



## Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte

Edgar O. Oviedo-Rondón, DVM, PhD., Dipl. ACPV

*Department of Poultry Science, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7608*

**RESUMO** – A criação industrial de frangos de corte tem sido eficiente na produção de proteína animal, no entanto geram resíduos com alto conteúdo de N, P, K, minerais traço, e alta carga de bactérias. A rápida degradação microbiana destes resíduos ocasiona volatilização de amônia, odores, e pó fino, além de atrair insetos e roedores. Esta apresentação discutirá os métodos mais efetivos para aproveitamento destes recursos e minimizar o possível impacto ambiental. Estes procedimentos incluem planejamento, capacitação do pessoal, zoneamento das áreas para dispor dos resíduos finais nas glebas, isolamento da granja, nutrição com precisão, praticas de manejo da cama e galpão, e correto manejo das aves mortas. A cama de frangos tem sido utilizada na alimentação animal e geração de energia. Adicionalmente serão apresentadas novas tecnologias visando à redução de emissões de amônia, odores e pó fino, ou a redução na solubilidade de fósforo.

Palavras-chave: impacto ambiental, resíduos, frangos de corte, amônia, odor

## Technologies to mitigate the environmental impact of broiler production

**ABSTRACT** – The broiler industry produces efficiently animal protein, but generates residues with high contents of N, P, K, trace minerals, and high bacterial charge. The rapid microbial decomposition of these residues cause ammonia volatilization, nuisance odor, fine particulate matter, and attract insects and rodents. This presentation will discuss the more effective methods to utilize these resources and minimize potential environmental impact. These procedures include planning, personnel training, zoning of areas used to dispose the final residues in crop lands, farm isolation, precision nutrition, litter and house management practices, and appropriate mortality disposal. Broiler litter has been used for animal feeding and power generation. Additionally, new technologies to reduce ammonia, odor and fine particle emissions, or reduction of P solubility will be presented.

Key Words: environmental impact, residues, broilers, ammonia, odor

## Introdução

A produção de frangos de corte é a forma mais eficiente e barata de produzir proteína animal para alimentação humana no mundo. Os frangos são os animais mais eficientes para transformar grãos em proteína animal, em curto tempo, com utilização de pouco espaço, pouca água e energia, e adicionalmente é possível utilizar o animal inteiro após o abate. No entanto, como em todas as atividades humanas de produção existem resíduos na avicultura. Estes resíduos quando aproveitados ou tratados de forma incorreta, compreenderão alto risco aos recursos hídricos, incluindo o solo e ar.

A maior parte dos frangos a nível mundial é produzida em sistemas industriais com altas eficiências

econômicas na utilização de recursos e mão de obra. Os Estados Unidos é o maior produtor mundial de frangos e segundo exportador, sendo o Brasil é o maior exportador mundial de frangos, com US \$2,7 bilhões em vendas para 142 países. Nos dois países e no mundo inteiro a produção de frangos continuará crescendo aceleradamente nos próximos anos. A indústria avícola mundial utiliza a integração vertical e a economia de escala para obter alta eficiência econômica, porém isto indica uma alta concentração de recursos em espaços limitados. Para facilitar o transporte de pintinhos, ração e frangos para o abate, as empresas localizam seus incubatórios, fábricas de rações, granjas e abatedouros a distâncias equidistantes. Entretanto, este arranjo indica uma grande concentração de aves em áreas relativamente pequenas, ocasionando um impacto

ambiental nas áreas de produção onde muitos nutrientes são trazidos de diferentes lugares dos alimentos usados na fabricação da ração. Para que a produção de frangos continue crescendo é cada vez mais importante desenvolver práticas adequadas de manejo de resíduos para atingir as restrições legais atualmente existentes.

A produção de frangos de corte gera um grande volume de resíduos na forma de esterco, efluentes, camas e aves mortas. Estes resíduos possuem concentrações importantes de nitrogênio, fósforo, potássio, minerais traço como cobre e zinco (Tabela 1), e uma alta carga de bactérias (Terzich *et al.*, 2000). A rápida decomposição destes resíduos dentro e fora dos lugares de produção avícola gera problemas adicionais como pó, volatilização de amônia, pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio, e outros compostos orgânicos voláteis que aumentam os odores (Williams *et al.*, 1999; Nahm, 2000; Seiffert *et al.*, 2000).

Esta apresentação tem por objetivo discutir os principais resíduos resultantes da produção de frangos de corte e as tecnologias disponíveis utilizadas na indústria atualmente, assim como tecnologias em desenvolvimento para mitigar ou minimizar o impacto ambiental atual e futuro.

### **Impacto ambiental da produção de frangos**

Os resíduos dos aviários podem ser tanto um recurso como um poluente, no entanto o manejo adequado destes resíduos com altos conteúdos de nutrientes possibilita um impacto ambiental mínimo. Estes resíduos têm o potencial de poluir as águas superficiais e o lençol freático. Os resíduos avícolas podem aumentar os nutrientes minerais, as substâncias orgânicas que demandam oxigênio, materiais em suspensão e em algumas ocasiões microorganismos patogênicos (Seiffert, 2000). A produção de frangos também pode afetar a qualidade do ar, por emissões de gases como amônia, exalação de odores, e produção de pó à atmosfera (Robarge *et al.*, 1999; Zhongchao & Zhang, 2004). A incineração de carcaças de aves mortas libera dióxido de sulfuroso, óxido nítrico, cinzas e odores (Lacey *et al.*, 2004). Alguns dos nutrientes e fatores relacionados à produção de frangos com maior impacto ambiental são discutidos posteriormente.

### **Nitrogênio**

A amônia e os nitratos são as duas formas químicas de nitrogênio mais comuns nos resíduos avícolas (Tabela 1). O íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) é a forma dominante de nitrogênio no esterco de aves, o qual é convertido em amônia ( $\text{NH}_3^+$ ) com a elevação do pH e sob condições de umidade. A amônia, um gás tóxico que afeta a saúde humana e animal (Carlie, 1984; Donham *et al.*, 2002; Homidan *et al.*, 2003), é volatilizada rapidamente afetando a qualidade do ar dentro do aviário, aumenta a formação de material particulado de pequeno tamanho (2,5 e 5  $\mu\text{m}$ ) (Zhongchao & Zhang, 2004; Patterson & Adrizal, 2005).

Os nitratos podem ser a maior forma contaminante do lençol freático quando níveis excessivos de cama de frangos são utilizados com adubo. Estes nitratos são solúveis em água e são transportados pela solução do solo às raízes das plantas, mas também ao lençol freático, onde pode contaminar suprimentos de água potável subterrânea.

### **Fósforo**

O fósforo é um mineral encontrado em altas quantidades nas excretas das aves, no entanto a aplicação excessiva na adubação pode saturar a capacidade do solo e plantas de utilizar este nutriente, o que acarreta na lixiviação, e posterior contaminação do lençol freático. O fósforo dos resíduos avícolas pode ser bastante solúvel, no entanto sua aplicação como adubo em épocas de chuva e em terrenos com declive pode afetar a água superficial como lagoas e rios, especialmente em solos arenosos e bem drenados (Maguire *et al.*, 2005).

Os excessos no solo de P podem ser controlados através da rotação de cultivos de grãos com pastagens, produção de silagem e feno. Para evitar a contaminação das águas é necessário ter um bom controle da erosão e de cobertura do solo (Seiffert, 2000; Nahm, 2003a, 2004).

### **Elemento traço**

As rações das aves têm quantidades altas de ferro e zinco, sendo comum observar níveis altos destes minerais traço nas camas de frangos (Tabela 2). Níveis altos destes minerais são observados em solos onde existe aplicação constante de resíduos avícolas por vários anos (Kingery *et al.*, 1994; Jackson *et al.*, 2003). Excessos destes minerais no solo afetam o crescimento radicular das plantas (Broadley *et al.*, 2007).

Tabela 1 - Características físicas e químicas das fezes, cama e cama acumulada de frangos de corte.

Table 1 - Chemical and physical traits of broiler chicken manure, litter and litter pile.

