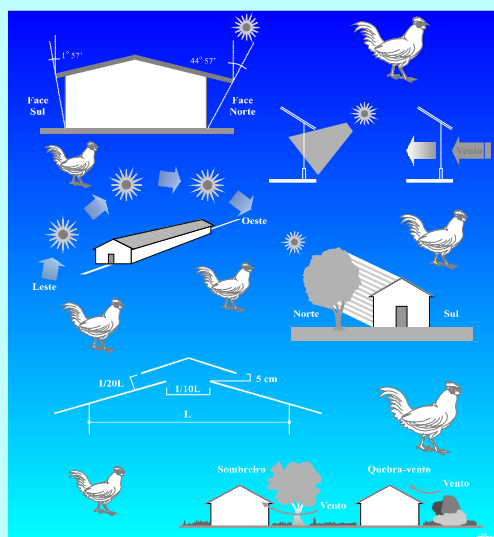


# SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA



A  
N  
A  
I  
S

28 e 29 de outubro de 1998  
– Concórdia, SC –

**Embrapa**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

*Presidente: Fernando Henrique Cardoso*

*Ministro da Agricultura e do Abastecimento: Francisco Turra*

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**

*Presidente: Alberto Duque Portugal*

*Diretores: Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha  
José Roberto Rodrigues Peres*

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES - CNPSA**

*Chefe Geral: Dirceu João Duarte Talamini  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento de Suínos:  
Paulo Roberto Souza da Silveira  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento de Aves:  
Gilberto Silber Schmidt  
Chefe Adjunto de Apoio Técnico e Administrativo:  
Ademir Francisco Giroto*

# SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA

28 e 29 de outubro de 1998  
– Concórdia, SC –

**A  
N  
A  
I  
S**

**Embrapa**

*Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 53*

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

**Embrapa Suínos e Aves**  
**Br 153 - Km 110 - Vila Tamanduá**  
**Caixa Postal 21**  
**89.700-000 - Concórdia - SC**

**Telefone: (049) 4428555**  
**Fax: (049) 4428559**

*Tiragem: 400 exemplares*

**Tratamento Editorial: Tânia Maria Biavatti Celant**

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA, 1998, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. 194 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 53).

*1. Avicultura – sistema de produção - congresso. 2. Avicultura-ambiência-congresso. I. Título. II. Série.*

*CDD 636.5*

## PROMOÇÃO

# **Embrapa**

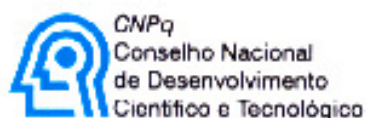
## **Suínos e Aves**

## APOIO E PATROCÍNIO

**agromarau®**



**avimec**  
EQUIPAMENTOS PARA AVIÁRICOS



# **Sadia**

# **sansuy**

## ORGANIZAÇÃO

Valéria M.N. Abreu	(Embrapa Suínos e Aves)
Paulo Giovanni de Abreu	(Embrapa Suínos e Aves)
Helenice Mazzuco	(Embrapa Suínos e Aves)
Carlos C. Perdomo	(Embrapa Suínos e Aves)

## COMISSÃO DE APOIO

- Cícero J. Monticelli
- Dianir Formiga
- Márcia Zanotto
- Milena Tápia
- Mônica C. Ledur
- Rosali S. Vanzin
- Sandra S. Schirmann
- Sérgio Renan Alves
- Simoni S. Bassi
- Tânia M.B. Celant
- Tânia M. G. Scolari
- Vania M. Faccio

## SUMÁRIO

ASPECTOS ECONÔMICOS DA CRIAÇÃO DE AVES EM AMBIENTES CLIMATIZADOS Cláudio Bauke.....	01
ASPECTOS ECONÔMICOS E VIABILIDADE DA CRIAÇÃO DE FRANGOS NOS SISTEMAS CONVENCIONAL E AUTOMATIZADO Jonas Irineu dos Santos Filho, Mário D. Canever, Oldemir Chiuchetta e Dirceu J.D. Talamini .....	07
GERENCIAMENTO DO AMBIENTE NA AVICULTURA José Luís Kieling Franco, Moacir Eloi Von Fruhauf, Edemilson Pereira e Armando Zamberlan.....	19
SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES AVÍCOLAS Paulo Roberto Rossi .....	42
CRITÉRIOS PARA O PLANEJAMENTO DE INSTALAÇÕES AVÍCOLAS PARA AVES DE POSTURA Ilda de Fátima Ferreira Tinôco .....	57
AVANÇOS NA ÁREA DE EQUIPAMENTOS PARA POSTURA Eduardo Villas Boas Scarpa .....	73
SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA AVES Donato Moro .....	76
MISTING SYSTEMS FOR POULTRY – DIMENSION AND APPLICATIONS Robin Paul, Souloumiac, D. e Oliveira P.A .....	84
SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL NA CRIAÇÃO DE AVES Fernando da Costa Baêta .....	96
PLANNING BROILER HOUSING FOR ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS James Donald .....	118
LUZ: CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PROGRAMAS EM AVIÁRIOS DE CORTE E ALTERNATIVAS PARA A INTENSIDADE, COR E DISTRIBUIÇÃO Fernando Rutz e Eduardo Gonçalves Xavier .....	142
VENTILATION TO CONTROL POULTRY HOUSE AIR QUALITY Hongwei Xin .....	154
A INTERAÇÃO AMBIENTE X SANIDADE Antônio Guilherme M. de Castro .....	175
MANAGEMENT, TREATMENT, AND UTILIZATION OF POULTRY LITTER WITH RESPECT TO ENVIRONMENTAL PROTECTION Victor W. E. Payne .....	183

## **APRESENTAÇÃO**

*A avicultura possui um dos maiores acervos tecnológicos do setor agropecuário brasileiro, sendo que o seu expressivo progresso deve ser creditado a melhoria genética do rebanho, a formulação e utilização de dietas mais eficientes, fatores considerados como de rápida e fácil transferência para os sistemas produtivos. O mesmo fato não aconteceu com o condicionamento ambiental, processos produtivos e estrutura de uso de energia, fatores considerados estratégicos para a otimização econômica do setor.*

*De uma forma geral, os avicultores brasileiros têm se preocupado mais com o controle das variáveis que atuam diretamente sobre os animais do que com aquelas que ditam os níveis de adequação do bioclima, do manejo e de sua influência sobre a operacionalidade e economicidade do sistema.*

*Desconforto térmico, aumento das doenças associadas a perda da qualidade do ar e da mortalidade, redução do desempenho, maior dependência energética e aumento dos custos de produção, são problemas atribuídos a ausência de critérios mais rigorosos para o dimensionamento térmico dos edifícios, dos equipamentos e do uso de energia.*

*Um maior investimento na melhoria do condicionamento térmico dos edifícios, dos equipamentos, das práticas de manejo e de uso de energia, constituem a alternativa mais adequada para o aumento da rentabilidade e da competitividade da avicultura brasileira, face a diminuição da velocidade dos ganhos genéticos observada nos últimos anos, das mudanças em curso na economia mundial e dos novos padrões de consumo da população, forçando os criadores a reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade e a produtividade do rebanho.*

*O objetivo deste Simpósio Internacional Sobre Ambiente e Sistemas de Produção Avícola é o de possibilitar um amplo debate sobre as questões tecnológicas e econômicas que envolve a concepção, implantação e operacionalização dos sistemas de produção de aves.*

**Comissão Organizadora**

# ASPECTOS ECONÔMICOS DA CRIAÇÃO DE AVES EM AMBIENTES CLIMATIZADOS

*Cláudio Bauke*

Ceval Alimentos S/A Fone: (067) 272.1842  
Sidrolândia – MS, Brasil

## 1. Introdução

A busca constante de competitividade da atividade avícola altamente globalizada, conduziu todo o segmento a uma batalha contínua para atingir a potencialidade máxima das aves, com objetivo de maximizar os resultados, mesmo se tratando de uma atividade cuja as margens de lucro são mínimas.

A ambiência é um destes fatores que interfere para a ave atingir todo o seu potencial genético. Este conceito já vem sendo usado a um bom tempo em inúmeros países especialmente aqueles que possuem climas extremos.

No Brasil o tema ainda é recente, o discurso já amplo, porém a prática é pouca. Diversas empresas estão vivendo experiências em regiões diferentes especialmente as de clima mais quente, e os resultados tem demonstrado que muito ainda teremos que evoluir.

Normalmente as iniciativas de alguma forma a encontrar respostas aos atuais problemas cuja origem são as mais diversas, podem até fazer com que uma empresa se lance numa aventura de solucionar todos os seus problemas, o que não é uma verdade, principalmente porque nós brasileiros usamos muito pouco a pesquisa.

Nossa Empresa entrou neste processo a 2 anos e muito já evoluímos, mas com certeza muito mais ainda teremos a aprender.

Aceitamos o convite para repassar um pouco da nossa experiência.

