao farelo de soja, pois possui alta disponibilidade e baixo preço de aquisição, valor nutritivo como suplemento protéico, além de níveis apreciáveis de macro e microminerais. O teor de proteína bruta pode chegar até 28%, dos quais 45% estão na forma de nitrogênio não protéico e 41% na forma de aminoácidos. Dos aminoácidos presentes, a glicina aparece em maior porcentagem, encontrando-se a arginina, lisina e metionina em quantidades menores (FONTENOT e WEBB, 1974). No entanto, esse tipo de material teve seu uso restringido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa nº 15 datada de 17 de julho de 2001, que proibiu o uso de produtos de origem animal na alimentação animal.

Segundo Silva et al. (2006) outro aspecto que também vem sendo considerado é a modificação da dieta da ave, com o objetivo de reduzir a excreção de elementos poluentes, por meio do fornecimento de dietas mais balanceadas e do uso de aditivos em rações (enzimas, por exemplo) para melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes contidos nos alimentos pelos animais, evitando o impacto ambiental da excreção excessiva, sobretudo de nitrogênio, fósforo, cobre e zinco, entre outros.

A formulação de rações para aves, durante muitos anos, foi baseada no conceito de proteína bruta (quantidade de nitrogênio x 6,25), resultando em dietas com níveis de aminoácidos acima das exigências dos animais, ocasionando aumento na excreção de nitrogênio. Sabe-se que apenas 45% do nitrogênio consumido pelas aves é retido como proteína animal. Portanto, 55% do nitrogênio ingerido é excretado, contribuindo para aumentar a poluição ambiental (CAUWENBERGHE e BUNHAM, 2001). Atualmente, com a produção industrial de aminoácidos, é possível diminuir o teor de proteína das rações para frangos de corte, mantendo-se o mesmo desempenho das aves, por meio da formulação de rações com base no conceito de proteína ideal. No entanto, pesquisas sobre a redução do teor de PB e a suplementação de aminoácidos essenciais em rações para frangos de corte têm indicado diminuição no ganho de peso, piora na conversão alimentar e

aumento na quantidade de gordura abdominal (WALDROUP, 2000; SABINO et al., 2004; COSTA et al., 2001). Porém, Rostagno et al. (2002) concluíram que é possível reduzir para 19% o nível de PB das rações para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, desde que haja suplementação de aminoácidos e que o balanço eletrolítico se encontre entre 173 e 223 meq.kg⁻¹. Em seu estudo, esses autores avaliaram o efeito do nível de PB e da retirada individual dos aminoácidos (arginina, glicina, ácido glutâmico, valina e isoleucina) sobre o desempenho produtivo de pintos de corte de 8 a 21 dias de idade e constataram que a redução da PB para 18% piorou o desempenho e que as rações contendo 19% de PB necessitam ser suplementadas com glicina para proporcionar desempenho semelhante ao obtido com a ração controle (22% de PB).

3.6. Modelos em escala.

Os modelos em escala vêm se mostrando vantajosos e adequados à pesquisa em ambiência animal. Além de reproduzirem as características e respostas térmicas de instalações naturais, reduzem os custos e o tempo despendido na experimentação (PITARELLO, 1994).

Vários autores têm utilizado os modelos em escala para condução de experimentos, não só pela rapidez, facilidade de construção e manutenção, mas também porque os mesmos possibilitam realizar uma maior quantidade de repetições de um determinado tratamento.

Segundo Welker (2008) é possível testar diferentes sistemas de climatização obtendo resultados significativos utilizando os modelos em escala.

3.7. Qualidade do ar.

A qualidade do ar é um fator muito importante para a produção avícola. O ar é a fonte de oxigênio para o metabolismo e veículo de dissipação do excedente de calor, do vapor de água, de gases provenientes dos animais e da decomposição de dejetos e da poeira liberada pela cama (FURLAN, 2006). Essa qualidade pode ser determinada através dos níveis dos gases, poeira e microrganismos (SCAHAW, 2000). Se a ventilação não for

eficiente, contaminantes como poeiras, NH₃, CO₂, CO e vapor de água excedente podem ocorrer, causando problemas respiratórios, ascite entre outros problemas sanitários (ROSS, 1999).

Conforme as aves vão crescendo, o consumo de oxigênio e a produção de gases aumentam, por isso há a necessidade de sistemas de ventilação eficazes. A umidade do ar é um indicativo da qualidade do ar a qual sofre interferência da umidade externa, tipo e manejo dos sistemas de bebedouros, consumo de água, densidade, idade e peso das aves, tipo do sistema de ventilação adotado, temperatura e doenças relacionadas às aves (SCAHAW, 2000). A relevância do monitoramento do ambiente aéreo em galpões de frangos ocorre não somente em consequência do bem-estar animal, como também devido nas questões de saúde pública. A Tabela 2 apresenta parâmetros do ar para frangos de corte, segundo Manning et al. (2007).

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade do ar.

Parâmetros	ROSS (1999)	IPPC BREF (2003)	COBB (1995)	DEFRA (2002)
Oxigênio	>19,5%	-----	-----	-----
CO ₂	<0,3%	0,2 – 0,3%	-----	-----
CO	<10 ppm	0,01%	-----	-----
NH ₃	<10 ppm	<25 ppm	20 – 25 ppm	<20 ppm
Poeira Respirável	<3,4 mg/m ³	-----	-----	-----

Fonte: Manning et al. (2007).

3.7.1 Amônia (NH₃).

A amônia é um gás formado a partir da decomposição microbiana do ácido úrico eliminado pelas aves. A recomendação máxima de concentração dentro de galpões é de 20 ppm (CIGR, 2004). Quando a quantidade de amônia inalada é superior a 60 ppm, a ave fica predisposta a doenças respiratórias e oculares, e quando a concentração de amônia no ambiente atinge 100 ppm, há redução da taxa e volume da respiração, prejudicando os processos fisiológicos de trocas gasosas. Esses níveis altos de amônia (60 a 100 ppm) podem ser observados no início da criação em aviários que reutilizam a cama (GONZÁLES

e SALDANHA, 2001). Níveis de amônia permitidos e suas conseqüências são comentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis de amônia e seus efeitos na saúde do homem.

Concentração de NH₃ (ppm)	Efeito na saúde dos trabalhadores
< 25	Concentração média de exposição sem efeitos adversos para quase todos os trabalhadores, num período de 8 h/dia e 40h/semana
25 – 50	Odor detectável
50 – 100	Ligeira irritação dos olhos, nariz e garganta, podendo desenvolver tolerância em 1-2 semanas sem efeitos adversos posteriores
140	Irritação moderada dos olhos, sem sequelas em longo prazo para exposições inferiores a 2 horas
400	Irritação moderada da garganta
500	Valor limite, a partir do qual existe perigo de vida ou para a saúde
700	Lesão imediata dos olhos
1000	Lesões das vias respiratórias
1700	Espasmo da laringe
2500 – 4500	Morte após meia hora de exposição
2500 – 6500	Edema pulmonar
5000	Morte rápida

Fonte: Adaptado de Issey (2001) e de ATSDR (2002).

A volatilização da amônia é atribuída à decomposição microbiana dos compostos nitrogenados, principalmente o ácido úrico, presente na cama dos aviários. O pH da cama tem um importante papel nessa volatilização, porque uma vez formada a amônia livre estará em duas formas: como NH₃ e como íon NH₄, dependendo do pH, além de relação positiva direta com a concentração de amônia. Além disso, a concentração da amônia tende a aumentar com o aumento do pH. A amônia formada permanece em níveis baixos, enquanto

o pH estiver abaixo de 7. A decomposição do ácido úrico é favorecida em meio alcalino (pH >7), onde a uricase, enzima responsável pela quebra deste ácido, tem sua atividade máxima em pH 9 (BLAKE e HESS, 2001). Um estudo realizado por Wathes et al., (1998), avaliando a qualidade do ar em diferentes instalações para criação de animais (aves, suínos e bovinos) encontrou nos aviários a maior concentração de amônia (variando entre 5 a 30 ppm), poeira e endotoxinas.

O controle da umidade e pH representa a maior estratégia de manejo para a redução da volatilização da amônia. A produção e a volatilização é inibida em pH abaixo de 7 pois o pH afeta diretamente o equilíbrio entre o íon amônio (NH_4^+) e a amônia (NH_3). Contudo, o controle do pH da cama durante o período de alojamento tem se mostrado difícil, em parte porque o pH da cama geralmente não é mensurado. O efeito do tratamento com substâncias acidificantes não é duradouro (em torno de 10 a 14 dias), e tratamentos durante o alojamento das aves ficam impossibilitados (MOORE et al., 1996).

Os compostos acidificantes, como o bisulfato de sódio ($[\text{NaHSO}_4]_2$), são normalmente aplicados na cama pouco tempo antes da chegada das aves na expectativa de que haja menor volatilização de amônia durante o período crítico (após os 14 dias), quando os frangos se apresentam mais susceptíveis à elevação dos níveis de amônia (acima de 25 ppm). Altas temperaturas durante este período (28-34°C) também aumentam a volatilização. Entretanto, algumas pesquisas não conseguiram demonstrar a diferença das emissões de amônia entre cama tratada com NaHSO_4 e cama não tratada (MOORE et al., 1996).

Ao comparar os níveis de amônia em galpões de frango de corte em sistemas de ventilação e densidade diferenciadas, Miragliotta (2000) mostrou que o sistema de ventilação tipo túnel removeu os gases gerados dentro das instalações que estavam com densidade de 18 aves.m⁻², garantindo qualidade de ar adequada, sendo mais eficiente do que o sistema de ventilação convencional, em instalações com densidade de 13 – 15 aves.m⁻².

Em relação à emissão de gases, um estudo feito por Guiziou e Beline (2005), em galpões de frangos de corte com piso de concreto, encontraram-se emissões entre 0 a 5,6 g N h⁻¹, durante os dez primeiros dias de vida das aves. A partir do décimo dia, as emissões aumentaram para a faixa de 4,02 a 26, 14g N h⁻¹, continuando a aumentar com o crescimento das aves. Do trigésimo primeiro dia até o final do experimento, as taxas de

emissão chegaram a 75g N h^{-1} . Durante este período a taxa de fluxo de ar aumentou de 80 para $9936\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$, juntamente com a densidade das aves que aumentou de 0,84 a $12,5\text{ kg m}^{-2}$ indicando que o aumento da emissão de amônia ocorreu provavelmente devido ao acúmulo de excreta e crescimento microbiológico na cama.

A concentração ideal de NH_3 nos pinteiros deve ser menor ou igual a 20 ppm, evitando que cause problemas como danos oculares, reações às vacinas, infecções respiratórias e condensações de carcaças. Com concentrações entre 75 e 100 ppm, a produtividade em frangos de corte e de postura é reduzida em até 15%. Problemas respiratórios e disseminação de doenças normalmente estão vinculados à maior densidade de aves, principalmente na fase final de crescimento. Em seu estudo, Miragliotta (2005) obteve valores de umidade de cama em aviário com alta densidade populacional significativamente superior (30,34%) ao aviário convencional (26,20%), ao nível de 5%, no 28º dia de produção.

O gráfico da Figura 1 apresenta a emissão de amônia pela cama em diferentes sistemas de ventilação segundo Miragliotta (2000).

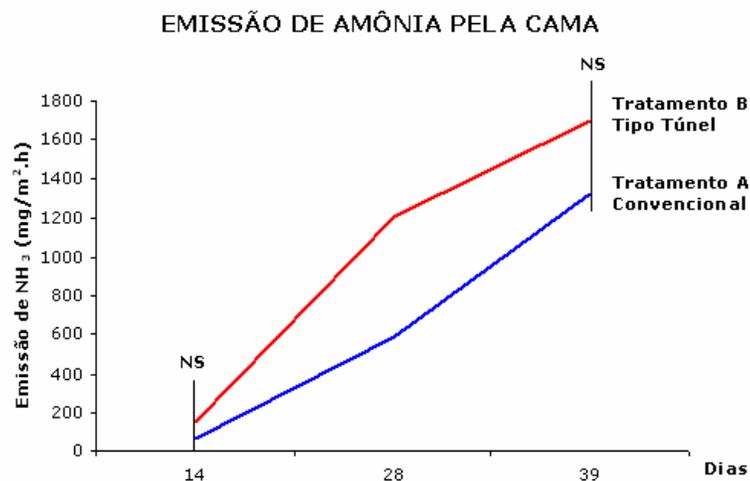


Figura 1: Curva da emissão de amônia pela cama em relação ao tipo de sistema de ventilação utilizado.

Os produtores de aves dos Estados Unidos têm se preocupado em manter os níveis de amônia (NH_3) do ar do aviário abaixo de 25 ppm para melhorar a qualidade de ar e, mais recentemente, para diminuir a emissão para a atmosfera. Em seu estudo, Wheeler et al.

(2008) investigaram a influência das estratégias de manejo relacionadas com a emissão de amônia de galpões comerciais de frango de corte empregando cama nova, cama sobreposta tratada com acidificante (bisulfato de sódio) ou cama sobreposta sem tratamento, prática comumente empregada no campo. Aproximadamente 400 dias de coleta de dados de emissão de NH_3 foram obtidos de 12 galpões de frango de corte em 4 granjas monitoradas em períodos de 48 horas durante um ano. A emissão foi calculada a partir do produto da concentração dos gases presentes no ar exaurido e a taxa de ventilação do galpão. O uso de cama nova para cada ciclo de produção levou à diminuição da emissão de NH_3 (média 0,35g NH_3 /ave/dia) no 21º dia dos 42 dias de alojamento, seguida dos ciclos criados com limpeza anual do galpão (0,52g NH_3 /ave/dia). A cama remontada sem nenhum tratamento apresentou a maior emissão (0,73g NH_3 /ave/dia), seguida de cama remontada tratada com acidificante (0,63g NH_3 /ave/dia). O estudo foi feito em dois galpões utilizando remontada com tratamento de cama e dois galpões com cama remontada sem nenhum tratamento, para comparação dos resultados sob condições de campo. A emissão de amônia da cama remontada com tratamento foi similar à cama remontada sem tratamento, entretanto, o padrão de tempo nas emissões mostrou que a amônia retida no começo do ciclo na cama tratada com ácido foi liberada posteriormente durante o período de alojamento.