	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	ST <sup>1</sup> (%)	SV <sup>2</sup> (%)	TKN <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub> N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	Na	Cl	Fe	Mn	B	Zn	Cu
Fezes	1025	25	19	13	3.5	8.0	6.0	5.0	1.75	1.0	1.75	9.0	0.95	0.10	0.03	0.042	0.012
Cama																	
5 semanas																	
Cama	481	68	53	29.5	6.0	28.5	29.5	20.5	11.0				0.55		0.46	0.31	
Crostras	545	54	42	31.0	8.5	19.5	19.5	15.0	7.0				0.34		0.25	0.23	
6-7 sems																	
Cama	513	79	63	35.5	6.0	34.5	23.5	21.5	4.4	6.0	6.50	6.50	0.6	0.40	0.03	0.36	0.27
Crostras	545	60	47	23.0	6.0	26.5	18.0	17.0	3.5	4.6	5.00		0.6	0.35	0.02	0.30	0.21
8-9 sems																	
Cama	465	76	59	34.5	8.0	35.0	23.5	20.5	4.2	7.0	6.50		0.8	0.38	0.02 4	0.34	0.25
Pilha cama <sup>4</sup>	529	61	43	16.5	3.45	38.5	1 6.0	31.5	4.1	5.0	3.30	6.50	0.9	0.35	0.02	0.32	0.15

<sup>1</sup>ST = Sólidos totais (100 – ST = Umidade o conteúdo de água)

<sup>2</sup>SV = Sólidos voláteis, porção de sólidos que é perdida como gás

<sup>3</sup>TKN = Nitrogênio orgânico e amoniacal medido no laboratório pelo método Kjeldahl

Todos os dados estão expressos como matéria natural

<sup>4</sup>Cama de frango removida uma vez por ano e acumulada em pilhas. O material usado como cama é maravalha.

Tabela 2 - Concentrações de elementos traça (mg/kg) em peso seco, em cama de frangos.

Table 2 - Trace mineral concentrations (mg/kg) in dry matter of broiler litter.

Elemento	Media	Faixa	Numero amostras	Referência
As	35	3-60	8	Kunkle et al. (1981)
B	54	23-125	106	Stephenson et al. (1990)
Cd	6		1	Westing et al. (1981)
Co	2		1	Westing et al. (1981)
Cu	77	58-100	4	Vandepopuliere et al. (1992)
Fe	1625	1026-2288	4	Vandepopuliere et al. (1992)
Mn	348	125-667	106	Stephenson et al. (1990)
Zn	315	106-669	106	Stephenson et al. (1990)

### Efeitos sobre a qualidade da água

Os nutrientes contidos nos resíduos avícolas podem afetar águas superficiais e subterrâneas, onde as bactérias oriundas da matéria fecal das aves podem contaminar as águas de consumo humano e animal. O nitrogênio e fósforo eliminados são os dois nutrientes com maior potencial poluente para os corpos de água superficiais. A concentração de P nas águas superficiais não deve ser maior de 0.05 mg P/l para cursos de água e 0,10 mg P/l para lagos e reservatórios. A eutrofização ocasionada por estes nutrientes aumenta a população de algas na água, elevando a concentração de oxigênio dissolvido na água durante o dia, sendo utilizado no processo de respiração das algas à noite e sob condições de dias nublados (Nahm, 2004; Maguire *et al.*, 2005). A baixa concentração de oxigênio dissolvido pode resultar

na mortandade de peixes e ictiofauna associada. Igualmente, o ambiente anaeróbico causa a produção de metano, aminas e sulfitos (Williams *et al.*, 1999).

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

### Resíduos químicos

Resíduos químicos oriundos das dietas dos frangos com antibióticos, coccidiostatos ou larvicidas aplicadas na cama também podem ser encontrados em resíduos avícolas. Os antibióticos são cada vez menos frequentes devido à restrição, voluntária ou mandatária, da adição destes produtos na ração das aves pressionada

principalmente pelos consumidores. Sendo assim a maioria das empresas avícolas não utilizar nenhum aditivo químico, ou somente a utilização de alguns produtos muito específicos em circunstâncias com alta incidência de doenças. Estas substâncias podem incluir amprolium, clortetraciclina, sulfato de neomicina, nicarboxina, compostos arsenicais e oxitetraciclina (Williams *et al.*, 1999).

Existe pouca informação do efeito dos antibióticos sob plantas, água ou solo (Sims & Wolf, 1994). Como em todo tipo de produção agropecuária é necessário ter consideração os resíduos de rações, remédios, inseticidas, embalagens, lixo e solo descoberto que podem ser transportados pela água de chuva para os pontos mais baixos do terreno e rede de drenagem, afetando os cursos de água.

### **Microorganismos patogênicos**

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

### **Emissões de gases**

A amônia ( $\text{NH}_3$ ) é considerada como o gás mais nocivo produzido em galpões de frangos (Carlile, 1984) além de afetar a saúde das aves (Dawkins *et al.*, 2004). Adicionalmente, o gás  $\text{NH}_3$  é o precursor das partículas voláteis muito pequenas conhecidas como  $\text{PM}_{2.5}$  (Particle Matter  $2.5\mu\text{m}$ ), as quais são o segundo maior poluente do ar das instalações avícolas. A emissão de amônia dos galpões de frangos é muito variável (Tabela 3). Estas emissões dependem de vários fatores incluindo o tipo de ventilação, a idade da cama, a duração do ciclo de frangos, e o método de medição entre outros.

Vários relatos de literatura (Kristensen & Wathes, 2000; Homidan *et al.*, 2003; Wathes, 2004) indicam que a exposição a  $\text{NH}_3$ , pó, e microorganismos aéreos afetam significativamente o crescimento das aves. Evidências científicas sugere que a  $\text{NH}_3$  ocasiona irritação das membranas mucosas os olhos e no aparato respiratório, aumenta a susceptibilidade a doenças

respiratórias, e reduz o consumo de alimento, a conversão alimentar e a taxa de crescimento. Miles *et al.* (2004) reportou que reduzindo as concentrações de  $\text{NH}_3$  em 10% se poderia aumentar o peso final dos frangos abatidos a 42 dias em mais de 45 gramas. A exposição dos frangos a concentrações entre 25 e 50 ppm durante sete dias induz uveíte ou doenças nos olhos em frangos de corte (Olanrewaju *et al.*, 2007).

O impacto ambiental destas emissões de gases dos galpões de frangos não é ainda muito clara (Aneja, 1997; Robarge *et al.*, 1999). Estas emissões tem um efeito na formação de pó muito fino ( $\text{PM}_{2.5}$ ) e no aumento de N no ambiente. As concentrações de amônia no ar são muito variáveis. Assim, nas altas montanha é de  $1\mu\text{g}$  de  $\text{N-NH}_3/\text{m}^3$  ou 0.00172 ppm; os valores típicos, em áreas rurais com cultivos, variam de 1 a  $6\mu\text{g}$   $\text{N-NH}_3/\text{m}^3$ , mas podem chegar a  $14\mu\text{g}$   $\text{N-NH}_3/\text{m}^3$ ; em áreas urbanas de  $16\mu\text{g}$   $\text{N-NH}_3/\text{m}^3$  e ao interior das vivendas até  $36\mu\text{g}$   $\text{N-NH}_3/\text{m}^3$ . Perto de galpões avícolas as concentrações podem ser tão altas como  $50\mu\text{g}$   $\text{N-NH}_3/\text{m}^3$  ou 0.071 ppm. Por seu lado, os seres humanos podem detectar, pelo cheiro, concentrações de 45 ppm e os mais sensíveis até 10 ppm. O limite tolerável de exposição aceitado muda de país a país, normalmente esta perto de 15 ppm (Aneja, 1997; Robarge *et al.*, 1999).