## 2. Construção civil

Vamos considerar um aviário tradicional (1.500 m<sup>2</sup>) com as seguintes características:

⇒ Comprimento	125 m.
⇒ Largura	12 m.
⇒ Pé-direito	2,5 m.
⇒ Beiral	0,50 m.
⇒ Mureta	0,60 m.
⇒ Tela	Malha - 2,5 cm.
⇒ Ante-sala	Central
<b>Valor comercial</b>	<b>R\$ 38.000,00</b>



### 3. Equipamentos

Os equipamentos de um aviário automatizado/climatizado contém:

⇒ Bebedouro Nipple	10 à 14 aves por bico.
⇒ Comedouro Automático	55 á 65 aves por prato.
⇒ Campânula	Automática.
⇒ Silo	Capacidade de 16 toneladas de ração.
⇒ Sistema de Climatização	Para troca de ar em um minuto.
⇒ Cortina	Impermeável.
⇒ Sistema Lógico	Painel de Controle.

**Valor Comercial**                      **R\$ 46.000,00**

**Valor Total do Investimento**      **R\$ 84.000,00**

### 4. Infra-estrutura

Para uma boa condição de funcionamento, o sistema de produção de frango em ambiente controlado requer uma infra-estrutura mínima de:

- ⇒ Rede elétrica padrão
- ⇒ Caixa de água
- ⇒ Conjunto gerador

### 5. Financiamento

No caso da Região Centro-Oeste Brasileira contamos com F.C.O. (Fundo Constitucional de Desenvolvimento do Centro-Oeste) com as seguintes condições:

<b>Produtor</b>	<b>% Financiada</b>	<b>Rebate</b>	<b>Custo Financ. (% a.a)</b>
Mini	100%	60%	7,02%
Pequeno	95%	55%	7,93%
Médio	90%	40%	10,70%
Grande	75%	15%	15,47%

Encargos Financeiro                      T.J.L.P.      +      6      a.a.

Prazo    12 anos

### Custos operacionais - aviário climatizado

Itens	Valor (R\$)
Mão-de-Obra	511,67
Energia Elétrica	130,00
Carregamento de Frango	270,00
Material para Cama	163,78
Reparos e Manutenção	112,39
Seguro	54,11
Funrural	97,68
Inseticida	20,00
Cal	28,00
Gás	200,00
Óleo Diesel	5,29
<b>Total</b>	<b>R\$ 1.592,92</b>

### 6. Resultados esperados

Nomenclatura	Convencionais (1.224 m <sup>2</sup> )	Climatizados (1.500 m <sup>2</sup> )
Capacidade - Alojamento	13.500 aves	26.000 aves
Densidade - Aves/m <sup>2</sup>	11,03 aves	17,33 aves
Densidade - Kg/m <sup>2</sup>	26,47	41,60
Peso médio - Kg	2.400	2.400
Mortalidade	5%	4%
Conversão alimentar	2,03	1,90
Conversão corrigida (2kg)	1,91	1,78
Custo operacional por lote	R\$ 960,00	R\$ 1.592,92
Receita por lote sem cama	R\$ 1.795,00	R\$ 4.368,00
Renda por ave alojada	R\$ 0,14	R\$ 0,175

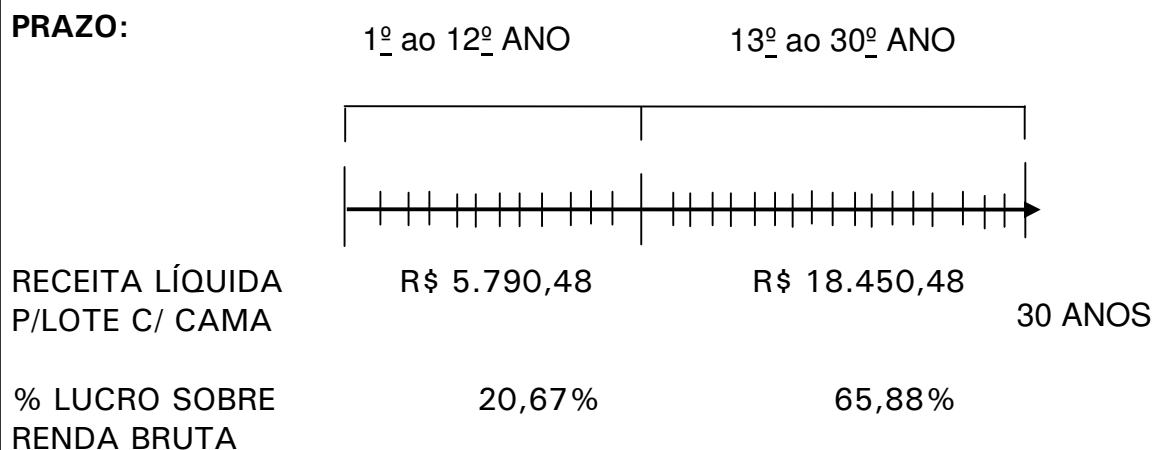
**OBS:** A diferença da conversão alimentar de 2,03 para 1,90 representa uma redução de custos na ordem de R\$ 1.178,00 por lote.

Se o valor correspondente fosse transformado em renda, permitiria teoricamente melhorar a renda de R\$ 0,14 por cabeça para R\$ 0,187 por cabeça.

## DEMONSTRATIVO DA RECEITA LÍQUIDA DO INVESTIMENTO



### Exemplo: Considerando Prestação Fixa



## 7. Resultados obtidos

• Número de Frangos Produzidos Até 31/08/98	1.085.972 cab.
• Número lotes	43

Nomenclatura	Média	Melhor resultado
• Idade	46,58 dias	44 dias
• Mortalidade	4,59%	1,98%
• Peso médio		
- Macho 14 Lotes	2,38 kg	2,72 kg
- Fêmea 17 Lotes	2,11 kg	2,56 kg
- Misto 12 Lotes	2,25 kg	2,55 kg
• Diferença pró-climatização (%) em relação ao custo médio dos convencionais no mês – agosto/98	15%	3,60

Nomenclatura	Normal	Conversão Corrigida p/ 2 Kg	Melhor Resultado (Corrigido p/ 2 Kg)
• Conversão Alimentar			
- Macho 14 lotes	1,96	1,85	1,63
- Fêmea 17 lotes	2,05	2,02	1,78
- Misto 12 lotes	1,99	1,91	1,63
• F.E.P.			
- Macho	24,70	-	28,60
- Fêmea	19,82	-	22,95
- Misto	21,00	-	28,31
• Renda Média (R\$) P/Cab.	0,18	-	0,29
• Custo Produção (R\$) P/ Lote	548,00	-	527,00

## 8. Análise financeira

Nomenclatura	Receita (R\$)	Custo operacional (R\$)	Valor da prestação (R\$)	Saldo líquido (R\$)	% Sobre receita bruta
Receita sem cama	4.368,00	1.592,92	2.110,00	665,08	15,23%
Receita com cama	4.668,00	1.592,92	2.110,00	965,08	20,67%

## 9. Retorno do investimento

### Climatizados

- ⇒ Mini Produtor 6,4 anos
- ⇒ Pequeno Produtor 6,6 anos
- ⇒ Médio Produtor 6,1 anos
- ⇒ Grande Produtor 8,4 anos

Obs: Para aviários convencionais:

- ⇒ Mini Produtor 11,4 anos
- ⇒ Pequeno Produtor 12,0 anos

## 10. Principais desafios

- ⇒ Ainda estamos com valor alto do investimento inicial do produtor.
- ⇒ Cobertura/Isolamento - não adequados os aspectos técnicos com os econômicos.
- ⇒ Eficiência do sistema de climatização pode melhorar.
- ⇒ Variação do peso do frango ao longo do aviário.
- ⇒ Elevado custo de manutenção.

- ⇒ Desafios nutricionais.
- ⇒ Equipe técnica e produtores não preparados para o nível de tecnologia sobre ambiência.

## 11. Tendências da avicultura

- ⇒ Produtor administrando a propriedade **“COMO UM NEGÓCIO”** não mais como subsistência.
- ⇒ Integrados com capacidade de alojamento para **100.000 CABEÇAS** por núcleo.
- ⇒ A **DENSIDADE** (ave/m<sup>2</sup>) deve aumentar no mínimo em 50%.
- ⇒ A produção anual deve atingir **620.000 CABEÇAS**.
- ⇒ Aviários com o máximo de **AUTOMAÇÕES** possíveis.
- ⇒ Aviários **CLIMATIZADOS**.
- ⇒ Produzindo **FRANGOS GRANDES** (2,5 kg à 3,0 kg/cabeças).
- ⇒ Produtor deve estar, no máximo, a **40 Km** do abatedouro.
- ⇒ A propriedade deverá ter, no mínimo, **20% DA ÁREA COM FLORESTA NATIVA OU REFLORESTADA**.
- ⇒ A **SANIDADE** será um dos principais fatores de limitação nas comercializações.

## Conclusão

Os resultados já alcançados neste novo conceito de produção de frangos em alta densidade tem demonstrado a sua viabilidade técnica e econômica, especialmente porque permite o aumento de densidade que melhora consideravelmente a produtividade com ganhos para os dois parceiros (Proprietário/Criador), porém climatizar o aviário em si só não é a solução para todos os problemas.