3.7.2. Dióxido de carbono (CO_2).

O CO_2 oriundo dos dejetos e da respiração dos animais, mesmo não sendo tóxico, em altas concentrações causa asfixia. A concentração no interior dos aviários bem ventilados pode variar entre 1000 ppm no verão e 10.000 ppm no inverno.

A Figura 2 apresenta o comportamento das aves em relação ao tempo de exposição e concentração de CO_2 , onde pode-se observar que quanto maior é a concentração, menor é a atividade das aves (Gerritzen et al., 2006).

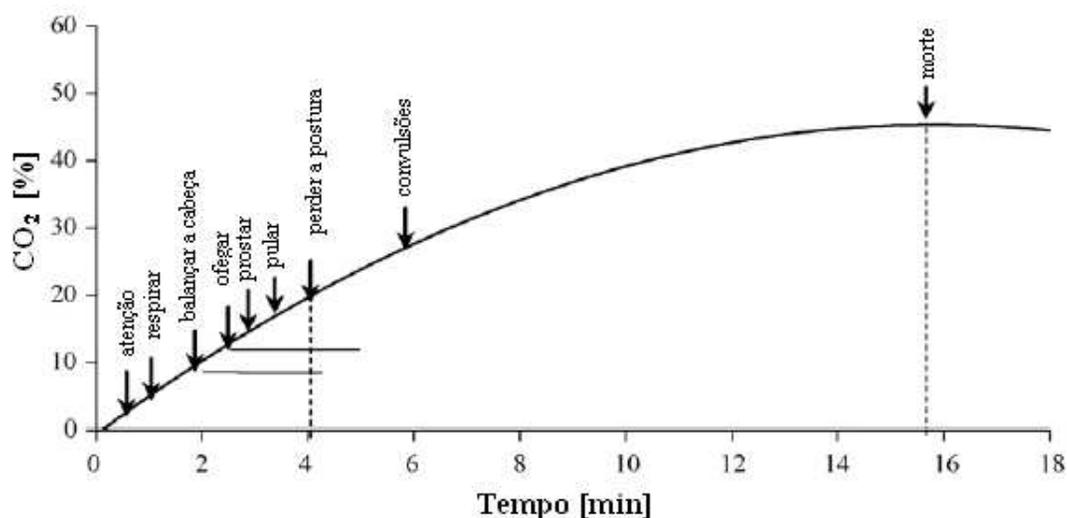


Figura 2. Comportamento das aves ao longo do tempo em relação às concentrações de CO₂.

O aumento da temperatura, conhecida como aquecimento global ou efeito estufa, advém do excessivo uso de combustíveis fósseis, desde a revolução industrial, e da rápida destruição das florestas. Entre estes gases, o dióxido de carbono é responsável por aproximadamente 60% destes efeitos (TUNÇ et al., 2006). O CO₂ resulta da oxidação de substâncias orgânicas, incluindo a respiração biológica e queima de biomassa e de combustíveis fósseis. (HYNST et al., 2006). A respiração de animais alojados e a queima incompleta de gases para aquecimento, também contribuem para o aumento de concentrações de CO₂ nos aviários.

O CO₂ em grandes concentrações é usado também em processos de atordoamento e abate. Gerritzen et al., (2006) investigaram os efeitos do lento aumento na concentração de CO₂ (0% a 45%) sobre o comportamento de frangos de corte, matrizes, patos e perus, para determinar os efeitos sobre o bem-estar e dentre as conseqüências de altas concentrações de CO₂ são destaques a falta de ar, ativação do sistema de alerta, hiperventilação e irritação da mucosa nasal (RAJ e GREGORY, 1995).

4. Metodologia.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ambiência I da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, situado à latitude 22° 54'S, longitude 47° 05'N e altitude de 674 metros, no período 10 de junho a 22 de junho de 2010.

4.1. Modelos em escala.

Os modelos em escala são aviários de tamanho reduzido, nas mesmas proporções de galpões convencionais.

Os aviários estão posicionados com orientação leste-oeste e possuem as seguintes dimensões: 3,0m de comprimento, 1,4 m de largura e 1,1 m de altura do pé direito, são construídos em alvenaria e cobertos com telha de fibrocimento como mostra a Figura 3.



Figura 3: Aviários em escala reduzida.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram a planta baixa, a fachada e o corte transversal dos modelos em escala reduzida.

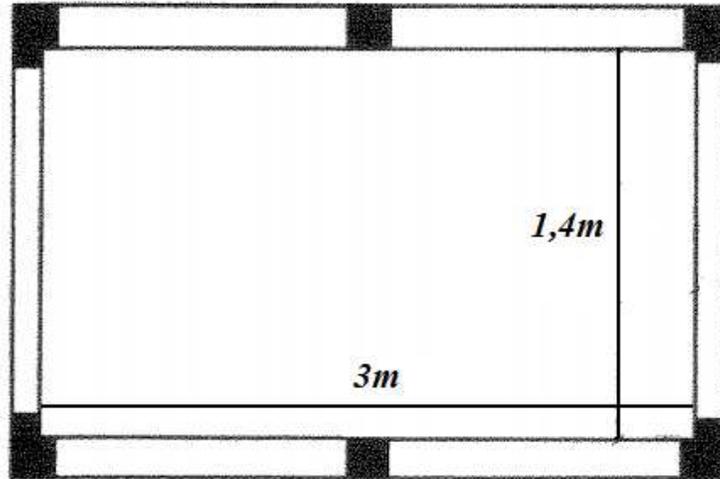


Figura 4: Planta baixa dos modelos em escala reduzida.

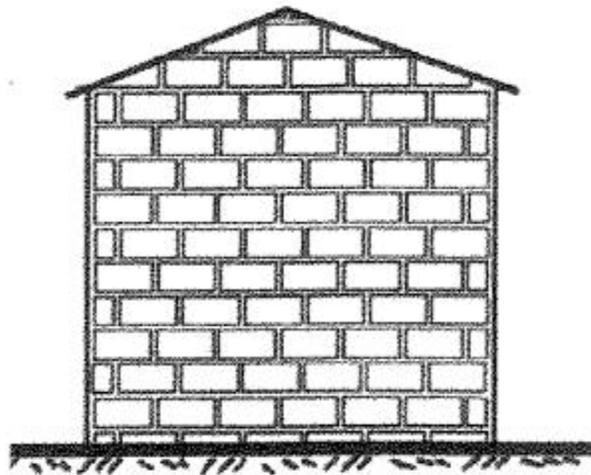


Figura 5: Fachada dos modelos em escala reduzida.

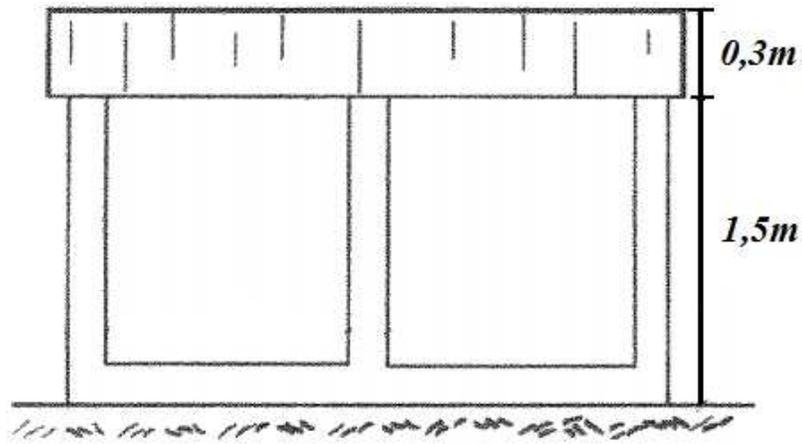


Figura 6: Corte transversal dos modelos em escala reduzida.

4.2. Tratamentos.

Os tratamentos consistiram em duas variações na disposição da cama para a fermentação utilizando os conceitos de compostagem. A primeira delas consistiu em leiras, que são fileiras de cama amontoadas no centro do aviário com as seguintes dimensões: 2,25m de comprimento, 0,80m de largura e 0,60m de altura denominada Tratamento L (Figura 7a). A segunda variação foi manter a cama espalhada ao longo do aviário com 20 cm de altura chamada de Tratamento E (Figura 7b).



(a)



(b)

Figura 7: Disposição da cama de frango para a fermentação.

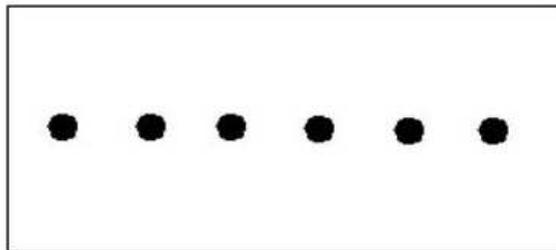
Em ambos os tratamentos foi feita a homogeneização da umidade em 50-55% e a aeração da cama a cada 3 dias, revolvendo-a com o auxílio de uma enxada, com o intuito de manter atividade biológica através da manutenção da temperatura em níveis desejados de 60 a 80°C (Figura 8). O período de fermentação da cama foi de 12 dias. Essa metodologia é adaptada de Silva et al. (2007).



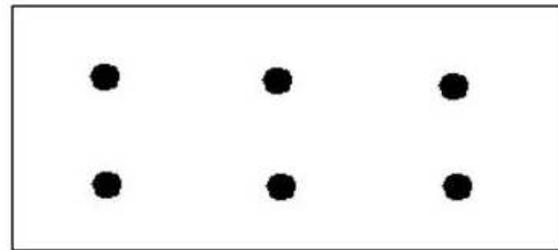
Figura 8: Revolvimento da cama com uma enxada.

As camas foram provenientes de diferentes lotes de frangos de corte de uma granja comercial situada em Capivari - SP, criados até os 42 dias, sendo o material pó de serra e de ciclos de produção de 1ª, 2ª e 3ª utilização, sendo colocados 280kg de cama em cada aviário.

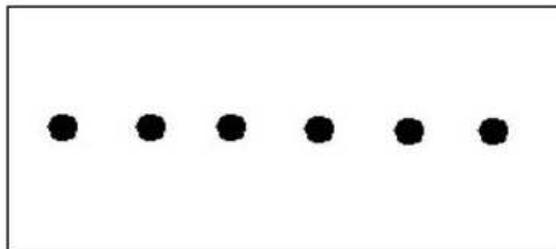
Foram utilizados 6 modelos em escala para a fermentação da cama com duas repetições cada. Desta forma, realizou-se a análise simultânea das camas de diferentes ciclos e produção como mostrado na Figura 9.



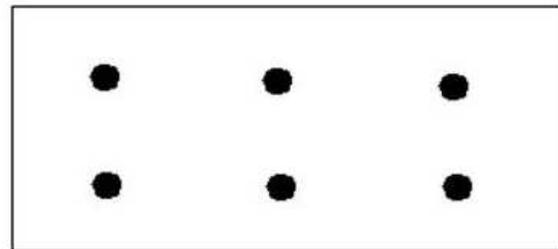
Enleirado (2ª utilização)



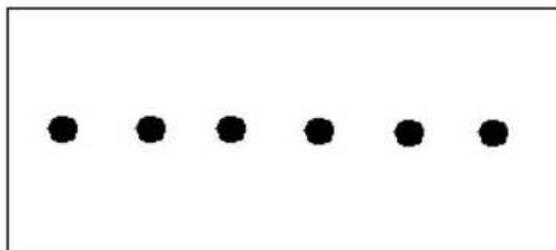
Espalhado (2ª utilização)



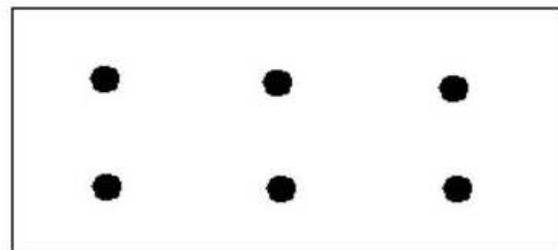
Enleirado (1ª utilização)



Espalhado (1ª utilização)



Enleirado (3ª utilização)



Espalhado (3ª utilização)

● Legenda: Pontos coletados para as diferentes variáveis estudadas, na mesma posição em que a cama se encontrava dentro dos aviários durante o experimento.

Figura 9: Disposição dos pontos de coleta nos modelos em escala.

Foram anotadas e avaliadas características dos lotes que deram origem as camas (Tabela 4).

Tabela 4 – Características dos galpões de onde vieram as camas.

	Cama de 3ª utilização	Camas de 1ª e 2ª utilização
	Aviário Convencional	Aviário Dark House
Ventilação mínima	Pressão positiva com ventiladores instalados em duas linhas	Pressão negativa com exaustores instalados em uma das extremidades do aviário
Número de ventiladores	16,8 em cada linha, espaçados de aproximadamente 9 m nas linhas	10 exaustores com presença de <i>Pad cooling</i>
Dimensões externas	12,40 x 120,40 x 4,50 m	12,40 x 120,40 x 4,50 m
Dimensões internas	12,00 x 120,00 x 2,80 m	12,00 x 120,00 x 2,80 m
Tipo bebedouro	Pendular.	<i>Nipple</i> .
Número de bebedouros	320, colocados em 4 linhas de 80 bebedouros	Não informado
Tipo comedouro	Automático com rosca sem fim.	Automático com rosca sem fim.
Número de comedouros	400, separados em 2 linhas de 200 comedouros	768, divididos em 4 linhas de 192 comedouros
Densidade	14 aves m ²	15 aves m ²
Linhagem Comercial	Cobb	Cobb
Dias de Alojamento	42 dias	42 dias
Sexo	Misto	Misto
Dieta	Comercial	Comercial

4.3. Etapas.

Para melhor entendimento, a metodologia foi dividida em três etapas:

Primeira etapa: Antes da realização da fermentação;

Segunda etapa: Durante a realização da fermentação;

Terceira etapa: Após a realização da fermentação.