### **Odores**

Os odores dos galpões de frangos são resultantes da degradação microbiana de uma variedade de compostos orgânicos da cama dos frangos, incluindo as fezes (O'Neill *et al.*, 1992). A concentração do odor pode ser mensurada pelo método do limiar absoluto olfatométrico, ainda que a intensidade, caráter, e tom hedônico do odor são igualmente importantes para avaliar a percepção pública também como a frequência e duração do odor. Existe uma relação não-linear entre a concentração de odor e a intensidade do odor, a qual causa dificuldades para concluir qual o efeito ocasionado (Lacey *et al.*, 2004). As tentativas para correlacionar a concentração de odores, e as concentrações de amônia e pó não têm tido sucesso. Devido à falta de evidencia científica, as emissões de odor das instalações avícolas não são reguladas pela maioria dos governos dos diferentes países, mas constituem um ponto freqüente de discórdia entre os produtores e os vizinhos das granjas (McGahan *et al.*, 2002).

Tabela 3 – Pesquisas de emissões de amônia em galpões de frangos com ventilação natural ou mecanicamente ventilados e com camas de maravalha.

Table 3 - Ammonia emission studies in broiler houses with natural and mechanical ventilation and wood shavings litter.

Idade da cama	Duração da pesquisa e período do ano	Método para medir concentração de NH <sub>3</sub>	Taxa de emissão de amônia (g/ave/dia)	Referência e local da pesquisa
Ventilação natural				
Nova	28 d (1 lote); Jan-Fev	Filtros ácidos, método gravimétrico	0.25 – 0.54	Guizou & Beline (2005); França
Não reportada	7 d (6-12h/d); Mai - Jul	Amostrador Ogawa <sup>a</sup>	1.43 (0.33 – 2.64)	Siefert <i>et al.</i> (2004); Maryland, USA
Ventilação de túnel				
1 a 4 lotes Usada	10 d (3 lotes); Jun - Dez	Sensores eletroquímicos <sup>b</sup>	0.63	Lacey <i>et al.</i> (2003); Texas, USA
	5 d; Jun – Oct	Mostrador Ogawa <sup>a</sup>	0.45	Roadman <i>et al.</i> (2003), DE, USA
1 a 5 lotes <sup>c</sup>	32 d; Nov – Dez	Sensores eletroquímicos <sup>b</sup>	0 – 0.92 ou 0 -0.607	Wheeler <i>et al.</i> (2003); PA, KY, USA
Ventiladores de teto				
Nova	45 d; Jul – Sep	Luminescência química	0.4	Demmers <i>et al.</i> (1999); Inglaterra
Não especificado				
Não reportada	24 h em cada galpão; Inverno e Verão	Luminescência química	0.21 (Dinamarca) 0.27 (Holanda) 0.44 (Alemanha) 0.48 (Inglaterra)	Groot Koerkamp <i>et al.</i> (1998); 4 países, Europa

<sup>a</sup>Filtros com cobertura ácida

<sup>b</sup>Sistema eletrônico Dräger® Safety (0 – 200 ppm ± 3 ppm de precisão)

<sup>c</sup>11 galpões com cama de diferentes idades com tratamentos químicos

### Insetos e roedores

Outro ponto de discórdia com as vizinhanças das granjas de avícolas é a infestação de insetos e roedores. As granjas manejam volumes muito grandes de alimento de alta qualidade, esterco e mortalidades de aves que atraem rapidamente insetos e roedores. O ambiente fechado, protegido do sol e a chuva, e aquecido dos galpões de frangos é propício para o desenvolvimento e moradia destas pragas. Uma vez estabelecida uma granja de frangos deve-se iniciar de imediato um controle de pragas integral para evitar a proliferação de insetos e roedores.

Os dois insetos mais comuns na avicultura são a mosca doméstica (*Musca domestica*) e o cascudinho (*Alphitobius diaperinus*). Estes dois insetos podem transmitir agentes patogênicos como *Salmonella*, *Pasteurella*, *Staphylococcus* e ovos de helmintos. Os cascudinhos também podem transmitir viroses como leucose, Marek, New Castle, reovirus, rotavirus e enterovirus. Estes dois tipos de insetos ocasionam incomodidade para os trabalhadores dos aviários e para a vizinhança principalmente quando a cama é usada na lavoura (Pedroso-de-Paiva, 2000).

O controle de insetos e roedores deve ser uma prática diária nos aviários, incluindo controle cultural através de técnicas de monitoramento da população de pragas e conhecimento do comportamento das pragas; medidas de controle mecânico, que envolvem desde detalhes de construção, manejo de resíduos e práticas sanitárias (Pedroso-de-Paiva, 2000).

### Tecnologias para Manejar e Utilizar os Dejetos e Diminuir Impacto Ambiental

Devido à aplicação da legislação ambiental nas condições agrícolas, existe um grande interesse a nível mundial da indústria avícola, incluindo as empresas integradoras e os produtores, as instituições de pesquisa agropecuária e as Universidades para desenvolver e aplicar novas tecnologias para o manejo de resíduos da produção de frangos de corte. Porém, a maioria das tecnologias de manejo de resíduos termina com aplicação de nutrientes remanescentes na terra como fertilizante, e para isto é necessário planejar e delimitar as áreas onde os nutrientes serão aplicados. Adicionalmente, é necessário capacitar os produtores e operadores nos diferentes passos do manejo de resíduos e na aplicação final destes nutrientes.

### ***Planejamento, capacitação e zoneamento para manejo de nutrientes***

Em quase todos os países, os proprietários rurais, produtores, operadores e distribuidores destes resíduos, são responsáveis pela obtenção de licenciamento ambiental para o desenvolvimento de atividades rurais, bem como obrigados a operar a produção, dentro de normas e regulamentações legais existentes. As empresas integradoras são geralmente mais visíveis para os grupos ambientalistas e por tanto podem ter maior responsabilidade para promover práticas de manejo ambiental.

No manejo de questões ambientais, o passo inicial para diminuir o impacto ambiental é o planejamento da localização e expansão das empresas para evitar aumentar os problemas em áreas sensíveis (Seiffert, 2000). As decisões das empresas integradoras afetam os possíveis riscos de poluição das operações na avicultura, a minimização dos conflitos com vizinhos, e problemas com autoridades ambientais e grupos ambientalistas. As áreas ambientais sensíveis são aquelas que ficam perto de mananciais ou corpos de água que abastecem centros urbanos, solos arenosos ou com lençol freático superficial, proximidade de cursos de água, áreas urbanas ou semi-urbanas, estradas, áreas de topografia forte ondulada (20% a 45% de declividade) a montanhosa (45% a 75% declividade).

É importante lembrar que as áreas residenciais tendem a crescer mais rapidamente que a indústria avícola, conseqüentemente os planos de expansão devem revisar as licenças de urbanismo e o potencial dos terrenos nas vizinhanças. Na maioria dos países existem recomendações ambientais ou de saúde pública para ter os galpões de frangos afastados entre 30 e 50 metros das residências. No entanto, muitas vezes as novas construções de residências suburbanas são situadas mais perto das granjas já existentes, ocasionando conflitos entre o produtor avícola e os novos residentes. Os critérios de manutenção das áreas verdes, preservação de mananciais, fixação do valor da terra e taxaço para licenciamento de atividades a nível municipal podem ser utilizados para determinar os planos de expansão e uso futuro da terra (Brake, 1996).

O segundo passo no manejo ambiental dos resíduos da produção de frangos de corte é a capacitação ambiental dos produtores, e monitoramento

das práticas de manejo. Os contratos entre a empresa integradora e os produtores geralmente incluem cláusulas que estimulam as práticas ambientais preventivas. A capacitação ambiental abrange o conhecimento das leis ambientais e normas regionais para o manejo dos resíduos. Esta capacitação deve ser constante e requisito para obter a licença ambiental para produzir, e igualmente para renovar anualmente esta licença.