Considerando o retorno do investimento fica bem claro a sua viabilização, mas não podemos deixar de citar que a Empresa integradora precisa trabalhar muito bem a questão da renda do produtor.

Efetivamente ainda não foi possível alcançar a uniformidade do peso ao longo do aviário principalmente no verão, onde diferenças dos requisitos básicos (temperatura/umidade) se distanciam das condições ideais que o frango necessita para seu pleno desempenho principalmente dos 40 dias em diante.

Devemos também estar conscientes que estamos investindo em uma nova tecnologia onde ainda estamos na fase inicial, e para atingirmos o potencial máximo das aves, precisamos efetivamente dominar este novo conceito, especialmente o manejo, a sanidade, a nutrição, entre outros.

Mas temos a certeza da direção, até porque outros países já dominam perfeitamente esta modalidade, e o Brasil continua sendo visto como o grande produtor de alimentos (proteínas animal e vegetal) e sem dúvida estas fronteiras estão no Centro-Oeste e Nordeste, onde os desafios são muito maiores, quando comparados com Sul e Sudeste.

# ASPECTOS ECONÔMICOS E VIABILIDADE DA CRIAÇÃO DE FRANGOS NO SISTEMAS CONVENCIONAL E AUTOMATIZADO

*Jonas I. dos Santos Filho<sup>1</sup>, Mario D. Canever<sup>2</sup>,  
Oldemir Chiucheta<sup>3</sup>, Dirceu J. D. Talamini<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> MSc. Economia Rural, Pesquisador Embrapa-Suínos e Aves

<sup>1</sup> MSc. Economia Rural, Professor UFPelotas

<sup>1</sup> Bacharel em Administração, Mestrando Economia UFSC

<sup>1</sup> PhD. Economia, Pesquisador Embrapa Suínos e Aves

## 1. Introdução

Recentemente, no Brasil, com a estabilização monetária e a abertura econômica, pressões oriundas de novos processos tecnológicos e produtivos exigem nova configuração das unidades produtivas, favorecendo aquelas de maior escala e mais capitalizadas, em termos de recursos econômicos e humanos, para enfrentar a concorrência. A estabilização monetária não ocorreu sem causar problemas no setor produtivo. Para mantê-la, diversas estratégias foram adotadas; dentre elas as altas taxas de juros pagas no mercado interno e a sobrevalorização cambial que em muito facilitou a importação de bem de consumo e bem de capital (novas tecnologias).

A introdução de novas tecnologias para melhorar o ambiente e o manejo na criação de frangos, visando economias de escala e redução dos custos, promove aumento no tamanho das criações em função da elevação na densidade de aves por aviário, fazendo com que cada vez, menor número de criadores atendam as necessidades de abate dos frigoríficos e conseqüentemente do mercado. No entanto, a adoção desses novos sistemas de criação requer volumes de recursos que em determinadas situações podem inviabilizar a permanência dos produtores na atividade e desestimular novos investimentos. Assim, objetiva-se nesse trabalho analisar as principais alternativas de produção do frango de corte, em relação às tecnologias de ambiente e de equipamentos empregados, bem como, os custos de produção do frango de corte vivo, posto na plataforma de abate das agroindústrias e os retornos obtidos pelos avicultores nos diferentes sistemas de produção.

## 2. Metodologia

A análise dos custos foi realizada a partir do pinto de um dia até a entrega do frango no abatedouro (Canever et al. 1997). Foram utilizados dados de referência bibliográfica, sendo estes complementados com informações obtidas a nível de campo.

Os dados de performance zootécnica e renda dos sistemas em análise foram obtidos em Canever et al. (1998). Estes foram complementados com os coeficientes obtidos por Franco et al. (1998) e Lacy & Czarick (1992).

Para efeito de estimativa do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Capital (TRC) dos investimentos realizados pelos avicultores, considerou-se um período de operação de 25 anos, em virtude da depreciação tecnológica que tais investimentos sofrem no tempo<sup>1</sup>. Os valores residuais dos investimentos em equipamentos entram no fluxo de caixa como receita no último período de operação.

As instalações são idênticas nos diferentes sistemas, possuem 1.200 m<sup>2</sup> de área e consistem de estrutura pré-fabricada em concreto, com altura de pé direito de 3 m, telhado de fibrocimento de 5 mm de espessura e fechamento dos oitões com tábuas.

**Tabela 1 - Custo de implantação dos aviários em cada sistema, 1997**

<b>Componentes</b>	<b>Manual</b>	<b>Automático</b>	<b>Climatizado</b>
Instalações	24.852,00	24.852,00	24.852,00
Equipamentos			
. Manuais	8.109,00	-	-
. Automáticos			
. Bebedouro nipple	-	5.500,00	6.875,00
. Demais automáticos	-	13.526,00	17.762,00
. Sistema de climatização	-	-	14.000,00
<b>Total</b>	<b>32.961,00</b>	<b>43.878,00</b>	<b>63.489,00</b>

Fonte: Pesquisa de campo

Por ser um estudo sobre a produção familiar não serão considerados os custos relativos aos encargos sociais sobre a mão de obra (60% sobre o salário pago).

### **3. Resultados e discussões**

#### **3.1. Coeficientes tecnológicos**

Ainda há polêmica em relação ao efeito do sistema de produção proposto e os coeficientes tecnológicos obtidos. Canever et al. (1998) concluiu que dos três sistemas de produção propostos no seu estudo (Tabela 2), o sistema automático foi o que apresentou o melhor desempenho na produção do frango vivo considerando, principalmente, a mortalidade, a conversão alimentar e o peso vivo médio. O sistema climatizado com capacidade de alojamento 52 e 64%, superior ao sistema automático e manual, respectivamente, caracterizou-se como o

<sup>1</sup> Estimou-se uma vida útil de 25 anos para instalações, 15 anos para o bebedouro nipple, 5 anos para a cortina de rafia e 10 anos para os demais equipamentos.

segundo melhor, o que indica que essa tecnologia apresenta-se potencialmente viável. O sistema manual caracterizou-se tecnicamente inferior, principalmente, em razão da combinação de maior mortalidade, menor ganho de peso diário das aves e pior conversão alimentar.

**Tabela 2 - Coeficientes técnicos e econômicos médios dos sistemas de produção de frangos de corte**

<b>Coeficientes tecnológicos</b>	<b>Manual</b>	<b>Automático</b>	<b>Climatizado</b>
Densidade (aves/m <sup>2</sup> )	12.517	13.441	20.480
Mortalidade (%)	3,67	3,05	3,42
Peso médio (kg)	1,574	1,667	1,618
Peso total (kg)	18.978,70	21.722,76	32.004,01
Conversão alimentar (kg/kg)	1,888	1,836	1,825
Renda média / lote (R\$)	1.384,00	1.611,08	2.580,35

Fonte: Canever et al. (1998)

Já Franco et al. (1998) comparando os resultados da Integração entre aviários com ambiente climatizados com alta densidade e aviários convencionais concluiu que em relação ao peso médio e à mortalidade, os aviários convencionais com menor densidade apresentaram os melhores resultados enquanto que os aviários com alta densidade são melhores somente quanto à conversão alimentar (Tabela 3).

**Tabela 3 - Coeficientes técnicos médios dos sistemas de produção de frangos de corte com diferentes densidades**

<b>Coeficientes tecnológicos</b>	<b>Convencional</b>	<b>Alta Densidade</b>
Densidade (aves/m <sup>2</sup> )	11,7	17,5
Mortalidade (%)	1,77	2,04
Peso médio (kg)	1,540	1,533
Peso total (kg)	17.699,08	26.280,22
Conversão alimentar (kg/kg)	1,829	1,813

Fonte: Franco et al. (1998).

Nos EUA Lacy & Czarick (1992) concluíram que o peso de abate, a conversão alimentar e a percentagem de sobrevivência foram 4,29%, 0,98% e 0,21% melhores nos sistemas com túnel do que nos aviários convencionais (Tabela 4).



**Tabela 4 - Desempenho de frangos de corte em galpões convencionais e ventilados**

Parâmetros	Convencional	Túnel
Idade de Abate	53	53
Peso Corporal (Kg)	2,33	2,43
Conversão Alimentar	2,05	2,03
Sobrevivência	94,6	94,8

Fonte: Lacy & Czarick (1992).

### 3.2. Custo de Produção

Utilizando-se os coeficientes definidos por Canever et al. (1998) conclui-se que os aviários automáticos e climatizados possibilitam aumento na densidade de alojamento, redução no uso de mão-de-obra e melhores condições ambientais para as aves, resultando em menores custos unitários de produção (Tabela 5). No entanto, pelo fato dos três sistemas apresentarem custos aproximados, o sistema manual pode ser competitivo, desde que apresente bons coeficientes técnicos.

O custo de produção da empresa integradora é menor quando se utiliza galpões automatizados, fato que indica a possibilidade de se aumentar a remuneração dos produtores que utilizam este sistema de produção (Tabela 5).

**Tabela 5 - Custo de produção do Kg de frango de corte - em galpões manuais, automatizados e climatizados**

	Manual	Automático	Climatizado
Densidade	12,517	13,441	20,480
Custo Vivo	0,64979	0,63245	0,64435
Custo Integradora	0,66696	0,64495	0,66080

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores utilizando os coeficientes de Canever et al.