4.3.1. Primeira etapa – antes da fermentação.

A primeira etapa consistiu no período antes do início da fermentação da cama onde foram feitas análises para verificar as características da cama utilizada no experimento.

4.3.1.1. Monitoramento da cama.

Antes do início da fermentação da cama, foram retiradas 6 amostras de cada aviário para a realização da análise de nitrogênio total, umidade, pH e estabelecimento da condição microbiológica inicial da cama, como representado nos esquemas de pontos de coleta representados nas Figuras 10 e 11.

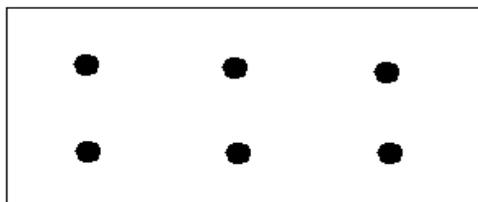


Figura 10: Representação dos pontos de coleta de cama antes da fermentação da cama espalhada, assim como as coletas de temperatura durante a fermentação.

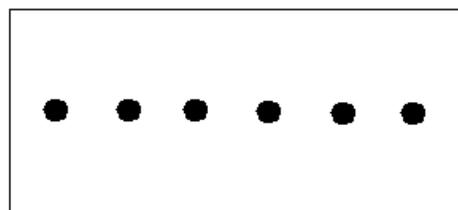


Figura 11: Representação dos pontos de coleta de cama antes da fermentação da cama enleirada, assim como as coletas de temperatura durante a fermentação .

4.3.1.1.1. Determinação do nitrogênio total.

As análises foram realizadas no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP. Para isto, foram coletadas 6 amostras antes da fermentação da cama em seis pontos dentro dos seis aviários.

O teor de nitrogênio total das camas foi determinado pelo método de semi-micro-Kjeldahl, cujo princípio baseia-se na transformação do nitrogênio amoniacal ((NH₄)₂SO₄)

em amônia (NH₃), a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H₂SO₄ até nova formação de (NH₄)₂SO₄, na presença do indicador ácido/base, conforme metodologia descrita por Silva (2002).

4.3.1.1.2. Umidade da cama.

Para a realização da análise inicial da umidade da cama, foram coletadas 6 amostras de cama de cada aviário.

O teor de umidade foi determinado pelo Método de Determinação do Grau de Umidade recomendado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992).

4.3.1.1.3. pH.

A avaliação do pH foi realizada de forma indireta, com o auxílio do pHmetro *Analion pm608*[®] a partir da mesma amostra de cama de frango coletada para avaliação da umidade, de acordo com a seguinte metodologia (MIRAGLIOTTA, 2005).

4.3.1.1.4. Determinação do risco microbiológico.

Foi realizada no laboratório de Ambiência II da Feagri/Unicamp, antes da fermentação da cama. Para a contagem padrão de *Samonella* sp e *Aspergillus* sp, três amostras de cada aviário foram coletadas e acondicionadas em placas de Petri, cuja abertura foi fechada com fita adesiva como mostra a Figura 12.



Figura 12: Placa de Petri contendo uma amostra de cama de frango.

4.3.1.1.5. Identificação de fungos.

Foram utilizados três meios de cultura no procedimento para a identificação de fungos presentes na cama de frango o meio mínimo (MM), o meio completo (MC), e a solução de vitaminas, de acordo com a metodologia de Pontecorvo et al. (1953).

Como procedimento foi utilizado água destilada para completar 1L e o pH foi ajustado para 6,5 com hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, antes da esterilização. Para o meio sólido foi acrescentado 15g de ágar.L⁻¹.

4.3.1.1.6. Temperatura e período de incubação.

Os meios de cultura foram sempre esterilizados em autoclave por 30 minutos à 120°C. A temperatura de incubação foi de 27 °C em todos os experimentos realizados.

As amostras foram incubadas por três dias em estufa, a uma temperatura de 27°C, e o número de unidades formadoras de colônias (UFC) de fungos foram contados após este período.

4.3.1.1.7. Identificação de *Salmonella* sp.

Para a contagem e identificação da bactéria *Salmonella* sp foi utilizado como metodologia base a Portaria Instrução Normativa número 62, de 26 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003). Foram utilizados os itens a seguir com seus respectivos procedimentos.

- a) Caldo tetrionato;
- b) Composição da solução de Iodo;
- c) Caldo de enriquecimento RAPPAPORT.

Procedimento para o Enriquecimento seletivo: A amostra da cama de cada setor foi homogeneizada e inoculada 2g em 10ml de Caldo Tetrionato e 0,2 g em 20ml em Caldo Rappaport - Vassiliadis e foram incubados em estufa a temperatura de 42 a 43° C por 24 horas.

A partir do caldo de enriquecimento seletivo 1ml da solução foi inoculado em placa de Petri com Agar MacConkey.

4.3.1.1.8. Temperatura e período de incubação.

As placas foram incubadas a temperatura de 35 a 37° C por 18 a 24 horas. Após este período, as unidades formadoras de colônia (UFC) foram contadas e identificadas de acordo com suas características.

4.3.2. Segunda etapa – durante a fermentação.

O período de fermentação iniciou-se no dia 12 de julho, porém a primeira coleta foi realizada no dia 16 de julho, que coincide com o primeiro manejo de cama. As coletas foram realizadas em dias distintos durante a fermentação da cama, sendo eles dia 16, 19 e 22 de julho, sempre no período da manhã das 7h30min às 9h.

Durante a fermentação, foram realizadas análises de umidade, gases (NH_3 e CO_2), temperatura ambiente, umidade relativa do ar, velocidade do ar em todos os modelos em escala reduzida.

4.3.2.1. Monitoramento bioclimático.

Em todos os modelos em escala reduzida foram monitoradas as variáveis climáticas de temperatura de bulbo seco e velocidade do vento utilizando anemômetro *Velocicalc 9535 da TSI Incorporated*[®] (Figura 13). Para coleta diária da TBS, UR e pluviometria foram utilizadas informações da estação meteorológica da CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, situada na Universidade Estadual de Campinas.



Figura 13: Anemômetro de fio quente.

4.3.2.2. Manutenção da umidade da cama.

Durante a fermentação foi realizado o monitoramento da umidade da cama, e para isso, todas as vezes que a cama era revolvida, eram coletadas 6 amostras de cama de todos os modelos em escala para a análise de umidade como mostrado na Figura 14.

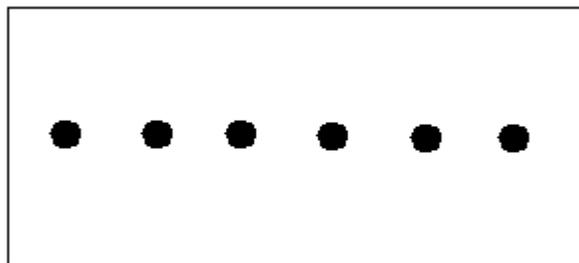


Figura 14: Representação dos pontos de coleta de cama durante a fermentação da cama para a manutenção da umidade.

O revolvimento da cama foi feito aerando a cama duas vezes por semana, com o auxílio de uma enxada para revolver a cama e uma pá para a montagem das pilhas do tratamento enleirado, para a manutenção da atividade microbológica que depende da presença do oxigênio.

4.3.2.3. Monitoramento da qualidade do ar.

O monitoramento da qualidade do ar foi realizado durante o processo de fermentação, sempre em dois dias da semana, após o revolvimento da cama no período da manhã, coletando os valores de dióxido de carbono e amônia, em 6 pontos dentro do modelo em escala e em três alturas 0,10m, 0,50m e 1,0m em relação à cama, utilizando o equipamento *GasAlertMicro 5 da BW Technologies*[®] para identificar as concentrações de amônia e dióxido de carbono e determinar o comportamento dos gases, além de simular o que ocorre no campo, quando o produtor executa o mesmo processo, como mostrado na Figura 15.



Figura 15: Medidor de Gases NH_3 e CO_2 .

4.3.2.4. Monitoramento da temperatura da cama.

O monitoramento da temperatura da cama durante a fermentação foi realizado através de dois equipamentos. A câmera termográfica *FLIR*[®] (Figura 16) foi utilizada para mensurar a temperatura interna da cama retirando-se a camada superficial da cama e fotografando a área interna da cama (a 1m de distância da cama, cobrindo uma área de 0,80m x 0,90m), para captação foto termográfica (Figura 17) e posterior obtenção das temperaturas, através do histograma gerado em computador pelo software *ThermaCAM Reporter* (figura 18). O termômetro digital modelo *THDL 400* com sonda de 10 cm de comprimento mensurou a temperatura superficial da cama (Figura 19).



Figura 16: Câmera termográfica *FLIR*[®].

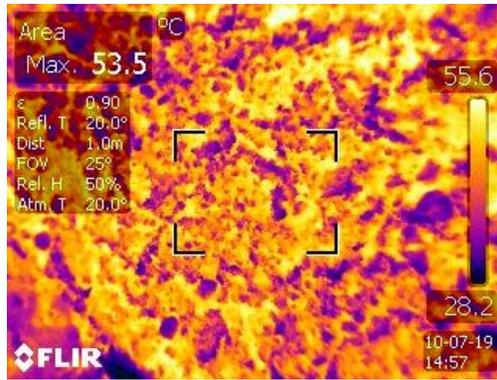


Figura 17: Foto termográfica obtida após o revolvimento da cama durante a fermentação.

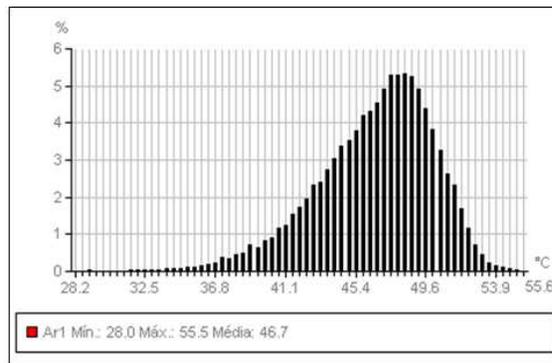


Figura 18: Histograma gerado a partir da foto termográfica obtida no campo.



Figura 19: Utilização do termômetro digital THDL 400 durante a fermentação da cama.

4.3.3. Terceira etapa – após a fermentação.

A terceira etapa foi a etapa final do experimento, onde foram realizadas as mesmas análises a primeira etapa do experimento para que se realizasse posteriormente a comparação dos dados antes e após a fermentação da cama.

4.3.3.1. Monitoramento da cama após a fermentação da cama.

4.3.3.1.1. Determinação do nitrogênio total da cama.

Para determinação do nitrogênio total da cama após o término da fermentação, foi utilizada metodologia descrita no item 4.3.1.1.1 para cada utilização da cama (digestão, destilação e titulação das amostras).

4.3.3.1.2. pH.

Para a determinação do pH da cama após a fermentação foi utilizada a metodologia descrita no item 4.3.1.1.3 descrita por Miragliotta (2005).

4.3.3.1.3. Umidade.

Para a determinação da umidade da cama após a fermentação foi utilizada a metodologia descrita no item 4.3.1.1.2 recomendada pelo Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (BRASIL, 1992).

4.3.3.2. Monitoramento ambiental.

Após o último revolvimento da cama de todos os modelos em escala, foram realizadas análises de nitrogênio total, umidade, pH e plaqueamento para estabelecer a condição física e microbiológica final da cama em todos os tratamentos.

4.3.3.2.1. Monitoramento bioclimático.

Após o último revolvimento da cama de todos os modelos em escala ao final do período experimental, foram realizadas as mesmas análises contidas no item 4.3.2.1 (monitoramento das variáveis climáticas: temperatura de bulbo seco e velocidade do vento. Para a coleta diária da TBS, UR e pluviometria foram utilizadas informações da estação meteorológica da CEPAGRI - UNICAMP).

4.3.3.2.2. Monitoramento da qualidade do ar.

Após o último revolvimento da cama de todos os modelos em escala, ao final do período experimental foram realizadas as mesmas análises contidas no item 4.3.2.3 (identificação das concentrações de amônia e dióxido de carbono) para determinar o comportamento dos gases após a fermentação da cama.

4.3.3.2.3. Determinação do risco microbiológico.

Da mesma forma que no item anterior, após o revolvimento da cama de cada aviário e término da fermentação, foram realizadas as mesmas análises contidas no item 4.3.1.1.4 (identificação de fungos e bactérias totais e *Salmonella* sp).

4.4. Análise dos dados.

Foi realizada análise de variância e comparação de médias para verificar se havia diferença estatística entre os tratamentos utilizando-se teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do pacote estatístico *STATGRAPHICS Centurion XV*[®].

5. Resultados e discussão.

Os resultados apresentados, da mesma forma que o capítulo Material e Métodos, foram dividindo em etapas: primeira, segunda e terceira, representando os períodos antes, durante e após a fermentação, respectivamente.

Para cada etapa, as variáveis foram estudadas individualmente, realizando-se a análise de variância para multifatores, onde foram considerados como fator a utilização da cama e a disposição da cama durante a fermentação (enleirado e espalhado) e como variável dependente os valores numéricos a serem analisados. A partir dos resultados da análise de variância, fez-se o teste de comparação de médias Tukey (5%) e posteriormente as correlações dos dados mais expressivos.

5.1. Primeira etapa – antes da fermentação.

Com o intuito de se caracterizar o perfil das camas utilizadas no experimento, avaliações de nitrogênio total, umidade da cama, pH, bactérias totais, salmonela e fungos foram realizadas antes do início do período experimental. Verificou-se diferença entre a porcentagem de nitrogênio total, umidade, pH e bactérias totais e salmonela (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 – Características da cama de frango de 1^a, 2^a e 3^a utilização antes da fermentação.