Dentro do planejamento é importante considerar o zoneamento de instalações e distribuição de espaços físicos disponíveis na região para destinar os esterco (Brake, 1996). Muitas regiões têm planos e mapas das glebas para aplicação das camas de frango como fertilizante nas lavouras e cada produtor o manipulador de camas de frango deve seguir estas recomendações referentes aos terrenos que ainda podem aceitar descarga destes resíduos. Os mapas da região devem ser utilizados para determinar os tamanhos das áreas para aplicação, as distâncias entre as granjas e as glebas, afastamento destas áreas dos corpos de água, afastamento de vizinhos, afastamento de áreas públicas, ventos dominantes, escoamento superficial de águas pluviais, e o tipo de geologia da região. Adicionalmente, é importante manter registros dos tipos de cultivos plantados nessas áreas específicas e características dos solos. Cada tipo de planta utiliza diferentes quantidades de nutrientes e o N, P e K são os marcadores principais para determinar os limites e o calendário de aplicação do esterco de frangos (Williams *et al.*, 1999; Seiffert, 2000; Mukhtar *et al.*, 2004).

Finalmente, é muito importante avaliar a drenagem superficial, subsuperficial, as características geológicas do terreno e a natureza dos solos no entorno das instalações de criação das aves, de armazenagem, transporte e aplicação dos resíduos. A drenagem de água de chuva dos telhados precisam ser controladas e conduzidas para fora das áreas de entorno dos galpões. Tanto os aviários como as áreas de estocagem e compostagem do esterco devem ser construídas em partes elevadas do terreno para controlar o deslocamento das águas pluviais. Em algumas ocasiões, em áreas úmidas e terrenos baixos, é necessário isolar do subsolo dos aviários e áreas de estocagem e composteiras com polietileno ou piso de concreto. O objetivo final sempre é evitar a contaminação das águas subterrâneas. Locais com formação geológica de lençol

freático superficial, com grande variação sazonal do lençol freático, ou com problemas de drenagem dificultam ou limitam a aplicação de esterco e a disposição de aves mortas. As características de profundidade, declividade, textura e retenção de água também determinam se o local é favorável para espalhar os nutrientes dos resíduos avícolas. Os solos arenosos, com mais de 45% de declividade, e rasos com menos de 50 cm de profundidade são os menos adequados, e os mais favoráveis são os solos argilosos profundos com mais de 100 cm de profundidade (Mukhtar *et al.*, 2004).

A aplicação dos estercos, cama ou compostagem nas glebas geralmente são nas estações de primavera e verão. O operador que irá distribuir estes nutrientes nos solos deve observar a previsão do tempo para evitar o escoamento superficial da água de chuva transportando os nutrientes para a rede de drenagem. Igualmente, o operador deve evitar distribuir esterco a distâncias com afastamento menor que 30 m de pequenos cursos de água e 60 m de poços e áreas de mananciais (Seiffert, 2000; Mukhtar *et al.*, 2004).

### ***Isolamento das granjas com barreiras naturais***

As barreiras naturais com árvores nativos de cada região tem sido uma prática de biosegurança muito comum e importante na avicultura. Informações científicas recentes (Malone *et al.*, 2006; Patterson *et al.*, 2008) demonstram que barreiras de árvores situados na frente dos exaustores das granjas podem capturar poeira e amônia, diminuindo entre 40 e 50% o impacto ambiental da amônia, e evitando que a vizinhança tenha contato visual direto com os galpões (Patterson & Adrizal, 2005).

Uma vez existem avaliações e determinação das zonas para distribuição dos nutrientes, isolamento das granjas, medidas para controlar a fuga destes nutrientes, compromisso do pessoal envolvido e capacitação para o manejo ambiental é possível executar algumas metodologias para evitar o desperdício de nutrientes no sistema de criação de frangos de corte, sendo a nutrição e alimentação o primeiro fator a ser reavaliado.

### ***Manejo nutricional para diminuir impacto ambiental***

Melhorar a eficiência de utilização de nutrientes e fazer uma formulação mais precisa são as metodologias mais efetivas para reduzir as perdas de nutrientes no

ambiente que ocasionam contaminação. Estas metodologias têm sido descritas em detalhe por vários autores (Williams *et al.*, 1999; Ferket *et al.*, 2002; Nahm & Carlson, 1998; Nahm, 2000, 2002, 2003a,b, 2004). Alguns exemplos de estes métodos incluem: 1). A suplementação de aminoácidos cristalinos e a redução dos conteúdos de proteína crua das rações podem reduzir de 10 a 30% a excreção de N (Verstegen & Jongbloed, 2003); 2). A suplementação de enzimas resulta em reduções de 12 a 15% na matéria fecal dos frangos; 3) A suplementação da enzima fitase resulta em reduções de 25 a 35% de fósforo nas rações, se é feita uma redução na quantidade de fósforo inorgânico nas dietas (Coelho & Kornegay, 1996; Maguire *et al.*, 2005); 4) A alimentação por fases, com mais dietas que atinjam com mais acurácia as exigências nutricionais dos frangos pode reduzir a excreção de N e P entre 10 e até 30% (Maguire *et al.*, 2005); 5) A utilização de alimentos com melhor digestibilidade pode diminuir a excreção de nutrientes em 5%.

A utilização de aditivos como os extratos de *Yucca schidigera* (Amon *et al.*, 1997), zeolitas e alguns probióticos baseados em *Lactobacillus* (Chang & Chen, 2003) nas dietas de frangos tem resultado em reduções significativas de amônia e odor. Porém, outros pesquisadores não têm observado efeitos significativos destes aditivos (Ullman *et al.*, 2004).

Da mesma forma, algumas práticas de processamento de alimentos como manter um tamanho de partícula adequada e a uniformidade, o melhor controle de qualidade das rações e a pelletização ou expansão melhoram a digestibilidade de nutrientes e reduzem a excreção destes nutrientes.

## **Manejo de Resíduos**

A finalidade de toda tecnologia de manejo de resíduos é aproveitar todos os nutrientes disponíveis com mínimas perdas no ambiente durante o processo de aproveitamento. Os resíduos sólidos de frangos incluem a cama ou crostas ao final de cada ciclo de produção e a mortalidade diária.

### ***Manejo da cama, coleta e armazenagem de resíduos***

A maioria dos frangos de corte são criados sobre pisos de terra batida e alguns em pisos de concreto. A cama é o material distribuído sobre o piso dos galpões para servir de leito das aves, absorver a umidade, servir como isolante térmico, e absorver o impacto do peso da

ave (Paganini, 2004). Geralmente é utilizado suficiente material para ter camas com 5 a 15 cm de grossura. Entre os materiais mais comuns temos maravalha, pó de serra, casca de arroz, sabugo de milho triturado, palhadas de culturas em geral e fenos de gramíneas.

Em muitos países a cama é reutilizada em vários lotes de frangos, coletada completamente após um ou vários anos. Esta reutilização da cama é *per se* uma tentativa para minimizar o impacto ambiental da avicultura. Outras razões para a reutilização da cama são os custos para aquisição do material e em muitos casos a escassez do material, a disponibilidade de mão de obra para retirar a cama do galpão no curto período de tempo disponível entre lotes de frangos, e a disponibilidade de terrenos apropriados para espalhar estes nutrientes. Nestes sistemas de produção, as crostas ou materiais empastados e endurecidos pelas fezes e a umidade é coletado ao final de cada lote e em algumas ocasiões novo material de cama é adicionado. O material empastado é armazenado geralmente por vários meses até um volume suficiente este disponível para ser transportado e utilizado nas glebas (Mukhtar *et al.*, 2004; Paganini, 2004).

As práticas de manejo dos frangos influem na qualidade da cama e nas emissões de gases da cama e conseqüentemente no impacto ambiental da granja. A adequada ventilação e aeração das instalações são necessárias para tentar manter a umidade relativa interna em menos de 70%, e a umidade da cama entre 20% e 35%. Ajustes na ventilação devem ser feitos devido às estações do ano, períodos de chuva e aumentos na densidade de estocagem das aves. As dietas também podem afetar a umidade da cama pelos efeitos na umidade das excretas das aves. Assim, níveis protéicos, inclusão de ingredientes com alto nível de potássio ou sódio, o balanço eletrolítico da dieta em geral, a adição de ionóforos para controle de coccidiose como a lasolacida e salinomicina, e os efeitos negativos de micotoxinas e peróxidos afetam a umidade da cama. Descuidos no manejo da pressão da água, nível de água, vazamentos de água e má regulagem da altura dos bebedouros podem aumentar a umidade da cama. O tipo de bebedouros (nipple *vs* tipo pendular) e manejo dos mesmos também pode afetar a umidade da cama. Todas estas falhas de manejo afetam a produtividade dos frangos e acarretam maior impacto ambiental com a maior produção de amônia, odores, dificuldades de

manejo de cama úmida, aumento na solubilidade de nitratos e do fósforo (Carey *et al.*, 2004; Patterson & Adrizal, 2005).