Os dados apresentados nas tabelas 6 e 7 corroboram os resultados da tabela 5, entretanto, quando utilizou-se os coeficientes tecnológicos definidos em Lack & Kzarick (1992), o diferencial de custo de produção foi menos significativo.

**Tabela 6 - Custos de produção por kg de frango vivo posto na plataforma de abate para os convencionais e climatizados, 1998**

	Convencional	Climatizado
Densidade	11,5	17,5
Custo Vivo	0,65342	0,66928

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores utilizando os coeficientes de Franco et al.

**Tabela 7 - Custos de produção por kg de frango vivo posto na plataforma de abate para os sistemas convencionais e climatizado, 1998**

Item	Convencional	Climatizado
Densidade	12,5	14,1
Custo Vivo	0,64725	0,64781

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores utilizando os coeficientes de Lacy & Kzarick.

### **3.3. Itens de custo condicionantes da competitividade entre os sistemas**

#### **Consumo de Ração**

Em face dos diferentes coeficientes obtidos não foi possível detectar significativa mudança no consumo de ração em razão dos diferentes sistemas de produção. Entretanto nos trabalhos analisados ela foi ligeiramente menor em galpões climatizados.

Uma vantagem que pode vir juntamente com a climatização e o aumento de densidade deve-se à possibilidade do fornecimento de rações mais adaptadas às necessidades nutricionais das aves, face a maior homogeneidade do bioclima.

#### **Energia elétrica**

A introdução de sistemas climatizados depende do fornecimento de energia elétrica, o que constitui em um fator de estrangulamento para os municípios mais afastados das centrais de distribuição os quais, geralmente, não possuem energia de alta qualidade. Ademais, devido aos baixos investimentos realizados no setor elétrico nos últimos anos, espera-se que ocorra piora na qualidade do fornecimento, como também aumentos nos preços do kwatts (Confederação Nacional da Indústria, 1996). Tal situação é uma séria limitação para a adoção do sistema climatizado e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade da avicultura.

Lacy & Kzarick (1992) concluíram que quanto maior o peso das aves, maior o consumo de energia, que pode variar entre 266%, 246% e 193% para aves abatidas com 35, 42 e 53 dias respectivamente. A diferença de consumo é inferior à obtida por Canever et al. (1998) onde o consumo dos aviários climatizados foi 3,3 vezes superior ao dos aviários automatizados. O fato deve-se à diferença de clima entre o Sul do Brasil e os EUA e provavelmente devido a falta de conhecimento por parte dos produtores quanto ao correto manejo do sistema climatizado.

#### **Densidade**

Uma das maiores vantagens colocadas até o momento para o sistema de produção totalmente climatizado é a possibilidade do aumento de densidade animal. Entretanto é importante levar-se em consideração que este incremento

na densidade poderá proporcionar uma diminuição das receitas devido a fatores que muitas vezes não podem ser notados a nível de produção primária.

Lacy (1997) demonstrou em seu experimento que existe uma relação linear direta entre o aumento da densidade, o nível de lesões nas aves e o rendimento de peito. Este fator que não é levado em consideração nos cálculos de custo de produção geralmente apresentados poderá representar o maior limitante ao aumento de densidade. Nos trabalhos apresentados por Koelkebeck et al. (1995), comparando diferentes sistemas de produção de frangos, a densidade máxima utilizada foi de 14,1 aves por metro quadrado.

**Tabela 8 - Coeficientes tecnológicos de frangos de corte produzidos em diferentes densidades**

<b>Coeficientes tecnológicos</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Densidade (aves/m <sup>2</sup> )	10,70	11,90	13,40
Mortalidade (%)	2,00	2,10	3,60
Peso médio (kg)	1,83	1,85	1,88
Lesões (%)	11,00	17,60	14,40
Rendimento de Peito (%)	14,00	13,90	13,50

Fonte: Lacy (1997).

As observações de Lacy (1997) nos indicam que não somente os tradicionais itens do custo de produção (custo fixo, conversão alimentar, mortalidade e peso vivo médio) devem ser considerados quando aumentamos a densidade de aves no galpão. O aumento da densidade reduz o rendimento de peito nas aves, que é uma das partes do frango mais valorizadas no mercado. A redução de 1% no peito poderá representar uma perda de receita (que podemos considerar como acréscimo de custo) de R\$ 0,012 (Tabela 9).

**Tabela 9 - Valor agregado do frango de corte dividido em partes**

<b>Itens</b>	<b>Valor/Kg</b>	<b>Ave A</b>	<b>Ave B</b>
Penas e Sangue	0,30	0,028	0,029
Pés	0,10	0,004	0,004
Cabeça e Pescoço	0,20	0,012	0,012
Dorso	0,35	0,060	0,059
Asa	1,25	0,106	0,103
Peito	1,90	0,378	0,398
Coxa + Perna	1,60	0,363	0,361
Vísceras Comestíveis	1,50	0,058	0,055
Gordura Abdominal	0,30	0,008	0,010
Vísceras não Comestíveis	0,30	0,016	0,015
<b>TOTAL</b>	-	<b>1,034</b>	<b>1,046</b>

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores.

Outro item que chama atenção no trabalho de Lacy (1997) é a possibilidade de aumento no percentual de aves lesionadas quanto aumentamos a densidade de aves/m<sup>2</sup> dentro do aviário. Essas partes lesionadas são comercializadas na forma de farinha de carnes o que acarreta uma perda de 50% de receitas em relação ao preço do frango vivo (nível porteira da fazenda).

É portanto importante salientar que variáveis qualitativas de custo de produção devem ser utilizadas no momento de se tomar a decisão por utilizar a total climatização dos aviários.

## Transporte

O transporte representa um importante item no custo de produção da ave viva, representando 5,02%, 4,5% e 4,76% do custo total em aviários manuais, automatizados e climatizados respectivamente (Tabela 10). Este custo de transporte pode ser reduzido, principalmente em galpões climatizados, caso as estradas possibilitem acesso de caminhões de dois eixos aos galpões.

**Tabela 10 - Custos com transporte do frango vivo posto na plataforma de abate para os sistemas manual, automático e climatizado, 1998**

Itens	Manual	Automatizado	Climatizado
Pintos	17,61	17,61	35,21
Assistência Técnica	8,42	8,42	8,42
Frangos	320,22	320,22	512,34
Ração	273,84	273,84	456,40
Custo total com transporte (A)	620,09	620,09	1.012,37
Custo Total / lote (B)	12332,25	13738,57	21231,87
A/B	5,03%	4,51%	4,76%

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores.

## Disponibilidade de Mão de Obra Familiar

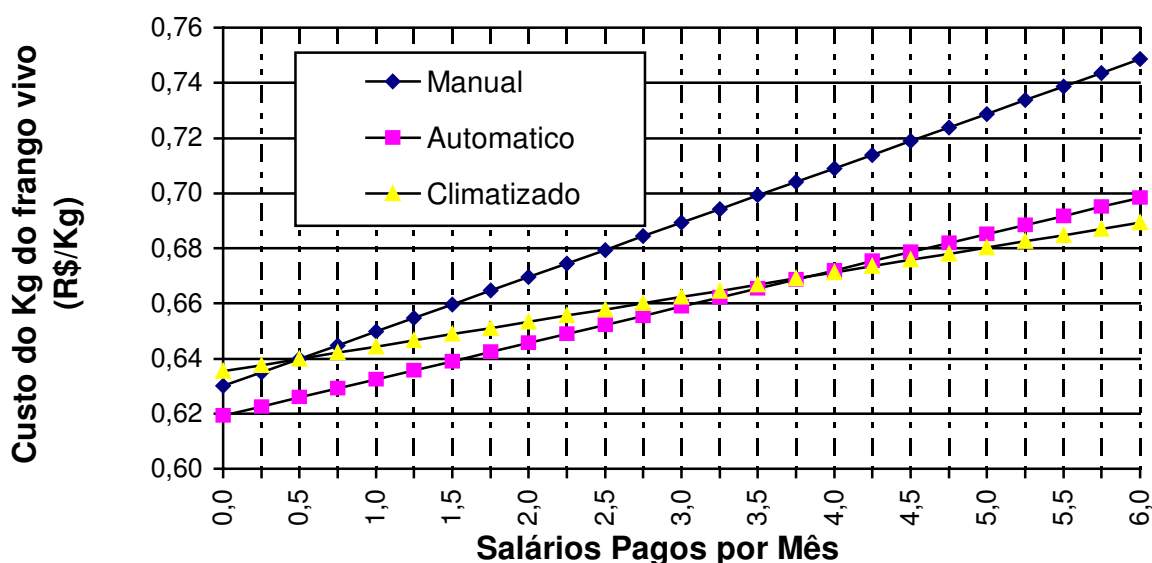
A introdução de tecnologias modernas a nível de manejo e de ambiência reduz a participação do custo da mão-de-obra sobre o custo do frango vivo, caracterizando-as como tecnologias poupadoras de mão-de-obra (Tabela 11). Simulando o impacto do custo da mão-de-obra no custo de produção do frango (Fig. 1), estima-se que quando o desembolso com o trabalhador rural superar 4,0 salários mínimos (1 salário = R\$120,00), a produção de frangos em aviários climatizados torna-se mais econômica do que nos demais sistemas, para regiões de mão de obra familiar. Dessa forma, regiões que apresentam escassez e custos elevados da mão-de-obra rural, como no Estado de São Paulo e partes dos Estados do Brasil-Central, tenderão a adotar essa tecnologia com maior rapidez do que nas regiões de oferta de mão-de-obra mais elástica e em regiões onde

predomine a mão de obra familiar. Nos Estados Unidos onde este sistema é amplamente utilizado, o valor mensal pago ao trabalhador é de U\$1.180,00 (Cunningham, 1997), o que pelos nossos cálculos viabiliza esta tecnologia.