Variáveis	Média*			Erro Padrão (±)	p-valor
	1 ^a Utilização	2 ^a Utilização	3 ^a Utilização		
Nitrogênio (%)	2,03a	2,03a	1,42b	0,373	0,0003
Umidade Cama (%)	15,00a	14,00b	15,00a	0,003	0,0017
pH	8,11ab	7,96a	8,17b	0,058	0,0442
Bactérias totais (UFC/g)	13442,20ab	7008,83a	16108,80b	2331,160	0,0275
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	672,583ab	350,917a	805,917b	116,5580	0,0275
Fungos (UFC/g)	2583,83a	8867,17a	10067,2a	2407,410	0,0766

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Tabela 6 – Características da cama de frango utilizada na fermentação para as disposições enleirada e espalhada.

Variáveis	Média*		Erro Padrão (±)	p-valor
	Enleirado	Espalhado		
Nitrogênio (%)	1,54556a	2,09833b	0,305	0,0001
Umidade Cama (%)	15a	14b	0,003	0,0039
pH	8,19a	7,97b	0,048	0,0028
Bactérias totais (UFC/g)	12078,3a	12294,9a	1903,380	0,9363
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	604,389a	615,222a	95,169	0,9363
Fungos (UFC/g)	10722,7a	3622,72b	1965,640	0,0156

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que a cama de terceira utilização (Tabela 5) apresentou menor percentagem de nitrogênio total cerca de 30% menor que as outras utilizações da cama, o que condiz com a literatura (DAO e ZHANG, 2007) e diferindo ($p < 0,05$) das camas utilizadas 1 e 2 vezes, as quais foram semelhantes. Este fato pode ser explicado devido à saturação do substrato, já que após três ciclos de criação o mesmo perde gradualmente a capacidade de absorção e perda da umidade, tornando-se mais estável (JACOB et al., 1997; EDWARDS e DANIEL, 1992).

Ao comparar a maravalha e a serragem como material de cama de frango, Brake et al. (1992) observaram que durante o tempo de uso da cama, maior porcentagem de nitrogênio foi retido na maravalha que na serragem, indicando que houve menor volatilização de amônia. O pH da maravalha foi menor do que da serragem, o que ajudou na retenção do nitrogênio neste tipo de cama (OLIVEIRA et al., 2005).

Em relação à umidade (Tabela 5), a cama de segunda utilização apresentou diferença em relação às outras camas, mesmo assim, todas apresentaram umidade baixa, com media em torno de 14,7%, fato este desejado para uniformização desta variável antes da fermentação. Segundo Costa et al. (2005) a compostagem visa acelerar a decomposição do material orgânico, entretanto para isso é necessário condições para o desenvolvimento

microbiano, no qual a umidade é um fator a ser considerado. Na literatura o valor recomendado para iniciar o processo de compostagem varia entre 40 a 80% (RYNK et al., 1991; FERNANDES et al., 1994). Destaca-se que os resultados apresentados foram coletados antes da adição de água.

Tanto a maravalha quanto a serragem possuem grande capacidade de absorção de água. Já Brake et al. (1992) afirmaram que a serragem retinha mais água do que a maravalha quando usadas como cama de frango (199,5% x 118,5% para a serragem e para a maravalha, respectivamente). Sabe-se que o excesso de umidade contribui para maior formação de amônia na cama. A amônia é um gás formado a partir da decomposição microbiana do ácido úrico eliminado nas excretas das aves. Apesar dos limites máximos serem de 20 ppm, sabe-se que, quando o nível de amônia no ambiente atinge 100 ppm, a taxa e a profundidade da respiração da ave é altamente comprometida, prejudicando seriamente os processos fisiológicos de trocas gasosas pelo sistema respiratório (GONZÁLES e SALDANHA, 2001).

Mesmo com as diferenças encontradas, o pH encontra-se básico (Tabela 5 e 6), o que já era esperado devido ao material utilizado como cama. O pH da cama também desempenha papel importante na volatilização da amônia. O acúmulo de amônia e material fecal aumenta o pH da cama, que varia tipicamente de 7 a 8,5 (REHBEGGER, 2002). Este pH alcalino favorece a atividade microbiológica e conseqüentemente a volatilização da amônia, quando há o aumento da umidade da cama. Ou seja, quanto maior o pH, menor será a conversão de NH_3 em NH_4^+ , que não volatiliza (Blake, 2000).

Na análise microbiológica para *Salmonella* sp, percebe-se que a cama de segunda utilização apresentou menor quantidade quando comparada as camas de primeira e terceira utilização (Tabela 5). Entretanto, não se observou diferença significativa entre a cama de primeira utilização e as outras camas estudadas.

Este comportamento fica claro quando se observa a população da *Salmonella* sp nas camas de primeira e terceira utilização. Possivelmente, se fossem estudados lotes subseqüentes, seria percebida a mesma tendência. Devido à cama ser proveniente de aviários de frangos de corte comercial, o vazio sanitário e o manejo entre os lotes foram de responsabilidade do produtor, isto pode explicar a menor população bacteriana encontrada na cama de segunda utilização.

De acordo com Fanelli et al. (1970), em camas reutilizadas os microorganismos *Salmonella infantis* e *Salmonella typhimurium*, apresentam menor persistência quando comparados a uso de cama nova. As camas reutilizadas parecem ter efeito inibitório que reduz a ocorrência da salmonela. Seguindo a mesma linha de pesquisa, Jones & Hager (1982) compararam cama nova e cama reutilizada na criação de frangos e não constataram diferenças significativas no peso corporal, na conversão alimentar e no número de condenações. Segundo Jorge (1990), a cama reutilizada evidenciou propriedades benéficas para os plantéis, uma vez que os lotes apresentaram baixa frequência de problemas sanitários e menor mortalidade. Além disso, os índices zootécnicos de produtividade, em muitos casos, foram compatíveis ou mesmo superiores aos observados nos lotes criados em cama nova. Kennard e Chamberlin (1951), citados por Avila et al. (1992), observaram maior viabilidade entre as aves (90%) criadas em camas reutilizadas quando comparadas a lotes criados em cama nova.

Em seu estudo, Gigli et al. (2004) ao avaliarem a presença de fungos toxinogênicos na cama em diferentes aviários de frango de corte com diferentes sistemas de ventilação e densidade e aves, comprovaram a presença de fungos do gênero *Fusarium* sp e *Aspergillus* sp, destacando a ocorrência de *Aspergillus niger*.

Nos mesmos aviários, estes mesmos autores avaliaram a qualidade do ar quanto à presença de microorganismos. A análise levou em consideração a presença de fungo no exterior das instalações, constatando a contaminação pelo gênero *Aspergillus* sp, seguido por *Penicillium* sp, ambos citados na literatura como principais causadores de doenças respiratórias em aves e potenciais produtores de micotoxinas (GIGLI et al., 2005).

5.2. Segunda etapa – durante a fermentação.

5.2.1. Primeiro revolvimento da cama (16/07/2010).

Observa-se na Tabela 7 e 8 que o ambiente externo (VA e Temperatura ambiente) foi igual para ambas as disposições da cama (enleirada e espalhada), tanto comparando o ambiente externo entre o número de utilizações da cama (Tabela 7) quanto o ambiente externo entre os tratamentos (Tabela 8), com exceção apenas para a temperatura ambiente. Isso ocorreu devido ao intervalo entre as coletas, o qual era aproximadamente 15 minutos entre cada modelo em escala, o que totalizou em média 90 minutos entre o primeiro e último modelo em escala, podendo interferir na temperatura ambiente avaliada.

Tabela 7 – Comparação de média das camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização após o primeiro manejo de cama durante a fermentação.

Variáveis	Média*			Erro Padrão (±)	p-valor
	1ª Utilização	2ª Utilização	3ª Utilização		
Umidade Cama (%)	57,67a	55,87a	56,06a	1,12	0,4663
NH ₃ (PPM)	71,00a	40,17b	85,42c	2,20	0,0000
CO ₂ (PPM)	212,50a	208,33a	258,33a	19,91	0,1600
VA (m.s ⁻¹)	0,53a	0,59a	0,55a	0,04	0,5426
T. Interna (°C)	45,28a	45,63a	49,63b	0,66	0,0001
T. Ambiente (°C)	20,95a	21,00a	20,45b	0,03	0,0000
T. Superficial (°C)	41,71a	39,74a	41,98a	0,81	0,1185

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Tabela 8 – Comparação de média das camas na disposição enleirada e espalhada após o primeiro manejo de cama durante a fermentação.

Variáveis	Média*		Erro Padrão (±)	p-valor
	Enleirado	Espalhado		
Umidade Cama (%)	56,97a	56,10a	0,92	0,5051
NH ₃ (PPM)	80,611a	50,44b	1,80	0,0000
CO ₂ (PPM)	219,44a	233,33a	16,26	0,5500
VA (m.s ⁻¹)	0,52a	0,59a	0,03	0,1444
T. Interna (°C)	53,16a	40,54b	0,54	0,0000
T. Ambiente (°C)	20,93a	20,67b	0,02	0,0000
T. Superficial (°C)	46,06a	36,23b	0,66	0,0000

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Como a umidade da cama foi pré-estabelecida entre 55 e 60% de acordo com a literatura encontrada (RYNK et al., 1991; FERNANDES et al., 1994), a não diferença encontrada era esperada (Tabelas 7 e 8).

Em relação às duas disposições de cama e observando a temperatura interna e superficial da cama, observa-se que a atividade microbiológica foi maior no tratamento enleirado o que leva a uma maior produção de NH₃. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Silva (2007) que observaram que as médias da carga de enterobactérias, bem como de mesófilos totais das camas novas foram bastante elevadas em todos os tratamentos, embora haja grande variabilidade dessas contagens entre os aviários dentro de um mesmo tratamento.

5.2.2. Segundo revolvimento da cama (19/07/2010).

Após o segundo revolvimento da cama e seguindo a mesma forma de apresentação dos resultados, nas Tabelas 9 e 10, são apresentadas as comparações de médias das principais variáveis analisadas, sobre os aspectos das diferentes utilizações (Tabela 9) e os dois tipos de disposição das camas (Tabela 10).

Tabela 9 – Comparação de média das camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização após o segundo manejo de cama durante a fermentação.

Variáveis	Média*			Erro Padrão (±)	p-valor
	1ª Utilização	2ª Utilização	3ª Utilização		
Umidade Cama (%)	45,12a	46,77a	43,99a	1,22	0,2837
NH ₃ (PPM)	81,5a	88,67a	89,67a	2,80	0,0957
CO ₂ (PPM)	349,42a	658,33b	387,50ab	79,85	0,0197
VA (m.s ⁻¹)	0,18a	0,28ab	0,41b	0,04	0,0026
T. Interna (°C)	43,93a	44,05a	44,77a	0,88	0,7683
T. Ambiente (°C)	21,75a	21,00b	20,80c	0,03	0,0000
T. Superficial (°C)	42,37a	39,07b	41,29ab	0,94	0,0526

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Tabela 10 – Comparação de média das camas na disposição enleirada e espalhada após o segundo manejo de cama durante a fermentação.

Variáveis	Média*		Erro Padrão (±)	p-valor
	Enleirado	Espalhado		
Umidade Cama (%)	44,93a	45,65a	1,00	0,6145
NH ₃ (PPM)	94,11a	79,11b	2,29	0,0001
CO ₂ (PPM)	519,06a	411,11a	65,20	0,2504
VA (m.s ⁻¹)	0,26a	0,33a	0,03	0,1742
T. Interna (°C)	50,38a	38,12b	0,72	0,0000
T. Ambiente (°C)	21,47a	20,90b	0,02	0,0000
T. Superficial (°C)	46,16a	35,66b	0,76	0,0000

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Em relação às variáveis bioclimáticas, nota-se que a temperatura ambiente e a velocidade do ar entre as utilizações da cama e entre os tipos de disposição das camas (Tabela 9 e 10) apresentaram-se diferentes. Da mesma forma em que ocorreu na primeira etapa, este fato pode ser explicado em virtude do intervalo entre as coletas.

Em relação à umidade da cama, verifica-se que quando se compara as diferentes utilizações da cama não são observadas diferenças. Entretanto ao se comparar a mesma variável, levando em consideração a disposição da cama, nota-se que o tratamento espalhado apresentou cerca de 17% menor, embora semelhante estatisticamente. Verifica-se que tanto entre as utilizações da cama como entre as disposições das camas, a umidade ficou abaixo da recomendada pela literatura, entre 55 e 60% (RYNK et al., 1991; FERNANDES et al., 1994). Este fato ocorreu com o intuito de simular as condições de campo, como mencionado anteriormente.

Em relação à concentração de NH_3 , é possível observar que as camas de diferentes números de utilizações foram iguais (Tabela 9), mesmo sendo observado que o teor de nitrogênio da cama de terceira utilização ter apresentado menor valor e com diferença estatística (Tabela 5). Entretanto, quando se compara a volatilização da amônia entre as disposições das camas, nota-se que o tratamento espalhado apresentou menor concentração do gás em cerca de 17%, possivelmente devido a menor fermentação microbiana e temperatura interna da cama, sendo este gás proveniente da decomposição microbiana do ácido úrico excretado pelas aves (CIGR, 2004).

Observa-se que no momento do revolvimento da cama, tanto no número de utilizações da cama quanto na disposição das camas, os níveis de amônia ultrapassam os 60 ppm, tornando-se nesta etapa um ambiente insalubre ao trabalhador rural e a ave (SALDANHA e GONZALES, 2001). Levando em consideração que a concentração ideal de NH_3 nos pinteiros deve ser menor ou igual a 20 ppm (MIRAGLIOTTA, 2005), a concentração de amônia após a fermentação deve ser reduzida para evitar problemas sanitários nas aves.

A maior concentração de NH_3 encontrada no tratamento enleirado pode ser minimizado com a implantação de controle de pH e umidade da cama, pois a volatilização do gás é inibida a pH abaixo de 7. Entretanto, o controle do pH não é utilizado pelos produtores, durante o revolvimento da cama, devido a inviabilidade de sua mensuração a nível de campo (MOORE et al., 1996).