Em muitos países são utilizados métodos químicos para reduzir a carga microbiana da cama e em parte diminuir a volatilização da amônia (Nahm 2003b; Paganini, 2004; Williams *et al.*, 2004). Os métodos químicos incluem desinfectantes, alcalinizantes e acidificantes. Os desinfectantes mais comuns são os trifenoles sintéticos e a formalina. Esta última, embora eficiente esta caindo em desuso devido aos perigos decorrentes de sua utilização, em especial à saúde humana. O material alcalinizante mais comum é a cal, no entanto é ineficiente frente à *Clostridium perfringens* muito comum em criações de frangos (Terzich *et al.*, 2000). Os compostos acidificantes mais utilizados são o sulfato de hidrogênio sódico e a sulfato de alumínio. Estes acidificantes são aplicados comumente à razão de 35 a 50 kg/100 m<sup>2</sup> o dia anterior à recepção dos pintinhos e geralmente só na área de recepção. Porém, o efeito dos acidificantes não é maior de 2 ou 3 semanas (Pope & Cherry, 2000; Fairchild *et al.*, 2006). Pesquisadores da Universidade Estadual da Carolina do Norte estão avaliando em condições de uma granja comercial os efeitos de diferentes doses de adição e métodos de aplicação do sulfeto de hidrogênio sódico nas emissões totais de amônia de galpões de frangos com cama reutilizada por dois anos.

Os métodos biológicos utilizados para diminuir bactérias são a fermentação ou compostagem e a inibição competitiva. O simples amontoamento ou compostagem elimina muitas bactérias e vírus presentes na cama, porém a fermentação gera volatilização de amônia. Vários dos fatores necessários para diminuir esta produção de amônia serão discutidos na seção de compostagem. Outro método de manejo biológico da cama é a inibição competitiva por inoculação da cama com bactérias como o *Bacillus subtilis* que inibe competitivamente as populações de bactérias patogênicas, diminui a formação de crostas, e reduz a formação de amônia por transformação de amônia a nitratos e nitritos (Paganini, 2004).

A composição da cama varia com o material utilizado para gerar a camada inicial, a quantidade de material adicionado entre lotes, o número de lotes de frangos criados sobre esta cama, a mortalidade, o tempo de armazenagem, e se o material foi revolvido entre a



saída e início de novos lotes de animais. O conteúdo de nitrogênio, irá elevar-se com o número sucessivo de lotes, e geralmente atinge o máximo após o quarto e quinto lote de frangos.

A armazenagem temporal das camas deve ser feita em galpões cobertos, em pilhas cobertas com plásticos, ou em calhas de compostagem. Estas instalações ou montes de esterco devem ser localizados a uma distância não inferior a 30 metros dos galpões por razões sanitárias, devem ser mantidas secas para prevenir a geração de moscas, odores e perdas de amônia, e ao mesmo tempo facilitar o transporte às glebas.

### **Compostagem**

A compostagem é o processo que transforma o material orgânico em material quimicamente mais uniforme com baixa presença de substâncias odoríferas, chamado húmus ou composto. A compostagem é considerada um processo aeróbio, mas as pilhas de esterco sem revolvimento também pode formar composto. O processo aeróbio é geralmente mais eficiente, rápido, gera menos odores e reduz a perda de N como amônia. Na formação de uma compostagem é necessário garantir uma relação 30 partes carbono para 1 de nitrogênio, uma umidade de 40 a 50% e contínuo suprimento de oxigênio. Geralmente, em camas de frango não são necessários adicionar mais cama para suprir o carbono. O processo de compostagem gera calor e atinge temperaturas de 80°C, e as temperaturas normais podem estar entre 60 e 70°C. Se o composto não atinge estas temperaturas pode necessitar maiores quantidades de carbono ou suprimento de oxigênio. A mistura do composto com objetivo de fornecer oxigênio pode ser feita com equipamento mecânico ou por mecanismos de ar forçado. O composto geralmente tem menor umidade e volume que a cama de frangos fresca. O composto tem efluentes que devem ser conduzidos apropriadamente para evitar contaminação da água da rede de drenagem.

Durante a compostagem é comum perder quantidades consideráveis de amônia. Para reduzir esta volatilização de amônia é recomendado adicionar aditivos como zeolitas, argilas, CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub> e sulfato de alumínio (Ullman *et al.*, 2004).

A peletização da cama ou do composto tem sido utilizada por algumas empresas para facilitar o transporte e venda do material para jardineira. Como exemplo, a empresa Perdue AgriRecycle que faz parte da Empresa Avícola Integradora Perdue Farms Inc. do Estado de Delaware, produz o produto MicroStart60 a partir de cama de frango peletizada desde ano 1995 com grande sucesso (O'Keefe, 2002).

### **Manejo de mortalidades**

A compostagem é um dos métodos mais aceitados para dispor das carcaças de aves mortas normalmente ao nível de granja. Porém, sempre é necessário planejar o manejo acorde com o tamanho do plantel e a mortalidade diária esperada. Hoje, também é necessário planejar para ocasiões de mortalidade massivas associadas com catástrofes como o choque térmico, falhas dos equipamentos de ventilação e epidemias de doenças infecciosas (Williams, *et al.*, 1999; Steiffer, 2000).

Outros métodos de disposição de mortalidades incluem: enterramento, incineração, gasificação. Todos estes tem limitações ambientais devido ao nível do lençol freático para enterramento, e os custos do gás necessário para a incineração ou combustão.

A prática de compostagem das aves mortas envolve a mistura da mortalidade com a cama, serragem, palha e água. Geralmente é necessário adicionar um litro de água por cada 2 kg de carcaças, e conforme avança a mortalidade e necessária adicionar camadas de material como fonte de carbono. O processo completo de fermentação das carcaças toma cerca de 60 dias, durante o qual necessita ser removido e misturado pelo menos três vezes para fornecer oxigênio e manter o processo bacteriano aeróbio. O composto de mortalidade de aves é similar a outro húmus com pequenas proporções de ossos e penas remanescentes, o qual pode ser utilizado como fertilizante agrícola. Os cuidados normais de todo compostagem também aplicam para o manejo de carcaças, especialmente a cobertura para evitar a umidade e percolação de nutrientes no subsolo e na rede de drenagem, o piso de concreto ou isolamento do solo, e paredes laterais de madeira para facilitar o manejo do composto durante as misturas (Steiffer, 2000).

### ***Utilização da cama de frango na alimentação animal***

Em algumas regiões, ainda é possível utilizar a cama de frangos de corte na alimentação de bovinos e ovinos em combinação com outros alimentos principalmente à base de cana de açúcar, sabugo de milho ou polpa de citros (Williams *et al.*, 1999; Leme *et al.*, 2000). Na maioria dos países, esta prática está proibida como parte das medidas sanitárias para evitar transmissão de doenças infecciosas. Este material geralmente é suplemento alimentício para bovinos e ovinos quando outros alimentos não estão disponíveis nos períodos de seca, mas não é considerado para animais de alta produtividade. A cama de frango é um material muito heterogêneo na suas composições químicas, com altos níveis de cinza, e minerais como cobre, zinco, selênio e em alguns casos arsênio. Se for utilizado, a cama deve ser moída e peneirada para eliminar material grosso, e carcaças de aves. A fermentação inicial, inclusão em silagens, calor seco, úmido, fumigação com óxido de etileno ou brometo de metila, diminui o risco de transmissão de doenças, e melhora a digestibilidade (Williams *et al.*, 1999; Leme *et al.*, 2000).