**Tabela 11- Custos com mão de obra do frango vivo posto na plataforma de abate para os sistemas manual, automático e climatizado, 1998**

Mão de Obra	Manual	Automatizado	Climatizado
Integrado	11,84	6,26	1,38
Carregamento	7,90	6,91	7,59
Assistência técnica	2,52	2,20	1,45
Custo total com mão de obra	22,26	15,37	10,42

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores.



**FIGURA 1 - Impacto na variação da remuneração da mão-de-obra rural no custo de produção do frango no sistema manual, automático e climatizado.**

### Recursos financeiros

A análise financeira dos investimentos (Tabela 12), indica que para o produtor rural, o sistema que melhor remunera é o manual, seguido pelo sistema climatizado e por fim, o sistema automático. Apesar do galpão automático apresentar os melhores coeficientes técnicos de produção, o retorno auferido por esse sistema foi inferior ao do sistema manual, aquele de pior desempenho zootécnico. Tal comportamento ocorre porque os ganhos obtidos pelo sistema automático não estão sendo repassados ao produtor, pois caso fossem repassados, os galpões automatizados apresentariam os melhores resultados financeiros para o produtor.

**Tabela 12 - Análise financeira dos investimentos avícolas, 1997**

Índices	Manual	Automatizado <sup>2</sup>	Automatizado <sup>3</sup>	Climatizado <sup>6</sup>	Climatizado <sup>7</sup>
Indicadores Econômicos					
TIR (%)	12,00	9,10	15,03	11,37	14,54
VPL (R\$)	11.094,09	3.599,18	26.093,79	14.363,51	32.323,79
TRC (anos)	13,00	22,00	8,80	13,80	8,50
Renda Média Mensal					
até o 10° ano	84,79	66,39	312,12	236,36	340,79
do 10° a 25° ano	345,04	324,25	583,19	520,57	630,62
nos 25° anos	240,94	211,10	474,76	406,89	514,69

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores.

Para complementar a análise financeira, simulou-se o fluxo de caixa dos produtores visando detectar a capacidade de pagamento a empréstimos bancários. Nesta simulação foram considerados três pressupostos básicos:

1. Os produtores dispõem de R\$ 15.000,00 de recursos próprios;
2. Financiamentos até R\$ 15.000,00 serão efetuados através do Pronaf, com taxas de juros fixas de 9% a.a., 2 anos de carência e amortização do financiamento em parcelas semestrais durante 8 anos;
3. O restante do financiamento será efetuado através do BNDES-Automático, tendo como encargos financeiros a TJLP acrescida de uma taxa de juros fixa de 6% a.a., 2 anos de carência e amortização do financiamento em parcelas semestrais durante 8 anos. Nesta simulação a TJLP foi fixada em 12% a.a.

Devido às elevadas taxas de juros praticadas pelo mercado, os sistemas de produção automatizados e climatizados apresentarão longos períodos com fluxo negativo (5 e 6 anos respectivamente, o que sinaliza para a necessidade de outra fonte de recursos com o objetivo de equilibrar o seu fluxo nestes períodos. Este fato foi revertido quando utilizou-se a receita do integrado como sendo de R\$ 2.015,60 e R\$ 2.897,13 para os aviários automatizados e climatizados respectivamente. O mesmo ocorreu quando simulou-se um rebate na TJLP de 6%. a.a.

### 3.4. Implicações sociais

A busca incessante por maior produtividade expressa pela melhor alocação dos recursos produtivos muito embora seja correta na ótica econômica, em termos sociais pode representar altos problemas para a sociedade devido à alta exclusão que a mesma virá a causar no setor primário.

<sup>2</sup> Receita por lote obtida através de entrevista a produtores

<sup>3</sup> Receita por lote de R\$ 2.115,60 e R\$ 2.897,13 para os sistema de produção automatizados e climatizados que foi assim definido com o objetivo de igualar o custo de produção do frango criador em galpões automatizados e climatizados ao do sistema manual.

A introdução de tecnologias poupadoras de mão-de-obra, se por um lado representam redução de custos para as agroindústrias, por outro são ameaças para a agricultura familiar, na medida em que provocam exclusão de produtores nas regiões onde não se vislumbra expansão da produção. Estima-se que entre 30 a 40% dos atuais produtores integrados terão que deixar a atividade, caso a densidade nos aviários passe de 10 para 17 aves/m<sup>2</sup> quando da implantação efetiva da climatização.

Atualmente, o tamanho médio dos galpões no Oeste de Santa Catarina é de, aproximadamente, 800 metros quadrados (Tabela 13), e a distância média dos galpões à planta industrial, cerca de 35 quilômetros.

**TABELA 13 - Tamanho médio dos galpões para frangos de algumas agroindústrias no Oeste de Santa Catarina, 1996**

Tamanho	Nº de aviários	%
1.200 m <sup>2</sup>	1.750	30,74
900 m <sup>2</sup>	47	0,80
600 m <sup>2</sup>	3.672	64,51
300 m <sup>2</sup>	135	2,37
Outros	88	1,54
Total	5.692	100,00
Galpões climatizados necessários 17 aves/m <sup>2</sup>	3.980	70%
Galpões climatizados necessários 20 aves/m <sup>2</sup>	2.846	50%

Fonte: Pesquisa de campo.

#### 4. Conclusões

Na cadeia de frangos de corte, a introdução de novas tecnologias de manejo e ambiente na produção do frango vivo são fontes de sustentabilidade para toda a cadeia. Essas tecnologias, além de serem poupadoras de mão-de-obra, requerem melhor qualificação dos produtores e maior volume de capital para a sua implantação.

Os investimentos em aviários, em geral, apresentam baixo risco e baixa remuneração e, por isso, são investimentos de longo-prazo. Produtores que obtiverem bons coeficientes técnicos, mesmo com sistemas manuais, serão bem remunerados, porém, aqueles que apresentarem escassez de mão-de-obra, ou regiões onde sua remuneração é alta, ganharão com a adoção de sistemas mais tecnificados.

A implantação de sistemas tecnificados, a exemplo de outros países, como nos Estados Unidos e na Europa, é gradual e irreversível, porém, a velocidade com que o sistema será adotado depende do tipo de mercado atendido pelas agroindústrias e da relação benefício/custo para a agroindústria e para os produtores rurais.

Por fim, a sustentabilidade da cadeia avícola requer que todos os agentes envolvidos convivam com um constante redirecionamento dos seus rumos.

Dessa forma, fontes de vantagens competitivas de ordem inferior como baixo custo da mão-de-obra e de matéria-prima, devem ser suplantadas por fontes de vantagens de ordem superior, como àquelas baseadas em diferenciação dos produtos e serviços e em novas tecnologias de processos e de produtos.

## 5. Referências bibliográficas

- BENÍCIO, L. A. S. **Estudo da influência de linhagens e de níveis nutricionais sobre o desempenho, rendimento de carcaça e avaliação econômica em frangos de corte.** Viçosa: UFV, 1995. 159 p. dissertação Mestrado.
- BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos.** Rio de Janeiro: Campus, 1984. 266p.
- CANEVER, M. D.; TALAMINI, D. J. D.; CAMPOS, A. C.; SANTOS FILHO, J. I.; GOMES, M. F. M. **Custos de produção do frango de corte no Brasil e Argentina.** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1996. 37 p. ( EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 39).
- CANEVER, M. D., CHIUCHETTA, SANTOS FILHO, J. I., TALAMINI, D.J. D. **Mudanças Tecnológicas na Avicultura do Oeste Catarinense.** Revista de Economia Política, 1998, Ministério da Agricultura, Brasília-DF.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, Rio de Janeiro. **Custo Brasil.** Rio de Janeiro: 1996. 30 p.
- CUNNINGHAM, D. L. **Returns, cash flow to broiler growers: a 15 years analysis.** Poultry Digest, Janeiro 1997, pp. 36-40.
- FRANCO, J. L. K.; FRUHAUF, M. E. V.; MANFIO, L. **Efeitos econômicos obtidos com o gerenciamento do ambiente na avicultura.** Conferência Apinco 98. Campinas, S.P., maio 1998, pp.259-266.
- KOELKEBECK, K. W. **Ambiente controlado - tipos e aspectos econômicos.** **Simpósio Internacional Ambiente e Instalação na Avicultura Industrial.** Campinas, São Paulo, 1995. Pp. 145-154
- LACY, M. P. e CZARICK, M. **Tunnel-ventilated broiler houses: broiler performance and operating costs.** J. Appl. Poultry Res. 1:104-109.
- LACY, M. P. 1997. **Densidade de Pollos de Engorde.** Indústria Avícola. Setembro 97.