A concentração de CO_2 , gás com potencial de efeito estufa (TUNÇ et al., 2006), mostrou-se diferente entre as camas de primeira e segunda utilização (Tabela 9), possivelmente por essas camas serem de origens distintas e terem secundariamente

acumulado efeitos metabólicos e respiratórios de aves de origens diferentes (CURTIS, 1983). Todavia, na fermentação das camas em suas respectivas disposições (Tabela 10), nota-se semelhança na concentração de CO₂. Tal resultado pode ser explicado devido à conversão biológica da cama de frango em biogás ser dependente de vários fatores, tais como tipo de ração, estação do ano, densidade de alojamento das aves, tipo de substrato de cama, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves.

5.2.3. Terceiro revolvimento da cama (22/07/2010).

A Tabela 11 mostra a comparação de média das principais variáveis analisadas após o terceiro manejo (22/07/2010) durante a fermentação da cama.

Tabela 11 – Comparação de média das camas de 1^a, 2^a e 3^a utilização após o terceiro manejo de cama durante a fermentação.

Variáveis	Média*			Erro Padrão (±)	p-valor
	1 ^a Utilização	2 ^a Utilização	3 ^a Utilização		
Umidade Cama (%)	41a	42a	40a	0,01	0,5155
NH ₃ (PPM)	89,583a	76,83a	83,17a	4,12	0,1075
CO ₂ (PPM)	504,17a	450,00a	604,17a	77,76	0,3749
VA (m.s ⁻¹)	0,33a	0,23a	0,49b	0,03	0,0000
T. Interna (°C)	37,21a	35,91a	38,03a	0,70	0,1149
T. Ambiente (°C)	22,41a	21,15b	23,30c	0,11	0,0000
T. Superficial (°C)	38,71a	39,38a	38,39a	1,17	0,8324

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Tabela 12 – Comparação de média das camas na disposição enleirada e espalhada após o terceiro manejo de cama durante a fermentação.

Variáveis	Média*		Erro Padrão (±)	p-valor
	Enleirado	Espalhado		
Umidade Cama (%)	42a	40a	0,01	0,0505
NH ₃ (PPM)	95,50a	70,89b	3,36	0,0000
CO ₂ (PPM)	597,22a	441,67a	63,49	0,0928
VA (m.s ⁻¹)	0,42a	0,28a	0,02	0,0002
T. Interna (°C)	42,97a	31,13b	0,57	0,0000
T. Ambiente (°C)	22,01a	22,57b	0,09	0,0000
T. Superficial (°C)	42,34a	35,31b	0,95	0,0000

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Nestes três dias de coleta, sendo finalizados no dia 22/07/2010, pode-se observar que as camas de diferentes utilizações apresentaram-se muito próximas em relação à volatilização de amônia e dióxido de carbono, além de valores semelhantes para temperatura superficial e interna da cama. Isto mostra a uniformidade entre as diferentes camas estudadas.

Verifica-se que em ambos os tratamentos (enleirado e espalhado) houve uma queda de temperatura (Tabela 6 a 12) no decorrer da fermentação. Entretanto, observou-se que sempre o tratamento enleirado apresentou temperatura, tanto interna como a superficial, maior e significativamente diferente a do espalhado.

Em relação à concentração dos gases, verificou-se que à medida em que se iniciou a fermentação houve um aumento tanto para NH₃ como para a CO₂ (Tabela 6 a 12, Figuras 21 e 22).

Em média, nota-se que houve um aumento de 17% na volatilização de amônia e 36% de CO₂ no segundo revolvimento da cama, estabilizando-se a partir de então. Ao analisar ambas variáveis entre os dias dos revolvimentos, observa-se que o tratamento enleirado sempre apresentou maior volatilização de amônia, diferenciando-se estatisticamente do tratamento espalhado para esta variável (Tabela 6 a 12).

Estes resultados indicam que há um crescimento microbiano e conseqüentemente o aumento da atividade microbiológica no decorrer da fermentação. O tratamento enleirado mostrou-se com maior atividade microbiológica que o tratamento espalhado, possivelmente devido à maior temperatura interna que este alcançou (Figura 21 a 24).

Na literatura é referenciado o aumento na volatilização de amônia durante sistemas de compostagem. Kelleher et al. (2002) sugere que a fermentação da cama de frango com os conceitos de compostagem aumentam a utilidade da cama como fonte de energia e nutrientes para o uso na agricultura, entretanto podem ocasionar a geração do gás amônia.

As figuras 20 a 23 mostram o comportamento da temperatura interna, temperatura superficial e volatilização da amônia entre os três dias de revolvimento da cama.

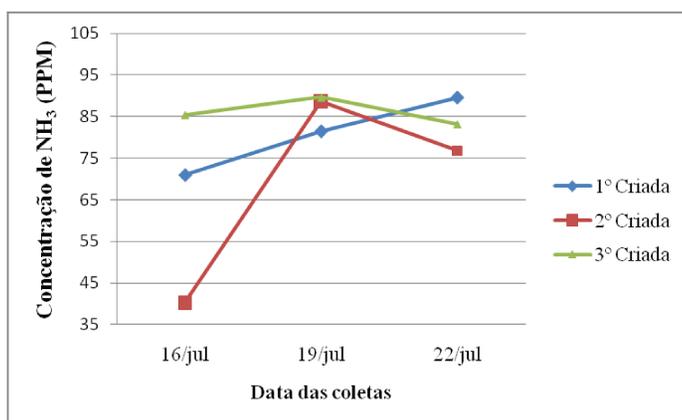


Figura 20: Volatilização de NH_3 para as camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização.

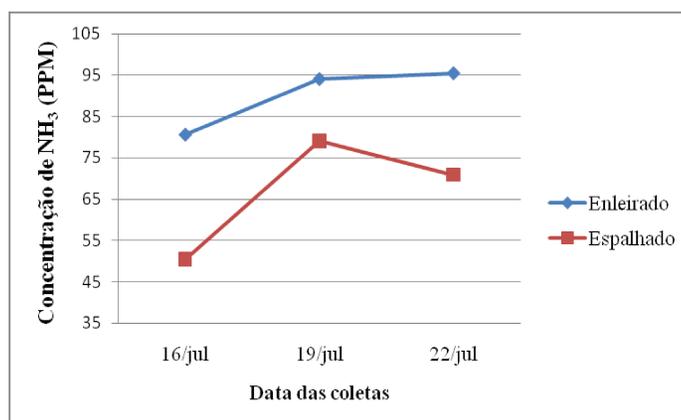


Figura 21: Volatilização de NH_3 para os tratamentos enleirado e espalhado.

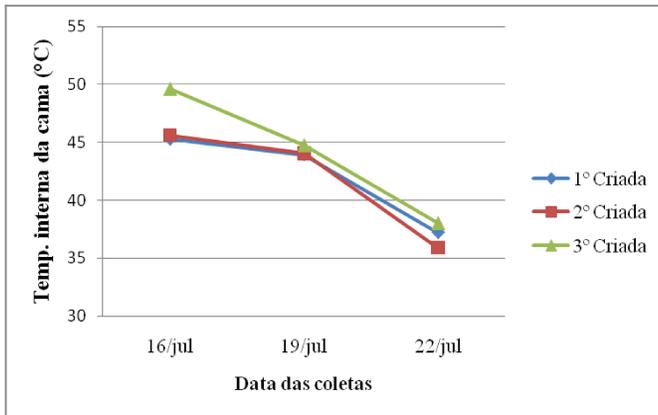


Figura 22: Temperatura interna para as camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização.

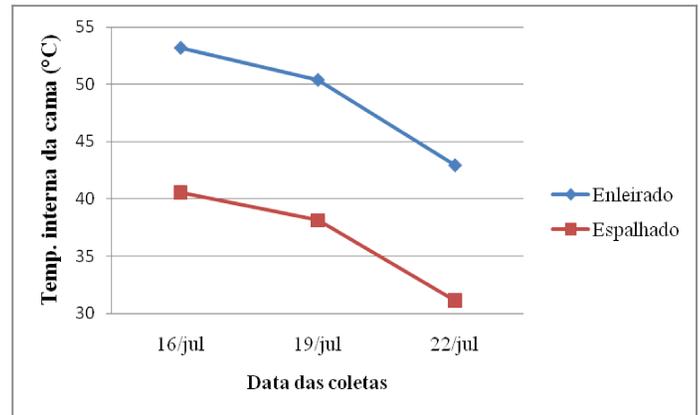


Figura 23: Temperatura interna para os tratamentos enleirado e espalhado.

Da mesma forma, em pesquisas encontra-se que nas operações de compostagem, a temperatura mínima a ser atingida é de 55°C por 3 dias consecutivos de fermentação da cama. Entretanto, quando se usa a cama enleirada, o autor recomenda que este valor se mantenha por pelo menos 15 dias (US EPA, 1999).

Segundo Kithome et al. (1999) uma das formas de reduzir a volatilização de amônia durante a compostagem é a utilização de aditivos, como o zeolito e a fibra de coco (33%).

Para recriar a realidade do campo, a umidade da cama não foi mantida em 55 a 60% e observa-se que houve uma queda em seu valor no decorrer da fermentação da cama, entretanto, na comparação entre os tratamentos, não foram observadas diferenças ($p < 0,05$) (Figura 24 e 25).

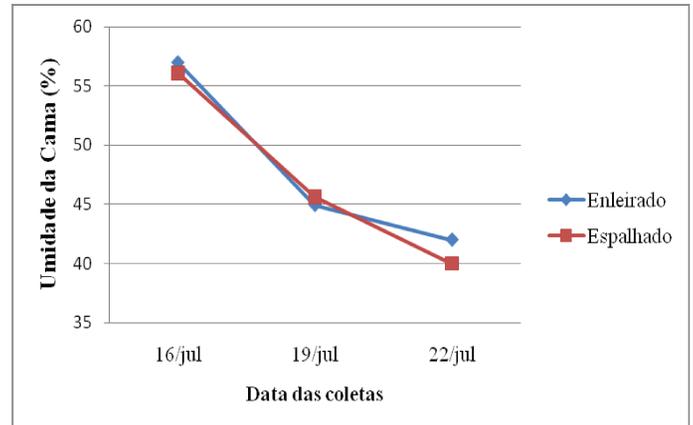
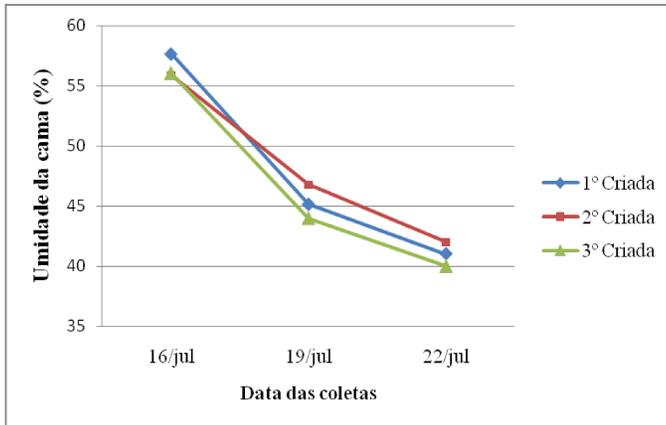


Figura 24: Umidade para as camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização.

Figura 25: Umidade para os tratamentos enleirado e espalhado.

No primeiro revolvimento da cama, os tratamentos apresentaram umidade da cama de 56,97 e 56,10%. Já no segundo revolvimento, verificou-se uma queda de 26% e no terceiro, esta queda continua totalizando uma 26% na umidade da cama. Conseqüentemente, as temperaturas foram diminuindo, assim como a atividade microbiana, associada à menor umidade da cama.

5.3. Terceira etapa – após a fermentação.

São apresentadas nas Tabelas 13 e 14 a comparação de média das principais variáveis analisadas após a fermentação da cama, com o intuito de se visualizar as características das camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização (Tabela 13) e nas disposições enleirada e espalhada (Tabela 14) após o final da fermentação da cama.

Tabela 13 – Características das camas de frango de 1^a, 2^a e 3^a utilização após a fermentação.

Variáveis	Média*			Erro Padrão (±)	p-valor
	1 ^a Utilização	2 ^a Utilização	3 ^a Utilização		
Nitrogênio (%)	0,80a	0,65b	0,62b	0,010	0,0000
Umidade cama (%)	41a	42a	40a	0,010	0,3765
pH	8,89a	8,81b	8,88a	0,010	0,0000
Bactérias totais (UFC/g)	11158,8a	11183,8a	12042,2a	2289,860	0,9530
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	558,417a	559,667a	602,583a	114,493	0,9530
Fungos (UFC/g)	750,5a	667,167a	67,1667a	201,786	0,0453

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Tabela 14 – Características da cama de frango após a fermentação.

Variáveis	Média*		Erro Padrão (±)	p-valor
	Enleirado	Espalhado		
Nitrogênio (%)	0,70a	0,68a	0,010	0,2636
Umidade Cama (%)	42a	40a	0,010	0,0603
pH	8,87a	8,85a	0,010	0,1464
Bactérias totais(UFC/g)	15400,5a	7522,72b	1869,660	0,0055
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	770,5a	376,611b	93,483	0,0055
Fungos (UFC/g)	222,722a	767,167b	164,758	0,0259

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Através da Tabela 13, verifica-se que a cama de primeira utilização apresentou maior quantidade de nitrogênio total ao final da fermentação e teve maior concentração de amônia durante o processo de fermentação. Esta cama tinha uma quantidade maior de nitrogênio no início do experimento (Tabelas 5 e 6) e provavelmente a quantidade de bactérias decompositoras provavelmente não foi suficiente para sua melhor eliminação.

Já a Tabela 14 mostra a porcentagem de Nitrogênio total após a fermentação para os dois tipos de disposição da cama. Neste caso, verifica-se a semelhança em relação às quantidades desta variável.

Ao se analisar tanto os diferentes números utilizações da cama, quanto as duas disposições, os resultados condizem com a literatura, a qual relata que à medida em que as camas de frangos são reutilizadas, a concentração de nitrogênio vai sendo estabilizado (MONDINI et al., 2008; CAYUELA et al., 2010).