### ***Produção de energia***

As camas de frangos podem ser utilizadas para produção anaeróbica de biogás (Williams *et al.*, 1999; Lucas & Santos, 2000) ou como combustível para geração de energia elétrica (Fibrowatt, 2005). O biogás está constituído por 60% CH<sub>4</sub>, 38% CO<sub>2</sub> e 2% da mescla de vapor de água, NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>S. O biogás pode ser utilizado como fonte de energia na granja para queimar em aquecedores ou combustível de motores de combustão interna na geração de energia elétrica. Os efluentes da fermentação anaeróbica e os sólidos resíduos deste processo podem ser utilizados como fertilizantes e até suplementos animais devido a seu alto conteúdo protéico, vitamínico e minerais. Existem diversos modelos de biodigestores e condições de operação (Lucas & Santos, 2000). No entanto, poucos produtores utilizam digestão anaeróbica como método de tratamento de resíduos avícolas devido aos custos de instalação, baixa eficiência de produção de biogás e dificuldades na operação dos fermentadores (Williams

*et al.*, 1999; Turnell *et al.*, 2007). Porém, com os altos custos do gás propano e a necessidade de encontrar alternativas de energia renovável, existe interesse em retomar esta tecnologia no nível de granja.

Uma alternativa que tem tomado muito mais interesse é o uso da cama de frangos como combustível direto para geração de energia elétrica ao nível industrial e regional (Bock, 2004; Turnell *et al.*, 2007). A empresa Fibrowatt Ltd do Reino Unido desenvolveu esta tecnologia que está em funcionamento na Inglaterra. Nos Estados Unidos a primeira planta foi construída pela empresa em Benson, Estado de Minnesota e vai produzir cada ano 55 mega-Watts de eletricidade a partir de 700.000 toneladas de cama de perus em combinação com biomassa agrícola. Esta mesma empresa chamada nos Estados Unidos Fibrowatt LLC USA propôs construir duas plantas geradoras de energia no Estado da Carolina do Norte (FibroWatt, 2008). Os contratos com os produtores de frango para coletar as camas já têm sido firmados e a primeira planta deve estar em funcionamento em 2011. As experiências na Europa indicam que a planta não gera odores, com emissões mínimas de gases a grandes alturas. Esta tecnologia reduz o volume do resíduo em mais de 80%, elimina completamente o carbono e grande parte do nitrogênio contido na cama, e adicionalmente entrega um resíduo de cinzas com alto conteúdo de fósforo e minerais traças que pode ser utilizado na adubação.

### **Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias para Minimizar Impacto Ambiental da Produção de Frangos de Corte**

Várias tecnologias estão sendo desenvolvidas o em fase inicial de implementação para minimizar o impacto ambiental da produção avícola (Nahm, 2003b, Ullman *et al.*, 2004). A maioria enfoca em reduzir as emissões de amônia, outros gases e odores, na redução da solubilidade do fósforo da cama.

#### ***Sistemas Purificadores (Scrubbers)***

Estes aparelhos são localizados nos ventiladores exaustores dos galpões de ventilação por túnel. A desodorização e a captura de NH<sub>3</sub> ocorrem quando o ar contaminado entra em contacto com uma solução ou

com água em spray que solubiliza e capturam a maior parte dos compostos químicos presentes no ar. Esta solução pode sofrer degradação microbiológica dos compostos. A idéia é simples, mas na pratica tem varias complicações como o alto custo inicial de implementação, necessidade de bombas, problemas de entupimento dos aspersores, problemas de variação na pressão da solução, e em geral a manutenção (Ullman *et al.*, 2004; Zhongchao & Zhang, 2004).

### ***Filtros e biofiltros***

Os filtros são uma alternativa aos purificadores e também são situados nos exaustores de ar. Estes filtros capturam o pó fino que contem os compostos que causam odor em fibras finas através de mecanismos físicos. A eficiência pode ser de 50%, mas nas condições comerciais as penas e grandes quantidades de materiais transportados pelo ar causam entupimento em poucos dias. Para solucionar este problema, são instalados vários filtros de diferente tamanho para remover as partículas mais grossas.

Os biofiltros consistem de materiais que permitem a proliferação de microorganismos que podem degradar os compostos químicos presentes no ar extraído do galpão. Para isto é utilizado material poroso, carvão ativado, entre outros materiais. O material deve ser mantido úmido, entre 40 e 80% de umidade e o pH entre 7 e 8, podendo reduzir entre 90 e 99% dos odores. No entanto, sua implementação tem sido difícil em condições comerciais devido aos problemas de instalação, manutenção e custos (Ullman *et al.*, 2004). A eficiência real de diminuir poeira em condições comerciais de frangos de corte é menor de 40% (Janni *et al.*, 1999; Zhongchao & Zhang, 2004).

### ***Ozônio no ar de galpões de frangos***

A aplicação de ozônio (O<sub>3</sub>) no ar dos galpões tem sido mencionada com uma tecnologia prometedora para reduzir as emissões de amônia, a poeira, odores e microorganismos no ambiente dos galpões de aves (Yokoyama *et al.*, 2000; Nahm, 2003b, Ullman *et al.*, 2004). O ozônio tem sido utilizado para purificar água por mais de um século (Debevec, 1990). O ozônio é um gás tri- atômico alotrópico ao oxigênio que é gerado pela reação fotoquímica da luz ultravioleta de 185 nm

de longitude de onda, com o ar. Este gás instável também pode ser produzido por uma descarga elétrica. Geradores elétricos de ozônio são vendidos para purificar o ar de residências. O O<sub>3</sub> é um oxidante potente que pode rapidamente reagir com muitas moléculas no ar e causar sua oxidação. Porém, em concentrações maiores de 0,1 ppm pode ser tóxico para as mucosas respiratórias e sendo assim nessas condições considerado como poluente. Pouca pesquisa tem sido feita para avaliar os efeitos destes sistemas de O<sub>3</sub> nas aves e na sua capacidade de reduzir poluentes no ar dentro e fora dos aviários. Os resultados preliminares mostraram reduções em NH<sub>3</sub>, nos odores, e nas bactérias.

Nos Estados Unidos esta tecnologia já esta em uso em algumas granjas de frangos de corte do Sudeste. Pesquisadores da Universidade Estadual da Carolina do Norte avaliaram esta tecnologia em cinco lotes de frangos numa granja comercial. Nossos resultados indicaram que não existiram efeitos deletérios nas aves, houve uma redução na concentração de NH<sub>3</sub> entre 0 e 10 ppm, porém os efeitos benéficos em ganho de peso, conversão alimentar e mortalidade foram variáveis, e não foram observadas reduções significativas nas bactérias do ambiente. Outros pesquisadores (Masten *et al.*, 2001) utilizaram O<sub>3</sub> para tratar cama de frangos e observaram redução significativa nas bactérias e também nas populações de moscas. Nosso grupo de pesquisa na Carolina do Norte avaliou o efeito de aplicação de O<sub>3</sub> em galpões de frangos nas populações de cascudinhos e não foram observadas diferenças significativas entre os galpões tratados e os dois do grupo controle.

Uma forma mais eficiente de utilizar o O<sub>3</sub> para oxidar NH<sub>3</sub> e compostos orgânicos voláteis que causam odores, é incluir materiais catalíticos como cinzas de carvão e de carvão de madeira, ou “char” de biomassas. O “fly ash” e o “char” são materiais sólidos que permanecem após gases leves e alcatrão são liberados da primeira combustão da madeira e do carvão mineral conhecida como carbonização. Estes dois materiais são produzidos em grandes volumes (75 e 5.5 milhões de toneladas por ano, respectivamente só nos Estados Unidos) e a maioria são desperdícios sólidos. Os resultados preliminares desta tecnologia indicam que podem ser utilizados para remover amônia (Comunicação pessoal do Dr. James Kastner, Dept. of Biological and Agricultural Engineering, University of Georgia, 2008).

### **Sistemas de Carga Eletrostática ou Ionizadores**

O pó dos aviários transporta odores, bactérias e amônia. A ionização do ar dá carga negativa a estas partículas ocasionando sua precipitação (Ullman *et al.*, 2004). Um ionizador consta de uma barra metálica que opera entre -20 e - 25kV DC. Estes ionizadores podem diminuir 43% do pó no ar, e 13% da amônia. Segundo Ritz *et al.* (2006), um equipamento como este para um galpão comercial utiliza aproximadamente 100 watts de energia elétrica.