## Anexos

**Tabela 14 - Custos de produção do frango vivo posto na plataforma de abate para os sistemas manual, automático e climatizado, 1998**

	Manual	Automático	Climatizado
Depreciação - instalações	4,96	4,33	2,86
Depreciação - equipamentos	7,71	13,22	16,57
Remuneração do capital	8,02	9,67	8,82
Manutenção e reparos	2,43	3,01	2,80
Seguro	0,43	0,53	0,49
Cama	9,70	9,07	7,95
Pintos	138,50	129,94	136,74
Ração	420,35	408,77	410,10
Aquecimento	7,64	12,55	11,79
Energia Elétrica	0,86	2,81	9,83
Desinfetantes	2,06	1,80	1,19
Inseticidas	0,03	0,03	0,02
Raticidas	0,21	0,18	0,12
Mão de Obra	22,26	15,37	10,42
Transportes			
Funrural	1,68	1,71	1,88
Receita com a cama	9,70	9,07	7,95
<b>Custo total/Kg</b>	<b>649,79</b>	<b>632,45</b>	<b>644,35</b>

Fonte: Cálculo efetuado pelos autores.

**Tabela 15 - Participação percentual das diversas partes em duas linhagens de frango de corte**

Itens	Ave A	Ave B
Penas e Sangue	9,40%	9,63%
Pés	4,44%	4,08%
Cabeça e Pescoço	6,04%	5,87%
Dorso	17,20%	16,82%
Asa	8,49%	8,24%
Peito	19,88%	20,97%
Coxa + Perna	22,67%	22,57%
Vísceras Comestíveis	3,88%	3,69%
Gordura Abdominal	2,82%	3,21%
Vísceras não comestíveis	5,18%	4,92%
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Benício, 1995 adaptado pelos dos autores.

## GERENCIAMENTO DO AMBIENTE NA AVICULTURA

*José Luís Kieling Franco*  
*Moacir Eloi Von Fruhauf*  
*Edemilson Pereira*  
*Armando Zamberlan*

Frangosul S/A, RS.

**GERENCIAR:** gerir, administrar, regular (Dic. Escolar da Língua Portuguesa-MEC).

**AMBIENTE:** aquilo que cerca ou envolve os seres vivos (Dic. Aurélio).

Então, quando estivermos GERENCIANDO O AMBIENTE, estaremos administrando ou regulando aquilo que envolve os seres vivos (aves). Conceito esse, bem mais amplo que apenas regular temperatura ou umidade.

Considerando que "todos os seres animados ou inanimados fazem parte de um só corpo - a Terra - e todos os seus atos se inter-afetam" (Teoria Gaia), avaliar do ponto de vista ECONÔMICO tais inter-relações dentro do espaço restrito de um aviário passa a ser tarefa complicada.

Gerenciar um ambiente vai exigir que o Técnico-gerente decida com que intensidade vai querer influir naquele meio. É notório que quanto maior for a sua interferência tanto maior será seu custo. É importantíssimo que antes de mais nada se definam as prioridades para que os gastos sejam na exata medida do problema que estamos enfrentando.

Quanto maior for o conforto dado às aves, maior será sua resposta para nós, ainda que isso não tenha que custar mais. É uma questão de definir se queremos ter um hotel da mais alta categoria para as aves ou se queremos que o ambiente das aves seja tão confortável como em um hotel.

As decisões gerenciais não podem se pautar apenas em resultados de produtividade. A verdadeira razão de se buscar cada vez maior produtividade é a busca por um **menor custo de produção**.

O kg do frango em uma integração é composto basicamente assim:

<b>20% PINTO</b>
<b>65% RAÇÃO</b>
<b>15% OUTROS</b>
MEDICAÇÕES 0,6%
REMUNERAÇÃO INTEGRADOS 8,6%
DESPESAS COM FOMENTO 1,1%
FRETE RAÇÃO 2,6%
FRETE FRANGOS 1,9%
FUNRURAL 0,2%

Durante o ano de 1997 o custo do frango comportou-se da seguinte forma (Fig. 1):

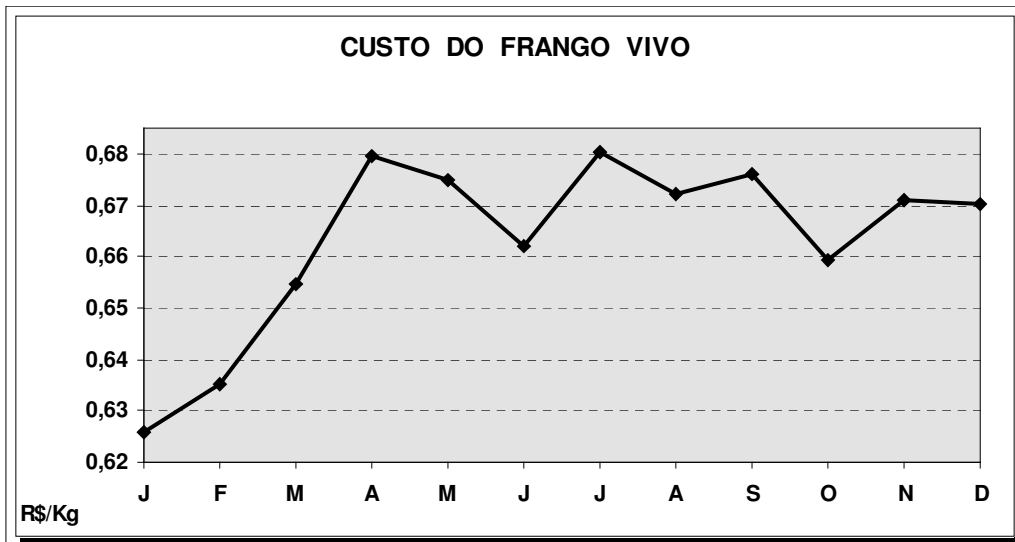


FIGURA 1 - Custo do kg de frango vivo.

Não se observa comportamento sazonal e muito menos relação com os índices de produtividade (Fig. 2).

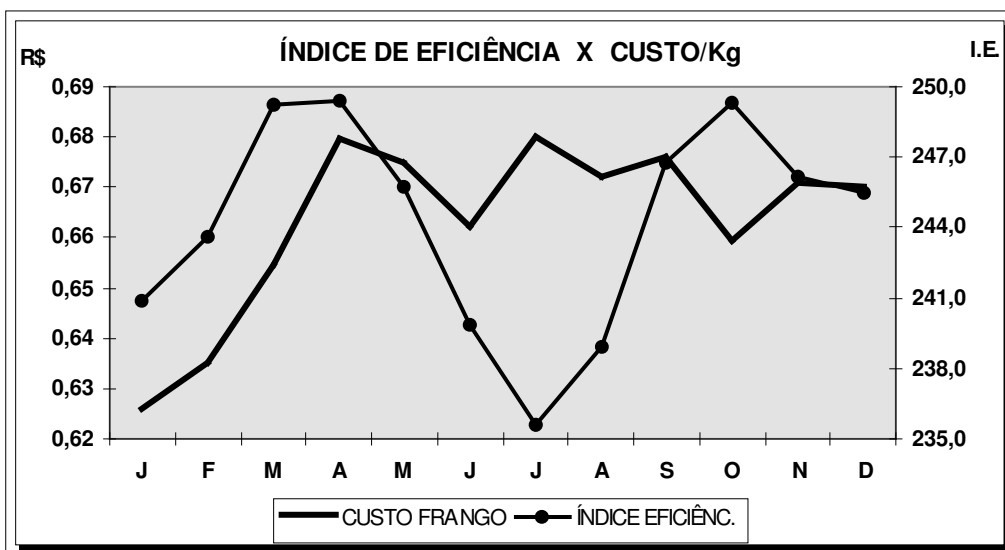
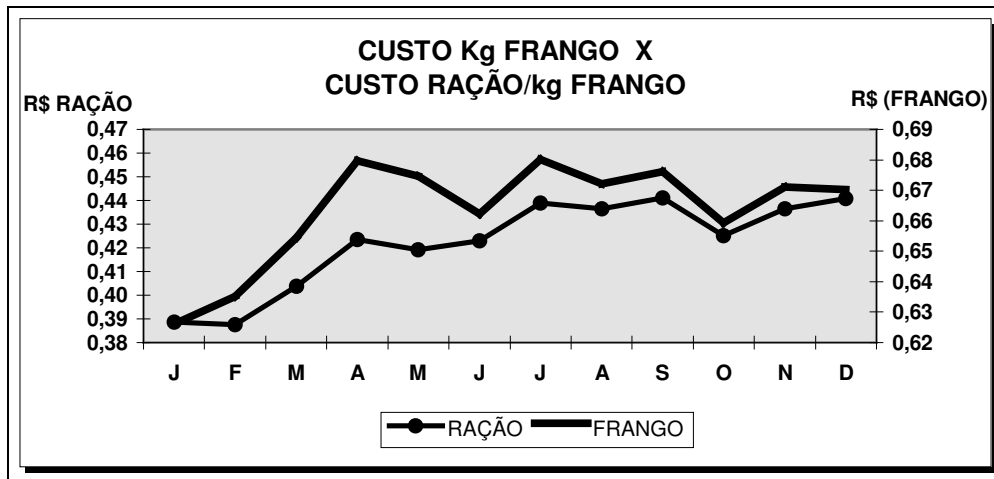


FIGURA 2 - I.E. Mensal X Custo kg frango vivo.