Para a variável umidade da cama, tanto para o número de utilizações da cama, como também para as duas disposições da cama, não foram observadas diferenças. Como mencionado anteriormente, a umidade não foi mantida entre 55 a 60% para simular o manejo realizado no campo, onde não se faz a reposição de água durante a fermentação.

Um dos fatores a ser levado em consideração sobre a umidade da cama é sua relação com a incidência de lesões em frangos de corte. Traldi et al. (2004) em seu trabalho avaliando o efeito de probióticos sobre as características da cama reutilizada, avaliaram lesões de carcaças e encontraram que a cama reutilizada por dois ciclos causou lesões mais leves no coxim plantar das aves que a cama nova.

Seguindo o mesmo comportamento da segunda etapa deste estudo, pelas Tabelas 13 e 14, nota-se que o pH continuou alcalino após a fermentação da cama, o que condiz com a literatura. Em estudo realizado por Oliveira et al. (2003), avaliando o teor de matéria seca, o pH e a quantidade de amônia volatilizada da cama de frango não tratada e tratada com diferentes aditivos, encontrou-se que o menor valor do pH (6,97) foi obtido na cama de frango tratada com gesso agrícola.

Segundo Fiorentin (2006), a cal hidratada pode ser utilizada como aditivo, reduzindo a atividade de água e aumentando simultaneamente o pH. Entretanto, apesar inativar bactérias de interesse, a cal exerce essa função somente até a primeira semana de vida das aves.

Ao se analisar a população de microorganismos, observa-se que entre as camas há o mesmo nível patógenos, tanto bactéria como fungos, o que relata a não diferença entre as camas de 1ª, 2ª e 3ª utilização (Tabela 13). Entretanto, ao se comparar a incidência de *Salmonella* sp e fungos após a fermentação da cama em diferentes disposições, verifica-se que não houve diferença entre os mesmos (Tabela 20). Todavia, na primeira etapa deste trabalho, antes da fermentação (Tabela 6), nota-se que as camas utilizadas para os diferentes tratamentos possuem perfis semelhante. Este resultado indica que o tratamento espalhado conseguiu reduzir a proliferação bacteriana, entretanto, este fato possivelmente

ocorreu devido ao ambiente não propício para o desenvolvimento bacteriano, o que impediu a fermentação do substrato. Resultado semelhante foi encontrado em pesquisas realizadas em camas resultantes da criação de perus, frangos e galinhas, que apresentaram 2,3% de amostras contaminadas com salmonela, entretanto, nenhuma amostra foi encontrada após tratamentos de cama que envolveram calor (ALEXANDER et al., 1968; MARTIN et al., 1998).

Ao se analisar a quantidade de fungos após a fermentação das camas, observa-se que o enleiramento apresentou menor quantidade que o espalhamento da cama (Tabela 14). Este fato é destacado quando se analisa as camas antes de serem tratadas (Tabela 6), onde se observa também diferença entre as mesmas em relação à quantidade de fungos, sendo que as camas provenientes do tratamento enleirado apresentavam 66% a mais de população de fungos.

Como as camas utilizadas neste estudo são oriundas de aviários diferentes, a natureza da população microbiana, o número e as espécies existentes dependem das condições favoráveis presentes no substrato (KIEHL, 2004).

A redução da carga microbiana possivelmente ocorreu pelo tipo de tratamento utilizado (KELLEHER et al., 2002). Contudo, levando em consideração que no Brasil o vazio sanitário tem duração de duas semanas, e que neste estudo foi recriado o manejo de campo, a biodegradação do material possivelmente não foi completa, e segundo Sweeten (1998), a fermentação deveria ter duração de pelo menos 4 a 6 semanas, para uma melhor estabilização do material e diminuição da carga patogênica.

Levando em consideração que a qualidade do ambiente do galpão tem relação com a qualidade da cama e que esta tem ambiente ideal para a proliferação bacteriana e produção de amônia, o controle dos dejetos, da umidade e pH são fatores decisivos para o controle microbiano. Pela literatura, já foram identificados cerca de 31 gêneros distintos de bactérias presentes em camas de frangos, sendo 82% gram-positivas.

Já em relação ao pH, observa-se pequena diferença na cama de segunda utilização, mas todas se apresentaram básicas, o que já era esperado, já que o material da cama normalmente apresenta pH por volta de 8.

5.4. Comparação entre o antes e após a fermentação.

As Tabelas 15 e 16 mostram os valores médios e desvio padrão da cama de primeira utilização, comparando os resultados do teor de nitrogênio, umidade da cama, pH, bactérias e fungos antes e após os respectivos tratamentos (enleirado e espalhado). Posteriormente, serão apresentadas as comparações, dentro de um mesmo tratamento, dos resultados antes e após a fermentação.

Tabela 15 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento enleirado em cama de primeira utilização.

Variáveis	Enleirado		
	Antes	Depois	p-valor
	Média/Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	
Nitrogênio (%)	1,49 ± 0,0031a	0,66 ± 0,0002b	0,0013
Umidade (%)	15,71 ± 0,0100a	42,92 ± 0,0244b	0,0000
pH	8,25 ± 0,0757a	8,90 ± 0,0486b	0,0000
Bactérias totais (UFC/g)	663,83 ± 247,6220a	812,17 ± 606,4224a	0,5913
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	13267,167 ± 4952,4454a	16233,83 ± 12129,2484a	0,5913
Fungo (UFC/g)	2733,83 ± 1636,6632a	1433,83 ± 163,2993a	0,1736

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que houve uma redução significativa na porcentagem de nitrogênio total presente na cama de primeira utilização após o tratamento enleirado, assim como um aumento significativo na umidade e no pH. A contagem de bactérias totais, *Salmonella* sp e fungos antes e após a fermentação não foi significativa para o tratamento enleirado na cama de primeira utilização. Segundo Oliveira et al. (2003), o aumento da umidade da cama permite maior atividade de bactérias produtoras de amônia, que conseqüentemente, eleva o pH do substrato.

Este aumento do pH da cama tem influência direta sobre os níveis de amônia no ar. A volatilização da amônia é baixa, quando o pH é menor que 7 e aumenta à medida que o pH se eleva (REECE et al., 1979). O pH abaixo de 7 e íons H⁺ na cama fazem com que

aumente a proporção amônio:amônia, ou seja, mais amônia será convertida em íon amônio que não é volátil. A amônia volatiliza, porque não possui carga elétrica (MOORE JUNIOR et al., 2000).

Em relação ao nitrogênio total, resultado semelhante foi encontrado por Orrico Jr. et al. (2010) que avaliaram a eficiência do processo de compostagem no tratamento e na reciclagem dos resíduos cama de frangos e carcaças de aves e avaliaram presença de coliformes totais e termotolerantes, sólidos totais, temperatura, pH e teores de N, P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn e Cu. Foram observadas reduções elevadas de sólidos totais e principalmente de nitrogênio, que durante a fase de compostagem chegaram a níveis de perda de 71,6%. Neste mesmo estudo, houve redução de 100% na presença de coliformes totais e termotolerantes, possivelmente devido ao maior tempo de fermentação.

Tabela 16 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento espalhado em cama de primeira utilização.

Variáveis	Espalhado		p-valor
	Antes	Depois	
	Média/Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	
Nitrogênio (%)	2,46 ± 0,0027a	0,68 ± 0,0006 a	0,0000
Umidade (%)	15,00 ± 0,0174a	38,00 ± 17,7330b	0,0000
pH	7,80 ± 0,2490a	8,88 ± 0,0509b	0,0003
Bactérias totais (UFC/g)	681,33 ± 531,7181a	304,67 ± 41,8828a	0,1442
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	13617,17 ± 10634,3625a	6083,83 ± 837,6555a	0,5913
Fungo (UFC/g)	2733,83 ± 1887,5028a	1433,83 ± 991,2954a	0,1736

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que, no tratamento espalhado não houve redução na porcentagem de nitrogênio total presente na cama de primeira utilização, porém houve novamente um aumento significativo na umidade e no pH, possivelmente devido à disposição do substrato.

Segundo Orrico Jr. et al. (2009), no processo de fermentação, os sólidos biodegradáveis da matéria orgânica são convertidos para um estado estável que pode ser manejado, estocado e aplicado como adubo orgânico, sem efeitos nocivos ao meio

ambiente, quando utilizados na dosagem adequada, desde que mantidos os níveis adequados de temperatura (fase termofílica), umidade propiciando um ambiente ideal para a fermentação bacteriana.

Da mesma forma, a contagem de bactérias totais, *Salmonella* sp e fungos antes e após a fermentação também não foi significativa para o tratamento enleirado na cama de primeira utilização. A fase termofílica é de fundamental importância para reduzir o número de microrganismos patogênicos do resíduo. Costa et al. (2006) observaram em compostagem de carcaça de aves uma redução progressiva de coliformes totais e termotolerantes, além da destruição das bactérias do gênero salmonela que foram isoladas no material inicial e não foram encontradas no composto final.

As Tabelas 17 e 18 mostram as análises estatísticas para as duas disposições, em cama de segunda utilização, comparando os resultados da porcentagem de nitrogênio, teor de umidade da cama, pH, bactérias e fungos, antes e após os respectivos tratamentos (enleirado e espalhado).

Tabela 17 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento enleirado em cama de segunda utilização.

Variáveis	Enleirado		p-valor
	Antes	Depois	
	Média/Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	
Nitrogênio (%)	1,69 ± 0,0018a	0,85 ± 0,0003b	0,0001
Umidade (%)	13,72 ± 0,0152a	41,44 ± 0,0100b	0,0000
pH	8,01 ± 0,2422a	8,89 ± 0,0376b	0,0005
Bactérias totais (UFC/g)	2,77,16667 ± 215,7931a	839,6667 ± 606,2624a	0,0579
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	5533,8333 ± 4315,8622a	16783,8333 ± 12125,2491a	0,0579
Fungo (UFC/g)	15800,5000 ± 17558,1320a	600,5000 ± 1027,6186a	0,0879

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que houve uma redução na porcentagem de nitrogênio total presente na cama de segunda utilização após o tratamento enleirado, assim como um aumento na umidade e pH. A contagem de bactérias totais, *Salmonella* sp e fungos antes e após a

fermentação não foi significativa para o tratamento enleirado na cama de segunda utilização. As significativas perdas de nitrogênio, segundo Orrico Jr. et al. (2004), se devem ao desequilíbrio existente na relação carbono:nitrogênio do material que, na maioria das vezes, é perdida pela volatilização da amônia. Tais perdas tem início na hidrólise dos compostos nitrogenados pelos microrganismos que degradam N-orgânico, levando à formação de $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (amonificação). O $\text{NH}_4^+\text{-N}$ formado é utilizado no crescimento microbiano ou para o processo de nitrificação. No entanto, quando se apresenta em quantidades maiores que as assimiláveis pelos microrganismos, é perdido para a atmosfera nas formas de óxidos de nitrogênio e amônia, sendo que esta última, representa a maior fração das perdas ocorridas.

Outro fator a se considerar é que neste tipo de fermentação, mesmo sendo cama de segunda utilização, foram mantidos os requisitos mínimos para proliferação bacteriana e conseqüentemente a diminuição do nitrogênio e aumento de pH, que são temperatura e umidade da cama (ORRICO JUNIOR et al., 2010).

Tabela 18– Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento espalhado em cama de segunda utilização.

Variáveis	Espalhado		p-valor
	Antes	Depois	
	Média/Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	
Nitrogênio (%)	2,36 ± 0,0057a	0,75 ± 0,0003b	0,0010
Umidade (%)	13,21 ± 0,0050a	42,45 ± 0,0279b	0,0000
pH	7,92 ± 0,2661a	8,80 ± 0,0234b	0,0005
Bactérias totais (UFC/g)	424,67 ± 572,3409a	279,67 ± 127,9616a	0,5712
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	8483,83 ± 11446,8190a	5583,83 ± 2559,2317a	0,5712
Fungo (UFC/g)	1933,83 ± 1121,9031a	733,83 588,7840b	0,0428

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que houve uma redução significativa na porcentagem de nitrogênio total presente na cama de segunda utilização após o tratamento espalhado, assim como um aumento na umidade e pH. A contagem de bactérias totais, *Salmonella* sp com exceção de

fungos, antes e após a fermentação, não foi significativa para o tratamento enleirado na cama de segunda utilização.

Estes resultados podem ser explicados seguindo os resultados demonstrados na Tabela 18, onde as variáveis temperatura, umidade e pH tem estreita relação com a proliferação bacteriana, e conseqüentemente, redução da quantidade de nitrogênio total no substrato (ORRICO JUNIOR, et al., 2010).

Finalmente, são apresentadas as Tabelas 19 e 20 que mostram as análises estatísticas para os dois tratamentos, na cama de terceira utilização, comparando os resultados do teor de nitrogênio, umidade da cama, pH, bactérias e fungos, antes e após os respectivos tratamentos (enleirado e espalhado).

Tabela 19 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento enleirado em cama de terceira utilização.

Variáveis	Enleirado		p-valor
	Antes	Depois	
	Média/Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	
Nitrogênio (%)	1,35 ± 0,0016a	0,61 ± 0,0002a	0,0000
Umidade (%)	16,12 ± 0,0078a	19,0 ± 0,0434 b	0,0000
pH	8,38 ± 0,0349a	8,89 ± 0,0417b	0,0000
Bactérias totais (UFC/g)	872,17 ± 232,2211a	659,67 ± 195,7145a	0,1173
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	17433,83 ± 4644,42318a	13183,83 ± 3914,2901a	0,1173
Fungo (UFC/g)	13933,83 ± 6826, 6146a	0,50 ± 0,0000b	0,0041

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que no tratamento enleirado não houve uma redução na porcentagem de nitrogênio total presente na cama de terceira utilização, porém houve redução na umidade e aumento no pH. A contagem de bactérias totais, *Salmonella* sp, com exceção de fungos, antes e após a fermentação não foi significativa para o tratamento enleirado na cama de terceira utilização.