### **Fly-ash**

O “fly ash” é o resíduo da combustão industrial do carvão nas plantas de geração elétrica e na indústria. Este resíduo industrial pode ser utilizado a muito baixo custo para reduzir a solubilidade do fósforo na cama de frangos (Nahm, 2003b). Zhang *et al.* (2004) concluiu que a aplicação de 250 g de “fly ash” por quilograma de cama reduzem o fósforo solúvel em 80%, transformando o P solúvel em água a solúvel em bicarbonato, o qual é ainda disponível para as plantas.

### **Óleo para reduzir poeira**

Óleo vegetal está sendo utilizado para reduzir pó nos galpões de suínos do Centro-Oeste dos Estados Unidos e no Canadá. A aspersão do óleo diretamente na cama pode reduzir 99% do pó dos aviários, e pode ser aplicado também nos locais de armazenamento de camas usadas. O custo é mínimo e os resultados são consistentes (Ullman *et al.*, 2004).

## **Conclusões**

A avicultura gera resíduos com alto conteúdo de nutrientes que ainda podem ser aproveitados na geração de energia ou utilizados como fertilizante nas lavouras. Sua adequada aplicação no solo seguindo planos de manejo de nutrientes causa mínimo impacto ambiental. O primeiro e mais importante passo para mitigar o impacto ambiental da avicultura é o adequado planejamento, zoneamento e capacitação de todo o pessoal envolvido na criação das aves e no manejo de seus resíduos. A nutrição com maior precisão para

atingir as exigências das aves, e a melhora do aproveitamento dos nutrientes são os métodos mais efetivos para evitar desperdícios de nutrientes no ambiente. A compostagem é uma das melhores técnicas para o manejo de cama e mortalidades. É possível gerar energia a partir de cama de frangos. Existem várias tecnologias para reduzir as emissões de amônia, odores e pó dos aviários, porém a maioria tem um alto custo de implementação e ainda não estão muito difundidas.

## **Literatura Citada:**

- Amon, M.; Dobeic, M.; Sneath, R.W.; Phillips, V.R.; Misselbrook, T. H.; Pain, B.F. A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. *Bioresources Technology* v.61, p.229-237, 1997.
- Aneja, V.P. Proceedings of Workshop on atmospheric nitrogen compounds: emissions, transport, transformations, deposition and assessment. North Carolina State University, Raleigh, NC. March 10-12, 1997.
- Brake, J.D. Zoning for animal agriculture: a proactive stance. In: Proceedings of 1996 National Poultry Waste Management Symposium, Auburn, Auburn University. p. 33-
- Bock, B.R. Poultry litter to energy: Technical and economic feasibility. [http://www.msenergy.ms/Bock-National%20Poultry%20Waste%20\\_8-15-00\\_.pdf](http://www.msenergy.ms/Bock-National%20Poultry%20Waste%20_8-15-00_.pdf) (accessed from the web 28.02.08), 2004.
- Broadley, M.R.; White, P.J.; Hammond, J.P.; Zelko, I.; Lux, A. Zinc in plants. *New Phytologist* v.173, n.4, p.677-702, 2007.
- Carey, J.B., Lacey, R.E., Mukhtar, S. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 2. Flock and house management factors. *Journal of Applied Poultry Research* v.13, p.509-513, 2004.
- Carlile, F.S. Ammonia in poultry houses: a literature review. *World Poultry Science Journal* v.40, p.99-113, 1984.
- Chang, M.H.; Chen, T.C. Reduction of broiler house malodor by direct feeding of a Lactobacilli containing probiotic. *International Journal of Poultry Science* v.2, n.5, p.313-317, 2003.
- Coelho, M.B.; Kornegay, E.T. Phytase in animal nutrition and waste management. BASF. 728 pp, 1996.
- Davis, M.; Morishita, t.Y. Relative ammonia concentrations, dust concentrations and presence of Salmonella species and Escherichia coli inside and outside commercial layer facilities. *Avian Diseases* v.49, p.30-35, 2005.
- Dawkins, M.S.; Donnelly, C.A.; Jones, T.A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* v.427, n.1, p.342-344, 2004.
- Debevec, L. Jr. A review of ozone generating facilities in some U.S. water and wastewater treatment plants. *Ozone Science Engineering* v.5, p.102-112, 1990.
- Demmers, T.G.M.; Burgess, L.R.; Short, J.L.; Phillips, V.R.; Clark, J.A.; Wathes, C.M. Ammonia emissions from two mechanically ventilated UK livestock buildings. *Atmospheric Environment* v.33, p.217-227, 1999.
- Donham, K.J.; Cumro, D.; Reynolds, S. Synergistic effects of dust and ammonia on the occupational health effects of

- poultry production workers. *Journal of Agromedicine* v.8, p.57-76, 2002.
- Fairchild, B.D.; Worley, J.D.; Czarick, M.; Ritz, C.W. Effects of heavy application of litter amendment on broiler house ammonia concentration. In: *Proceedings of 2006 ASABE Annual International Meeting, ASABE. Oregon Convention Center, Portland, Oregon 9 – 12, July 2006.*
- Ferket, P.R.; van Heugten, E.; van Kempen, T.A.T.G.; Angel, R. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science* v.80(E. Suppl. 2), p.168-E182, 2002.
- FibroWatt USA. Power from Poultry Litter. <http://www.fibrowattusa.com/>  
<http://www.bensonmn.org/fibrominn/flyer.pdf> (accessed from the web 28.02.08).
- Guiziou, F.; Beline, F. In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France. *Bioresources Technology* v.96, p.203-207, 2005.
- Groot Koerkamp et al. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* v.70, p.79-95, 1998.
- Homidan, A.A.; Robertson, J.F.; Petchey, A.M. Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Science Journal* v.59, p.340-349, 2003.
- Jackson B.P.; Bertsch, P.M.; Cabrera, M.L.; Camberato, J.J.; Seaman, J.C.; Wood, C.W. Trace element speciation in poultry litter. *Journal of Environmental Quality* v.32, n.2, p.535-540, 2003.
- Janni, K.; Nicolai, R.; Jacobson, L.D.; Schmidt, D.R. Biofilter demonstration. <http://www.manure.umn.edu/assets/biofilterdemo.pdf>, 1999.
- Kingery, W.L.; Wood, C.W.; Delaney, D.P.; Williams, J.C.; Mullins, G.L. Impact of long-term application of broiler litter on environmentally related soil properties. *Journal of Environmental Quality* v.23, p.139-147, 1994.
- Kristensen, H.H.; Wathes, C.M. Ammonia and poultry welfare: a review. *World's Poultry Science Journal* v.56, p.235-245, 2000.
- KUNKLe, w.e.; carr, l.e.; carter, t.a.; bossard, e.H. Effect of flock and floor type on the levels of nutrients and heavy metals in broiler litter. *Poultry Science* v.60, p.1160-1164, 1981.
- Lacey, R.E.; Redwine, J.S.; Parnell, C.B. Jr. Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the Southern U.S. *Transactions ASAE* v.46, p.1203-1214, 2003.
- Lacey, R.E.; Mukhtar, s.; Carey, J.B.; Ullman, J.L. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 1. Odor concentrations and emissions. *Journal of Applied Poultry Research* v.13, p.500-508, 2004.
- Leme, P.R.; Alleoni, G.F.; Cavaguti, E. Utilização da cama de frango na alimentação de bovinos. In: *Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. 12 Abril. Concórdia, SC., Brasil. pp. 44-51, 2000.*
- Lucas, J. Jr.; Santos, T.M.B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: *Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. 12 Abril. Concórdia, SC., Brasil. pp. 27-43, 2000.*
- Maguire R.O.; Dou, z.; Sims, J.T.; Brake, J.; Joern, B.C. Dietary strategies for reduced phosphorus excretion and improved water quality. *Journal of Environmental Quality* v.34, p.2093-2103, 2005.
- Malone, G.; Van Wicklen, G.; Collier, S.; Hansen, D. Efficacy of vegetative environmental buffers to capture emissions from tunnel ventilated poultry houses. Pages 875–878. In *Proceedings Workshop Agric. Air Qual.: State of the Science, Potomac, MD. North Carolina State Univ., Raleigh, 2006.*
- Masten, S.J.; Kim-Yang, H.; Walker, E.D.; Roman, H.; Yokoyama, M.T. Toxicity of ozonated animal manure to the house fly, *Musca domestica*. *Journal of Environmental Quality* v.30, p.1624-1630, 2001.
- McGahan, E.; Kolominskas, CH.; Bawden, K.; Ormerod, D.R. Strategies to reduce odour emissions from meat chicken farms. In: *Proceedings Poultry Information Exchange. pp. 27-39, 2002.*
- Miles, D.M.; Branton, S.L.; Lott, B.D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. *Poultry Science* v.83, p.1650-1654, 2004.
- Mukhtar, S.; Ullman, j.L.; Carey, J.B.; Lacey, R.E. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 3. Land application, processing, and storage of broiler litter. *Journal of Applied Poultry Research* v.3, p.514-520, 2004
- Nahm, K.H.; Carlson, C.W. The possible minimum chicken nutrient requirements for protecting the environment and improving cost efficiency. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* v.11, n.6, p.755-768, 1998.
- Nahm, K.H. A strategy to solve the environmental concerns caused by poultry production. *World's Poultry Science Journal* v.56, p.379-388, 2000.
- Nahm, K.H. Efficient feed nutrient utilization to reduce pollutants in poultry and swine manure. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* v.32, n.1, p.1-16, 2002.
- Nahm, K.H. Bioavailability of phosphorus in poultry manure. *Avian and Poultry Biology Reviews* v.14, n.2, p.53-62, 2003a.
- Nahm, K.H. Current pollution and odor control technologies for poultry production. *Avian and Poultry Biology Reviews* v.14, n.4, p.151-174, 2003b.
- Nahm, K.H. Additives to reduce P excretion and P solubility in poultry and swine manure. *Australian Journal of Experimental Agriculture* v.44, n.8, p.717-728, 2004.
- O'Keefe, T. Perdue Farms: Doing the right thing. *Watt Poultry USA* September 2002.  
<http://www.wattnet.com/Archives/Docs/0902wp16.pdf?CFID=25710&CFTOKEN=74030876>
- Olanrewaju, H.A.; Miller, W.W.; Maslin, W.R.; Thaxton, J.P.; Dozier, W.A.; Purswell, J.; Branton, S.L. Interactive effects of ammonia and light intensity on ocular fear and leg health in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* v.6, n.10, p.762-769, 2007.
- O'Neill, D.H.; Stewart, I.W.; Phillips, V.R. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 2. The costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research* v.51, p.157-165, 1992.