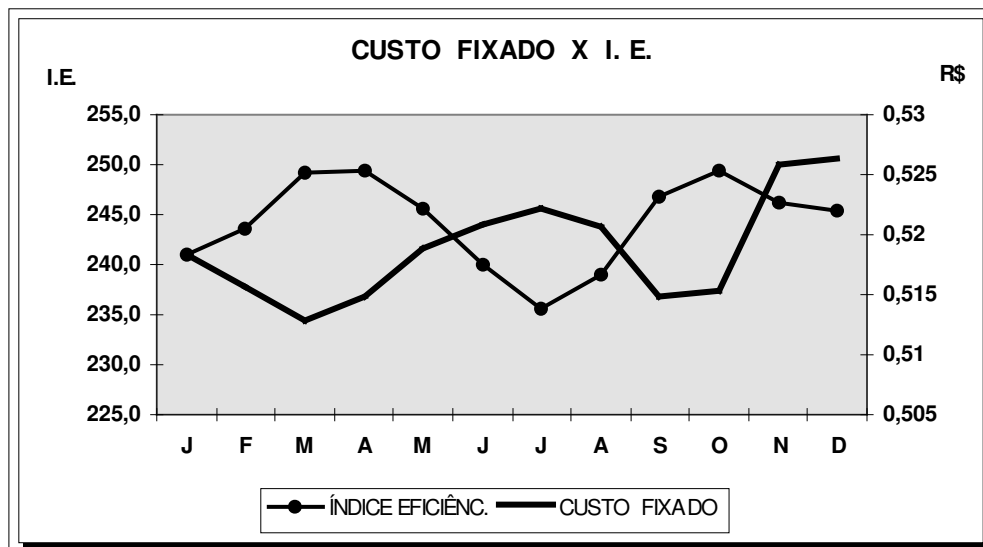
Analisando a composição do custo do kg de frango, observamos que o custo da ração participa com 60% na formação desse custo, sendo esta a razão de sua estreita correlação (Fig. 3).



**FIGURA 3 – Custo kg frango X Custo da ração/ kg de frango.**

Convém lembrar que 1997 foi um ano de grandes altas nos preços do milho e soja, o que teve impacto no custo de produção muito acima do que a produtividade poderia neutralizar.

Para verificar o grau de influência da produtividade no custo de produção do frango vamos hipoteticamente neutralizar a influência da ração fixando seu preço no valor médio de janeiro de 1997.



**FIGURA 4 - Custo do kg do frango "FIXADO" X I.E.**

Observou-se aí (Fig. 4) o forte grau de interferência que a produtividade do frango tem sobre seu custo.

São grandes as discordâncias a respeito da temperatura ideal e de sua amplitude para as diferentes classes e tipos de aves. Isso devido aos muitos fatores que afetam a reação da ave às mudanças de temperatura. Umidade relativa do ar (U.R.A.), velocidade do vento e prévia alimentação da ave, estão entre os mais importantes.

A área de boa performance encontra-se entre os 10°C e os 27°C (MANSON e MORRIS, 1987). A maior taxa de crescimento ocorre entre 10 e 22°C, enquanto a melhor taxa de conversão alimentar está perto dos 27°C (KAMPEN, 1984). Portanto o que é ideal para a taxa de Crescimento não é ideal para a Conversão Alimentar e o que é ideal para a Conversão Alimentar (C.A.) não é ideal para o peso do ovo. A amplitude ideal é principalmente dependente do valor relativo de mercado dos produtos produzidos em proporção ao custo do alimento (DAGHIR, 1996).

É importante não relacionarmos o estresse calórico apenas com o excesso de calor no ambiente externo à ave, mas também às condições de baixas temperaturas. Além disso, o termo estresse não deve estar associado apenas a situações extremas de termorregulação, mas sempre que os processos de termorregulação tiverem efeito sobre as taxas de produção.

As variações de temperatura provocarão alterações no consumo de alimento que variarão de 1,1% a 1,7% para cada 1°C, segundo vários autores (PAGNE, 1967; DARRIS et al., 1973; EMMANS, 1974; AUSTIC, 1985), sendo que o NRC - 1981 a caracterizou como de 1,5% para cada 1°C, considerando a temperatura ideal de 20 a 21°C. Mesmo sabendo que essa relação não é linear, mas curvilínea (MARDSEN e MORRIS, 1987) o principal fator que regula o consumo das aves é sua exigência energética. Assim, quando a temperatura ambiental se aproxima da temperatura da ave, a dissipação do calor se reduz, e com ela, a exigência energética. Nestas condições, ao satisfazer as exigências energéticas, a ave pode não consumir nutrientes em quantidade suficiente, conseqüentemente existe queda na produção de ovos e no ganho de peso.

A reposta e/ou resistência das linhagens é diferente aos desafios de frio ou calor. MOUCHREK et alii (1989) comparando o desempenho de 4 linhagens de frangos de corte, encontrou diferenças na performance, demonstrando que a eficiência alimentar de duas linhagens foi melhor em época fria, enquanto de outra foi melhor no período quente.

A capacidade da ave adulta reagir ao frio é maior que para o calor, tanto que o limite inferior da zona de conforto está em torno de 25°C abaixo da temperatura corporal, enquanto apenas 5°C acima da temperatura corporal (42°C p/ 47°C) será letal para a mesma.

Controlar as condições de micro-clima em aviário é minimizar os efeitos da temperatura externa para as aves. FABRÍCIO (1994) demonstrou no sul do Brasil que lotes de aves expostos a temperaturas máximas médias acima de 28°C tiveram o Peso Médio reduzido em 4,5% e a Conversão Alimentar piorada em 3% quando comparados com aves onde a temperatura máxima média foi de 26°C (dentro da zona de termoneutralidade). Quando a temperatura máxima média baixou para 22°C essa diferença aumentou para 8% no Peso Médio, mas manteve-se no mesmo patamar de 3% para a Conversão Alimentar. Efeitos similares ALOURI, KOLBIESZEWSKI, e ROKICK (1996) encontraram quando controlaram as condições de micro-clima em aviários da Polônia e Argélia durante o verão, promovendo melhoria no Ganho de Peso de 7% e 11% e na Conversão Alimentar de 1,9% e 2,4%, respectivamente. A mortalidade declinou de 3,9% para 2,4% na Polônia e de 10,9% para 4,8% na Argélia.

Quanto mais próxima do clima ideal estiver a solução escolhida para controlar o ambiente mais caro será o sistema, porque limitará toda solução ao ambiente interno. A solução ideal está na associação de sistemas, no seu manejo adequado e no controle rigoroso do funcionamento desses.

Quando analisamos as médias dos ÍNDICES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA - obtidos pela fórmula  $I.E. = ((Viabilidade \times \text{Peso Médio}) / (\text{Conversão} \times \text{Idade})) \times 100$  - observamos um comportamento sazonal com forte relação com a estação do ano (Fig. 5).

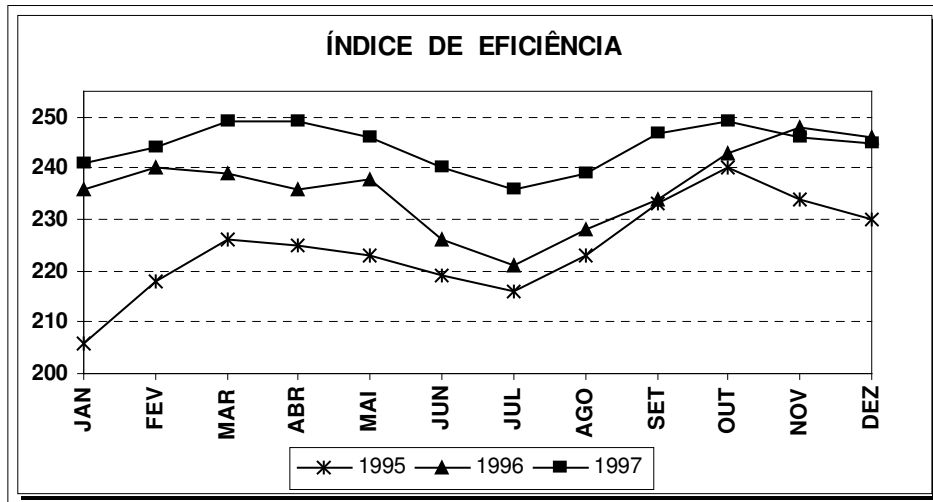


FIGURA 5 - Índice de eficiência mensal.