Tiquia e Tam (2000) relatam que o pH pode ser considerado um dos principais fatores na determinação das perdas de N, pois valores acima da neutralidade favorecem a

formação de amônia, acarretando maiores reduções no conteúdo de N. Dessa forma, observa-se que durante o processo de fermentação da cama de frango, a formação de amônia foi favorecida, pois o pH manteve-se acima de 8,6.

Em seu estudo, Costa et al. (2006) estudaram as concentrações de N durante a compostagem de aves mortas em diferentes sistemas de aeração, e foram observados teores de 3,85% no início e 2,45% no final. Tiquia e Tam (2000) avaliaram a compostagem dos resíduos de aviário e observaram decréscimo de 50% do $\text{NH}_4\text{-N}$, entre o primeiro e sétimo dia de compostagem e verificaram que somente a partir do 35º dia, as concentrações mantiveram-se constantes. Os autores obtiveram redução de 59% de N na massa em relação ao inicial e atribuíram como causas principais das perdas de nitrogênio: a baixa relação C/N do material, alta temperatura das leiras e pH acima de 7.

Em seu estudo, Orrico Jr. et al. (2010) verificou eficiência da compostagem na remoção de coliformes, durante o período de enleiramento, resultado não encontrado neste estudo. As reduções observadas pelos autores foram de 100%, com número mais provável de $1,1 \times 10^8$ NMP g^{-1} no início e 0 NMP g^{-1} no final para coliformes totais e termotolerantes. Vários trabalhos, como os de Curci et al. (2007) Torres et al. (2007) e Orrico et al. (2007), também observaram a eficiência da compostagem na eliminação de microrganismos patogênicos. Os valores mantidos de bactérias neste estudo devem ter ocorrido devido ao menor tempo propiciado de fermentação e conseqüentemente também ao ambiente propiciado as mesmas tendo como intuito a diminuição do nitrogênio do substrato.

Tabela 20 – Comparação entre os resultados obtidos antes e após o tratamento espalhado em cama de terceira utilização.

Variáveis	Espalhado		p-valor
	Antes	Depois	
	Média/Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	
Nitrogênio (%)	1,48 ± 0,0024a	0,65 ± 0,0002b	0,0004
Umidade (%)	14,12 ± 0,0103a	38,24 ± 0,0450b	0,0000
pH	8,0383 ± 0,2194a	8,87 ± 0,0242b	0,0003
Bactérias totais (UFC/g)	739,67 ± 497,7089a	545,50 ± 379,0910a	0,4647
<i>Salmonella</i> sp (UFC/g)	14783,83 ± 9954,1783a	10900,50 ± 7581,8203a	0,4657
Fungo (UFC/g)	6200,50 ± 4705,7412a	133,83 ± 326,5686b	0,0254

*Médias com letras diferentes na horizontal: diferença significativa a 5%.

Observa-se que houve uma redução significativa na porcentagem de nitrogênio total presente na cama de terceira utilização após o tratamento espalhado, assim como um aumento significativo na umidade e no pH. A contagem de bactérias totais, *Salmonella* sp com exceção de fungos antes e após a fermentação não foi significativa para o tratamento enleirado na cama de segunda utilização.

Da mesma forma das Tabelas 18 e 20 estes resultados podem ser explicados devido à disposição do substrato e o período que o mesmo sofreu a fermentação. Estes fatores tiveram interferência nas variáveis umidade e temperatura da cama, o que modificaram o ambiente para proliferação de bactérias e diminuíram a eficácia deste tipo de fermentação (ORRICO JUNIOR et al., 2010).

Deve-se levar em consideração que a redução dos números de patógenos no produto final que será retornado ao aviário é um fator importante, pois a presença de altos níveis de bactérias do grupo coliformes na água de consumo pode sujeitar as propriedades a maiores taxas de incidência de doenças nas aves, com conseqüente aumento da mortalidade e diminuição da produtividade (SALMINEN & RINTALA, 2002).

6. Conclusão

Em função dos resultados encontrados foi possível concluir que ambos os tratamentos não reduziram significativamente a população de bactérias e especificamente *Salmonella* sp quando comparadas as populações antes e após a fermentação.

Para realizar um tratamento correto, as camas deveriam passar por um período maior de fermentação, pelo menos de 4 a 6 semanas, buscando uma melhor performance e melhor qualidade do substrato gerado.

Para as análises dos diferentes números de utilização da cama e das diferentes disposições, sugere-se para estudos futuros, a realização dos tratamentos com maior tempo de duração e com controle de umidade do substrato durante todo o período de fermentação.

7. Referências Bibliográficas

ALEXANDER, D. C.; CARRIERE, J. A. J.; McKAY, K. A. Bacteriological studies of poultry litter fed to livestock. **Canadian Veterinary Journal**, v. 9, n. 6, p. 127–131, 1968.

ANGELO, J. C.; GONZALES, E.; KONGO, N.; ANZAI, N. H.; CABRAL, M. M. C.. Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n.1, p. 121-130, 1997.

ATSDR (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY). **Ammonia**: CAS#: 007664-41-7. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=2>> Acesso em: 10 nov. 2009.

AVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. **EMBRAPA: Circular Técnica**, Concórdia, 1992. n 16, 38p.

AVILA, V. S.; UBIRAJARA, O.; FIGUEIREDO, E. A. P. DE; COSTA, C. A. F.; ABREU, V. M. N.; ROSA, P. S. Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 273–277, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n2/13.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2009.

BOTTS, C. W.; FERGUSON, L. C.; BIRKELAND, J. M.; WINTER, A. R. The influence of litter on the control of Salmonella infections in chicks. **American Journal of Veterinary Research**, v.13, p. 562–565, 1952.

BLAKE, J. P., HESS, J. B, Litter Treatments for Poultry 3. **Alabama Cooperative Extension System**, Alabama, 2001. n. ANR-1199, 4p. Disponível em: <<http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1199/ANR-1199.pdf>> Acesso em 18 set. 2008.

BRAKE, J. D. A Practical Guide for Composting Poultry Litter. **MAFES Bulletin**, Mississipi, 1992. N. 981, 9p. Disponível em: <http://www.poultry.msstate.edu/extension/pdf/guide_poultry_litter.pdf> Acesso em 22 ago 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise da qualidade e produtividade**. Brasília, 1992.

BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (DISPOA). Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Anexo III – procedimentos básicos de contagem. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de agosto de 2003.

BRITO, B. G.; TAGLIARI, K. C. Efeito da utilização de Impacto na ocorrência de celulite em frangos de corte. **A Hora Veterinária**, v. 26, n. 155, p. 13–20, 2007.

CAYUELA, M. L.; VELTHOF, G. L.; MONDINI, C.; SINICCO T.; VAN GROENIGEN J. W. Nitrous oxide and carbon dioxide emissions during initial decomposition of animal by-products applied as fertilisers to soils. **Geoderma** v. 157, p. 235–242, 2010.

CAUWENBERGHE, S. V.; BURNHAM, D. New developments in amino acid protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF POULTRY NUTRITION, 13., 2001, Blankenberge. **Proceedings...** Blankenberge: 2001.

CIGR (COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL). **Climatization of animal houses**: 2nd Report of Working Group. Aberdeen: Scottish Farm Buildings Investigation Unit, 2004.

CHERNAKI-LEFFER A. M., BIESDORF S. M., ALMEIDA L. M., LEFFER E.V.B., VIGNE F. Isolamento de Enterobactérias em *Alphitobius diaperinus* e na cama de aviários no oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, n. 3, p. 243–247, 2002.

COSTA, F. G. P., ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., GOMES, P. C., TOLEDO, R. S., VARGAS JUNIOR, J. G. Níveis dietéticos de proteína bruta para pintos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1498–1505, 2001.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de Resíduos da Indústria de Desfibrilação de Algodão. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 540–548, 2005.

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

CURCI, V.C.L.M.; DUTRA, I.S.; DOBEREINER, J.; LUCAS JÚNIOR, J. Pré-compostagem de cadáveres de bovinos acometidos pelo botulismo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.27, n.4, p.157–161, 2007.

CURTIS, S. E. Environmental management in animal agriculture. Iowa: The Iowa State University, 409 p. 1983.

DAS, D.; GAUR, V.; VERMA, N. Removal of volatile organic compound by activated carbon filter. **Carbon**, v. 42, p. 2949–2962, 2004.

DAO, T.H.; ZHANG, H. Rapid composition and source screening of heterogeneous poultry litter by energy dispersive x-ray fluorescence spectrometry, **Annals of Environmental Science**, v.1, p. 69–79, 2007.

EDWARDS, D. R.; DANIEL, T. C. Environmental impacts of on-farm poultry waste disposal – a review. **Bioresource Technology**, v. 41, n. 1, p. 9–33, 1992.

EUROPEAN COMMISSION. **SANCO.B.3/AH/R15/2000**: The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers): Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 149p, 2000. Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out39_en.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2008.

FANELLI, M. J., SADLER, W. W., BROWNWELL, J. R., Preliminary studies on persistence of Salmonella in poultry litter. **Avian Diseases**, v. 14, p. 131–141, 1970.

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

FERNANDES, L.; ZHAN, W.; PATNI, N. K.; YJUI, P. Temperature distribution and variation in passively aerated static compost piles. **Bioresource Technology** v. 48, p. 257–263, 1994.

FIORENTIN, L. Processos de tratamento para a reutilização de cama de aviário: Aspectos bacteriológicos. In: CONFERÊNCIA APINCO, 2006, Santos. **Anais...**, Campinas: FACTA, n. 2, p. 17-24, 2006.

FONTENOT, J. P.; WEBB, K. E. Poultry wastes as feedstuffs for ruminants. **Federation Procedures...**, v. 33, p. 1936-1937, 1974.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 2006, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

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. In: Conferência APINCO 2000 de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000, Campinas. **Suplemento da Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2000. p. 62–62.

GERRITZEN, A. M.; LAMBOOIJ, B.; REIMERT, A. H.; STEGEMAN, A. B.; SPRUIJT, A. A. B. A note on behaviour of poultry exposed to increasing carbon dioxide concentrations. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 108, n. 1-2, p. 179–185, 2007.

GIGLI, A. C. G.; BARACHO, M. S.; NÄÄS, I. A. Qualidade do ar interno e externo de instalações de frango de corte. In: Workshop de Pós-Graduação – Em busca da excelência, 5, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2005.

GIGLI, A. C. G.; ZAGO, R.; BARACHO, M. S.; DALL'ANESE, F. P.; NÄÄS, I. A. Microbiologia da cama em criações de frango de corte. In: Prêmio de Pesquisa Avícola – José Maria Lamas da Silva – Suplemento da Brazilian Journal of Poultry Science, 2004, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, p. 132, 2004.

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: AZEG/ABZ, p. 312–313, 2001.

GRAY, K. R.; BIDDLESTONE, A. J. A review of composting – part 1. Process biochemistry. **Process Biochemistry**, v. 6, n. 9, p. 32–36, 1971.

GRAY, K. R., SHERMAN, K.; BIDDLESTONE, A. J. A review of composting – part 2. The practical process. **Process Biochemistry**, v. 6, n. 10, p. 22–28, 1971.

GUERRA-RODRIGUEZ, E.; DIAZ-RAVINA, M.; VAZQUEZ, M. Co-composting of chestnut burr and leaf litter with solid poultry manure. **Bioresource Technology**, v. 78, p. 107–109, 2001.

GUIZIOU, F.; BELINE, F. In situ measurement of ammonia and green house gas emissions from broiler houses in France. **Bioresource Technology**, Essex, v. 96, p. 203-207, 2005.

GUPTA, G.; BOROWIEC, J.; OKOH, J. Toxicity identification of poultry litter aqueous leachate. **Poultry Science**, v. 76, p. 1364–1367, 1997.

HAGA, K. Development of composting technology in animal waste treatment – review. **Asian – Australian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 4, p. 604–606, 1999.

HEINING, K.; WIESE, B.; STEGMANN, R. Combination of bioscrubbers and biofilters to treat exhaust gases from composting plants. In W. Bidlingmaier & R. Stegmann (Eds.), *Biological waste management “a wasted chance?”* Proceedings of an International Symposium (p8). **Proceedings...** v. 38, p. 4–6 April, 1995.

HYNST, J.; SIMEK, M. A.; BRUCEK, P.; PETERSEN, S. O. High fluxes but different patterns of nitrous oxide and carbon dioxide emissions from soil in a cattle overwintering area. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, n. 2-4, p. 269–279, 2007.

ISSEY, S.; LANG, E.; Toxicity, **Ammonia from Emergency Medicine / Toxicology**. Boston Publishing Corporation, USA. July, 2001. www.emedicine.com

JACOB, J. P.; KUNKLE, W. E.; TERVOLA, R. S.; MILES, R. D.; MATHER, F. B. **Broiler Litter, Part 1: A Feed Ingredient for Ruminants**. University of Florida Cooperative Extension Service, 1997.

JONES, F. T.; HAGLER, W. M. Observations on new and reused litter for growing broilers. **Poultry Science**, v. 62, n. 3, p. 175–79, 1982.

JORGE, M. A. Cama de frangos de corte: como fazer dela sua aliada na prevenção de enfermidades. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Associação Brasileira dos Produtores de Pintos de Corte, p.21–28, 1990.

KELLEHER, B.P.; LEAHY, J.J.; HENIHAN, A.M. et al. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v.83, n.1, p.27–36, 2002.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4.ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004, 173p.

KITHOME, M.; PAUL, J. W.; BOMKE, A. A., Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 194–201, 1999.

KOMILIS, D. P.; HAM, R. K.; PARK, J. K. Emission of volatile organic compounds during composting of municipal solid wastes. **Water Research**, v. 38, p. 1707–1714, 2004.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. EMBRAPA: Informe Técnico, Videira-SC, 2003, 16p. Disponível em: <<http://www.cnpmis.embrapa.br/destaques/dejetos/dejetos.pdf>> Acesso em 16 fev 2010.