- Paganini, F.J. Manejo da cama. In: Produção de frangos de corte. A. A. Mendes, I.A. Naas & M. Macari (Eds.). pp. 107-116. FACTA, Campinas, SP. Brasil, 2004.
- Patterson, P.H.; Adrizal. Management strategies to reduce air emissions: emphasis-dust and ammonia. *Journal of Applied Poultry Research* v.14, p.638-650, 2005.
- Patterson, P.H.; Adrizal; Hulet, R.M.; Bates, R.M.; Despot, D.A.; Wheeler, E.F.; Topper, P.A. The Potential for Plants to Trap Emissions from Farms with Laying Hens. 1. Ammonia. *Journal of Applied Poultry Research* v.17, p.54-63, 2008.
- PEDROSO-DE-PAIVA, D. Controle de moscas e cascudinhos: Desafios na produção agrícola. In: Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. 12 Abril. Concórdia, SC., Brasil. pp. 21-26, 2000.
- Pope, M.J.; Cherry, T.E. An evaluation of the presence of pathogens on broiler raised on poultry litter treatment@-treated litter. *Poultry Science* v.79, p.1351:1355, 2000.
- Ritz, C.W.; Mitchell, B.W.; Fairchild, B.D.; Czarick, M. III; Worley, J.W. Improving in-house air quality in broiler production facilities using an electrostatic space charge system. *Journal of Applied Poultry Research* v.15, p.333-340, 2006.
- Robarge, W.P.; McCulloch, R.; Cure, W. Atmospheric concentrations of ammonia and ammonium in the vicinity of animal production facilities in eastern North Carolina. In: Proceedings of 1999 Animal Waste Management Symposium. Pages 365-371. Jan 27-28. Cary, North Carolina 1999.
- Seiffert, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, 12 Abril, 2000.
- Siefert, R.L.; Scudlark, J.R.; Potter, A.G.; Simonsen, K.A.; Savidge, K.B. Characterization of ammonia emissions from a commercial chicken house on the Delmarva peninsula. *Environmental Science Technology* v.38, p.2769-2778, 2004.
- Sims J.T.; Wolf, D.C. Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Adv. Agron.* 52:1-83, 1994.
- STEPHENSON, A.H.; McCASKEY, T.A.; RUFFIN, B.G. A survey of broiler litter composition and potential value as a nutrient resource. *Biological Wastes* v.34, p.1-9, 1990.
- Terzich, M.; Pope, M.J.; Cherry, T.E.; Hollinger, J. Survey of pathogens in poultry litter in the United States. *Journal of Applied Poultry Research* v.9, n.2, p.287-291, 2000.
- Turnell, J.R.; Faulkner, R.D.; Hinch, G.N. Recent advances in Australian broiler litter utilization. *World's Poultry Science Journal* v.63, p. 223-231, 2007.
- Ullman, J.L.; Mukhtar, S.; Lacey, R.E.; Carey, J.B. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 4. Remedial management practices. *Journal of Applied Poultry Research* v.13, p.521-531, 2004.
- VANDEPOPULIERE, J.M.; LYONS, J.J.; FULHAGE, C.D. Broiler litter sampling reveals needed information. *Poultry Digest* v.51, n.8, p.14-18, 1992.
- Verstegen, M.W.A.; Jongbloed, A.W. Crystalline amino acids and nitrogen emission. Pages: 449-458 in *Amino acids in animal nutrition*. J. P. F. D'Mello, ed. CAB International. London, UK., 2003.
- Wathes, C.M. Air hygiene. In: *Measuring and auditing broiler welfare*. C.A. Weeks and A. Butterworth (eds.) CAB Int. pp. 117-143, 2004.
- WESTING, T.W.; FONTENOT, J.P.; McCLURE, W.H.; KELLY, R.F.; WEBB, K.E. Jr. Mineral element profiles of animal wastes and edible tissues from cattle fed animal wastes. In: *Livestock Waste: Renewable Resource*, Proceedings 4th International Symposium, Amarillo, TX, April 15-17, 1980, pp. 81-85.
- Wheeler, E.F.; Casey, K.D.; Zajaczkowski, J.S.; Topper, P.A.; Gates, R.S.; Xin, H.; Liang, Y.; Tanaka, A. Ammonia emissions from U.S. poultry houses: part III – broiler houses. In: Proceedings Third International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations. Oct. 12-15, 2003, RTP, NC.
- Williams, C.M.; Barker, J.C.; Sims, J.T. Management and utilization of poultry wastes. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* v.162, p.105-157, 1999.
- Yokoyama, M.T.; Masten, S.J. Effectiveness of ozonation as a manure treatment. In: Proceedings of 2000 National Poultry Waste Management Symposium. Eds. Blake, J. P. and Patterson, P. H., Auburn University Printing Service, AL 36849, USA. pp. 85-91, 2000.
- Zhang, G.Y.; Dou, Z.; Toth, J.D.; Ferguson, J. Use of flyash as environmental and agronomic amendments. *Environmental Geochemistry and Health* v.26, n.2, p.129-134, 2004.
- Zhongchao, T.; Zhang, Y. A review of effects and control methods of particulate matter in animal indoor environments. *Air and Waste Management Association* v.54, p.845-854, 2004.