KRYLOVA, N. I.; KHABIBOULLINE, R. E.; NAUMOVA, R. P.; NAGLE, M. The influence of ammonium and methods for removal during the anaerobic treatment of poultry manure. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 70, p. 99–105, 1997.

KWAK, W. S.; HUH, J. S.; MCCASKEY, T. A. Effect of processing time on enteric bacteria survival and on temperature and chemical composition of broiler poultry litter processed by two methods. **Bioresource Technology**, v. 96 p. 1529–1536, 2005.

MANNING, L.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. Key health and welfare indicators for broiler production. **Poultry Science**, v. 63, p. 63–68, Mar. 2007.

MARTIN, S. A.; MCCANN, M. A.; WALTMAN, W. D. Microbiological survey of Georgia poultry litter. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 7, p. 90–98, 1998.

MESSER, J. W.; LOVETT, J.; MURTHY, G. K.; WEHBY, A. J.; SCHAFER, M. L.; READ, R. B., An assessment of some public health problems resulting from feeding poultry litter to animals. Microbiological and chemical parameters. **Poultry Science**, v. 50, p. 874–881, 1971.

MICHEL, F. C.; FORNEY, L. J.; HUANG, A. J. F.; DREW, S.; CZU PRENSKI, M.; LINDEBERG, J. D.; REDDY, C. A. Effects of turning frequency, leaves to grass mix ratio and windrow vs pile configuration on the composting of yard trimmings. **Compost Science and Utilization**, v. 4, p. 26–43, 1996.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas**. 122f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação das condições do ambiente interno em dois galpões de produção comercial de frangos de corte, com ventilação e densidade populacional diferenciados**. 244f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MONDINI, C., CAYUELA, M. L., SINICCO, T., SANCHEZ-MONEDERO, M. A., BERTOLONE, E., BARDI, L. Soil application of meat and bone meal. Short term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. **Soil Biology and Biochemistry**, n. 40, p. 462–474, 2008.

MOORE JR., P. A.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R.; MILLER, D. M. Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. **Poultry Science**, v. 75, n.3, p. 315–320, 1996.

MOORE JR., P. A.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R.; MILLER, D. M. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. **Journal of Environmental Quality**, v. 24, n. 2, p. 293-300, 1995.

MOORE JR., P. A.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R. Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **Journal of Environmental Quality**, v. 29, n. 1, p. 29-37, 2000.

NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; OLIVEIRA, M.D. S. Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4. p. 687-692, 2000.

NOLL, S. L. Interacciones ente el Manejo de la Cama y la Salud de la Parvada. **Avicultura Profesional**, v.10, n.1, p.42-43, 1992.

OGUNWANDE, G. A.; OSUNADE, J. A.; ADEKALU, K. O.; OGUNJIMI, L. A. O. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. **Bioresource Technology**, v.99, p. 7495–7503, 2008.

OLIVEIRA, A. F. G. **Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais**. 73f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

OLIVEIRA, M. C.; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O.; RODRIGUES, S. M. M. Teor de Matéria Seca, pH e Amônia Volatilizada da Cama de Frango Tratada ou Não com Diferentes Aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 4, p. 951–954, 2003.

OLIVEIRA, M.C.; BENTO, E.A.; CARVALHO, F.I.; RODRIGUES, S.M.M. Características da cama e desempenho de frangos de corte criados em diferentes densidades populacionais e tipos de cama. **ARS VETERINARIA**, v.12, n. 3, p. 303–310, 2005.

OLIVEIRA, M. C.; GOURLART, R. B.; SILVA, J. C. N. Efeito de duas densidades e dois tipos de cama sobre a umidade da cama e a incidência de lesões na carcaça de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.3, n.2, p. 7–12, 2002.

ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.639–647, 2007.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; AMORIM, A. C.; LUCAS JÚNIOR, J. Perda de nitrogênio e redução de carbono orgânico durante o processo de compostagem dos resíduos gerados na avicultura de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.483–491, 2009.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.538–545, maio/jun. 2010.

PAGANINI, F. J. Manejo da cama. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. Cap. 7, p. 107–116.

PAGANS, E.; FONT, X.; SÁNCHEZ, A. Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: Abatement by biofiltration. **Journal of Hazardous Materials**, v.131, p. 179–186, 2006.

PEREIRA NETO, J. T. **On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting: a low cost technology approach**. Tese (Doutorado) University of Leeds, Leeds, 1987.

PITARELLO, D. J. M. **Estimativa de um índice de conforto térmico, aplicado à produção de suínos, utilizando modelos em escala distorcida**. 54f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

POPE, M.; CHERRY, T.E. Evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on poultry litter treatment@-treated litter. **Poultry Science**, v.79, n.9. p. 1351-1355, 2000.

PONTECORVO, G.; ROPER, J. A.; HEMMONS, D. W.; MAC DONALD, K. D.; BUFTON, A.W. The genetics of *Aspergillus nidulans*. **Advances in Genetics**, v.5, p.141–238, 1953.

PRA, M. A. D.; CORRÊA, E. K.; ROLL, V. F.; XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; LOURENÇO, F. F.; ZANUSSO, J. T.; ROLL, A. P. Uso de cal virgem para o controle de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em camas de aviário. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p. 1189–1194, 2009.

PROCHONOW, L.I, CUNHA, C. F.; KIEHL, J. C.; ALCARDE, J. C. Controle da volatilização de amônia em compostagem, mediante adição de gesso agrícola e superfosfato com diferentes níveis de acidez residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 65–70, 2001.

RAJ, A. B. M.; GREGORY, N. G. Welfare implications of the gas stunning of pigs 1: determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon. **Animal Welfare local**, v. 4, p. 273–280, 1995.

REECE, F. N.; BATES, B. J.; LOTT, B. D. Ammonia control in broiler houses. **Poultry Science**, v.58, p.754-755, 1979.

REFATTI, R.; RESTELATTO, R.; ZIELINSKI, R. P.; PAIXÃO, S. J.; MENDES, A. S. Tipos de cama e pesos iniciais ao alojamento sobre os parâmetros de umidade da cama e de incidências de lesões em frangos de corte. In. Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia, 3., 2009, Dois Vizinhos. **Anais...** Dois Vizinhos: UTFPR, 2006.

REHBEGER, T. C. Controlling litter microorganisms. **E-Digest**, v. 2, n. 6, p. 1-6, 2002.

ROSA, J. V.; PRATES, D. F.; WÜRFEL, S. F. R.; CAMACHO, N. N.; COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação de *Salmonella* spp. em carcaças de frango resfriadas no Sul do Rio Grande do Sul após implementação do programa de redução de patógenos. In: CONBRAVET - CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 35.,2008, Gramado/RS. **Anais...** 35º Conbravet - Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 2008.

ROSS. **Broiler Management Manual**. 1999.

ROSTAGNO, H. S.; VARGAS JR, J. G.; ALBINO, L. F. T. et al. Níveis de proteína, eletrólitos e aminoácidos em rações de frangos de corte na fase inicial. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Associação Brasileira de Produtores de Pinto de Corte, p. 59, 2002.

RYNK, R.; KAMP, M.; WILLSON, G.; SINGLEY, M.; RICHARD, T.; KLEGA, J.; GOUIN, F. 1991. **On-Farm Composting Handbook**. Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1991. 174p.

SABINO, H. F. N.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; FREITAS, E. R. Níveis protéicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 407–412, 2004.

SANTOS, R. L.; NUNES, V. A.; BAIÃO, N. C. Pododermatite de contato em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.6, 2002.

SALMINEN, E.; RINTALA, J. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste - a review. **Bioresource Technology**, v.83, n.1, p.13–26, 2002.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, V. S.; VOSS, D.; COLDEBELLA, A.; AVILA, V.S. Efeito de Tratamentos Sobre a Carga Bacteriana de Cama de Aviário Reutilizada em Frangos de Corte. **Comunicado Técnico**, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, dez. 2007. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=1061>. Acesso em: mar. 2009.

SILVA, V.S.; VOSS, D.; COLDEBELLA, A.; AVILA, V.S. Efeito de Tratamentos Sobre a Carga Bacteriana de Cama de Aviário Reutilizada em Frangos de Corte. Comunicado Técnico, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, dez. 2007.

SILVA, Y. L.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; FASSANI, E. J.; PEREIRA, C. R. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 840–848, 2006.

SINGH, H. P.; SISHRA, M.; SAHOO, G. Effect of different methods of treatment of used litter on growth, feed efficiency and economies in broiler production. **Indian Journal Production and Management**, v. 6, p. 109–114, 1990.

SMET, E.; LANGENHOVE, H. VAN; BO, I. The emission of volatile compounds during the aerobic and the combined anaerobic/aerobic composting of biowaste. **Atmospheric Environment**, v. 33, p. 1295–1303, 1999.

SNOEYENBOS, G.H.; CARLSON, V.L.; MCKIE, B.A.; SMYSER, C.F. An Epidemiological study of salmonellosis of chickens. **Avian Diseases**, v. 11, p. 653–667, 1967.

SORBARA, J. O. B.; RIZZO, M. F.; LAURENTIZ, A. C.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; BERCHIELLI, T. T.; MORAES, V. M. B. Avaliação da Polpa de Citros Peletizada como Material para Cama de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 3, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2000000300010>. Acesso em: 06 mar. 2009.

STEPHENSON, A.; McCASKEY, T.; RUFFIN, B. A survey of broiler litter composition and potential value as a nutrient resource. **Biological Wastes**, v. 34, p. 1–9, 1990.

SWEETEN, J. M.; AUVERMANN, B.W. Composting manure and sludge. In: Proc. Natl. Poultry Waste Manage Symposium. **Proceedings...** Department of Poultry Science, The Ohio State University, Columbus, OH, p. 38–44, 1988.

TIQUIA, S. M.; RICHARD, T. L.; HONEYMAN, M. S. Effects of windrow turning and seasonal temperatures on composting of hog manure from hoop structures. **Environmental Technology**, v. 21, p. 1037–1046, 2000.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS I. J. Effects of turning frequency on composting of spent pig-manure sawdust litter. **Bioresource Technology**, v. 62, n. 1, p. 3–42, 1997.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig manure, sawdust litter and sludge. **Bioresource Technology**, v. 65, p. 43–49, 1998.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, n.4, v.110, p.535–541, 2000.

TRALDI, A. B., OLIVEIRA, M. C; GRAVENA, R. A.; MARQUES, R. H.; RIZZO, P. V.; MORAES, V. M. B. Avaliação das características da cama reutilizada e das lesões de peito, joelho e coxim plantar em frangos de corte consumindo ração com probiótico. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.71, p.1–749, 2004.

TORRES, P.; PÉREZ, A.; ESCOBAR, J. C.; URIBE, I. U.; IMERY, R. Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de águas residuales. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.267–275, 2007.

TUCKER, J. F. Survival of Salmonella in built-up litter for housing of rearing and laying fowls. **Brazilian Veterinary Journal**, v. 123, p. 92–103, 1967.

TUNÇ, I. P.; TURUT-AS-İK, S.; AKBOSTANCI, E. CO₂ emissions vs. CO₂ responsibility: an input–output approach for the Turkish economy. **Energy Policy**, v.35, p. 855–858, 2006.

TURAN, N. G.; AKDEMİR, A.; ERGUN, O. N. Emission of Volatile Organic Compounds during Composting of Poultry Litter. **Water Air Soil Pollution**, v. 184, p. 177–182, 2007.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Protocolo de Boas Práticas de Produção de Frangos**, São Paulo, jun. 2008. Disponível em: <http://www.uba.org.br/protocolo_de_boas_praticas_de_producao_de_frangos_14_07_08.pdf>. Acesso em: 03 out. 2009.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Protocolo de Bem-Estar para Frangos de Corte e Perus**. Disponível em: <http://www.uba.org.br/protocolo_de_bem_estar_para_frangos_e_perus_14_07_08.pdf>. Acesso em: 18 set. 2009.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório anual 2009**. Disponível em: <http://www.abef.com.br/portal/_clientes/abef/cat/Anuario_baixa_Resolucao.pdf>. Acesso em: 8 set. 2010.

US-EPA. **EPA/625/R-92/013: Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge**. 177p. 2003. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r92013/625R92013.pdf>>. Acesso em 18 set. 2009

VAN DER WATT, H.; SUMNER, M. E.; CABRERA, M. L. Bioavailability of copper, manganese, and zinc in poultry litter. **Journal of Environmental Quality**, v. 23, p.43–49, 1994.

WALDROUP, P. W. Nutritional approaches to minimizing nitrogen and phosphorus excretion in broilers. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.95–108, 2000.

WALTER, L. Manejo da cama de frangos de corte e aspectos microbiológicos no ambiente de produção. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE COCCIDIOSE E QUALIDADE INTESTINAL, 2000, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: COCCIFORUM, p.44–54, 2000.

WATHES, C. M. Strive for clean air in your poultry house. **World Poultry**, v.15, n.3, p.17-19.1999.

WATHES, C. M.; PHILLIPS, V. R.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; SHORT, J. L.; WHITE, R. P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K. D.; PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J. O.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; UENK, G. H.; METZ, J. H. M.; HINZ, T.; CASPARY, V.; LINKE, S. Emission of aerial pollutants in livestock buildings in Northern Europe: overview of a multinational project. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1. p. 3–9, 1998.

WEELER, E. F.; CASEY, K. D.; GATES, R. S.; XIN, H.; TOPPER, P. A.; LIANG, Y. Ammonia Emissions from USA Broiler Chicken Barns Managed with New Bedding, Built-up Litter, or Acid-Treated Litter. In: Proceedings of the Livestock Environment, 7.,2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...**, Foz do Iguaçu, 2008.

WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J.; MACHADO, L. P.; CATELAN, F.; UTTAPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1463–1467, 2008.

WILLIAMS, J. E.; BENSON, S. T. Survival of *Salmonella Typhimurium* in poultry feed and litter at 3 temperatures. **Avian Diseases**, v. 22, p. 742–747, 1978.

WILLIAMS, T. O. Odors and VOC emission control methods. **Biocycle**, v. 36, p. 49–56, 1995.