Se desmembramos tal índice veremos que Mortalidade ( $\text{Viabilidade} = 100 - \text{Mortalidade}$ ) e Conversão Alimentar sofrem a mesma influência sazonal (Figs. 6 e 7).

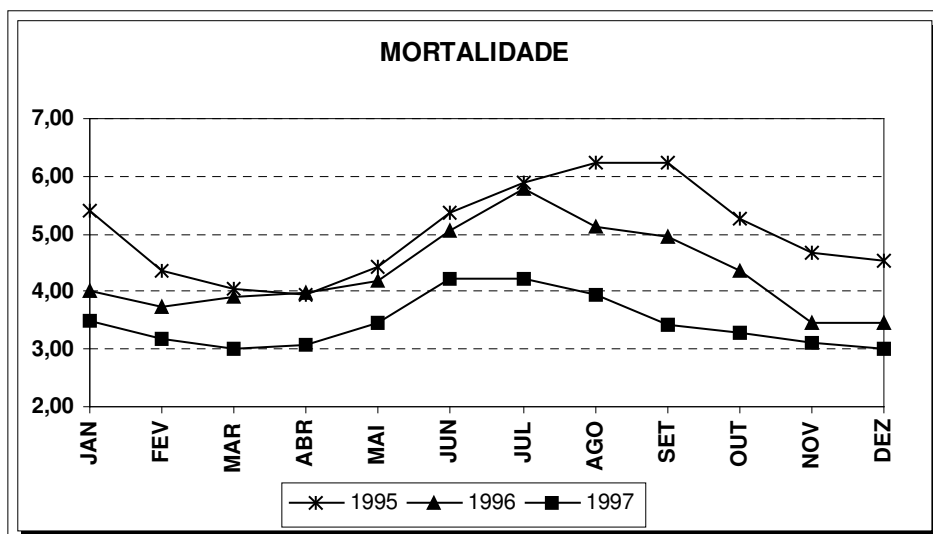


FIGURA 6 - % de mortalidade.

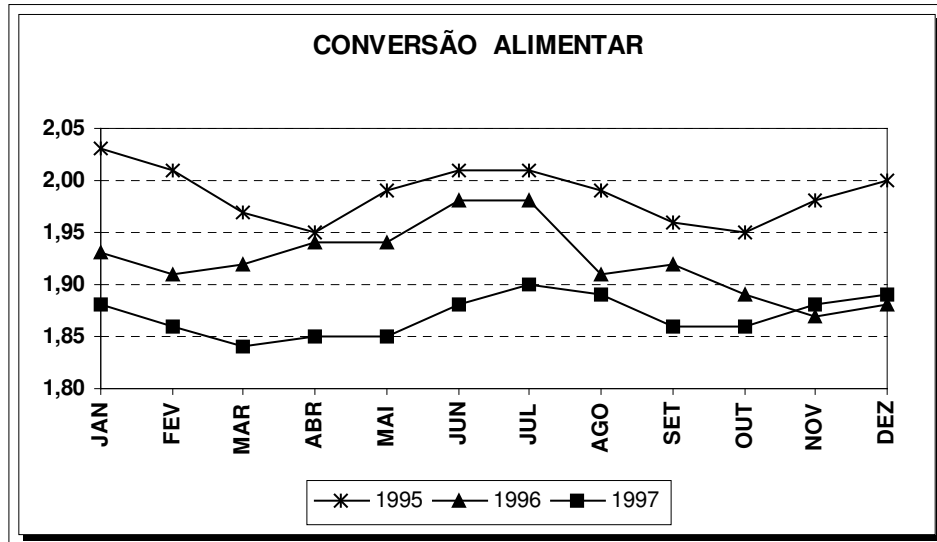


FIGURA 7 - Conversão alimentar mensal.

Essa correlação será mais intensa se relacionarmos as médias de temperaturas mensais aos mesmos índices de produtividade (Figs. 8A, 8B, 9A e 9B).

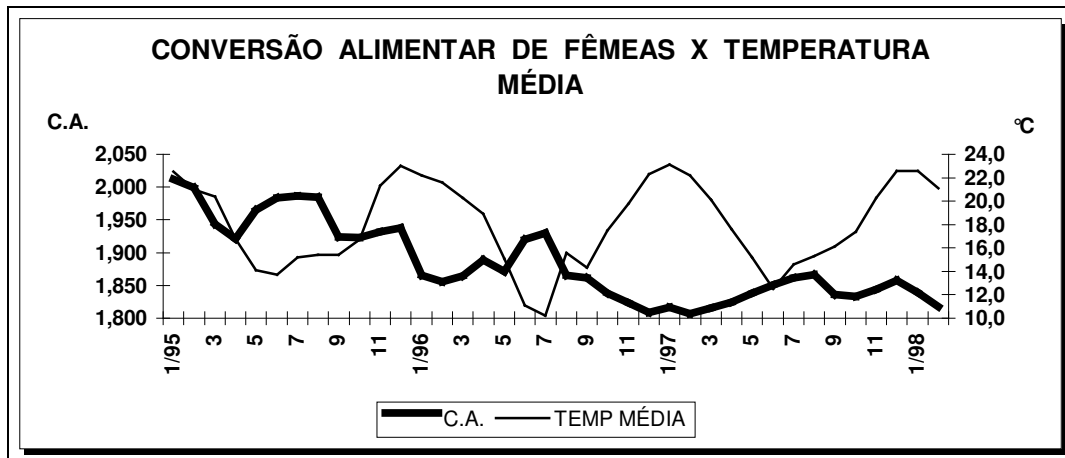


FIGURA 8A - C.A. de fêmeas X Temperatura média.

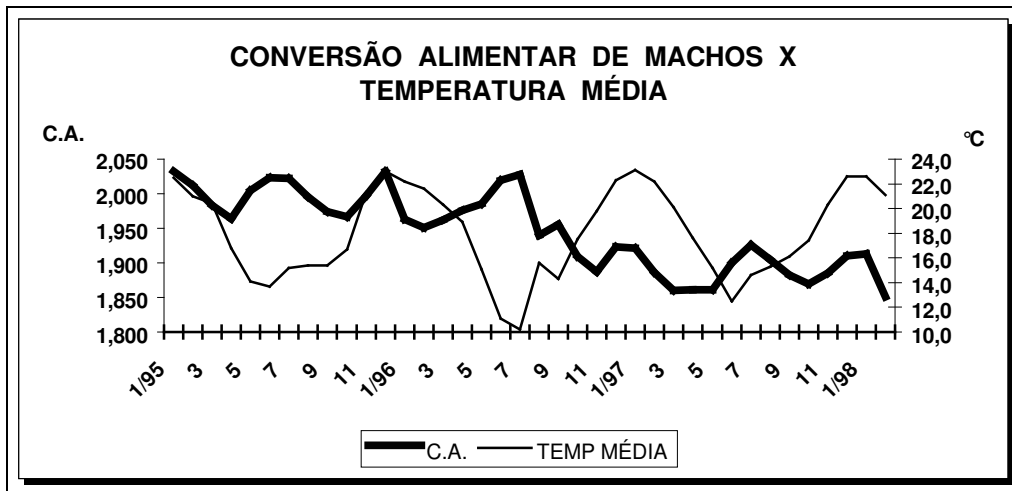


FIGURA. 8B - C.A. de machos X Temperatura média.

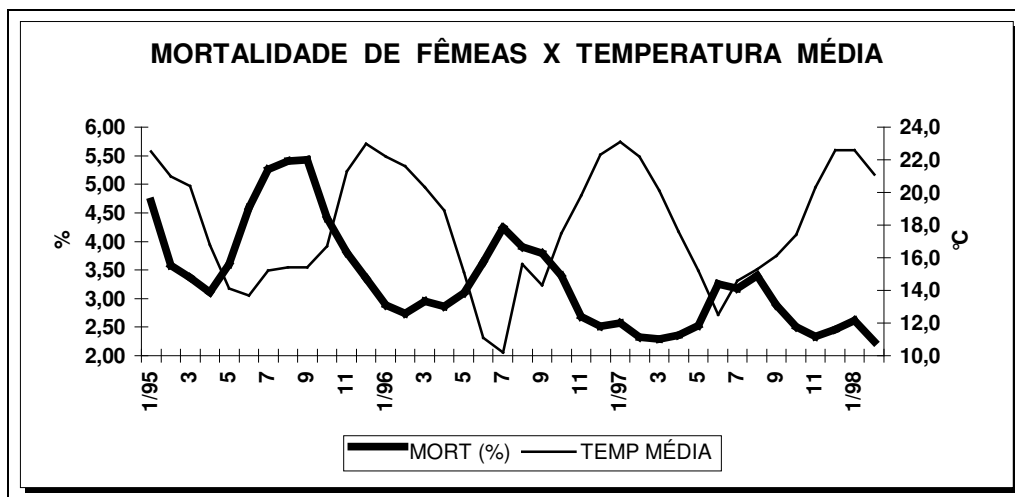


FIGURA 9A - Mortalidade de fêmeas X Temperatura média.

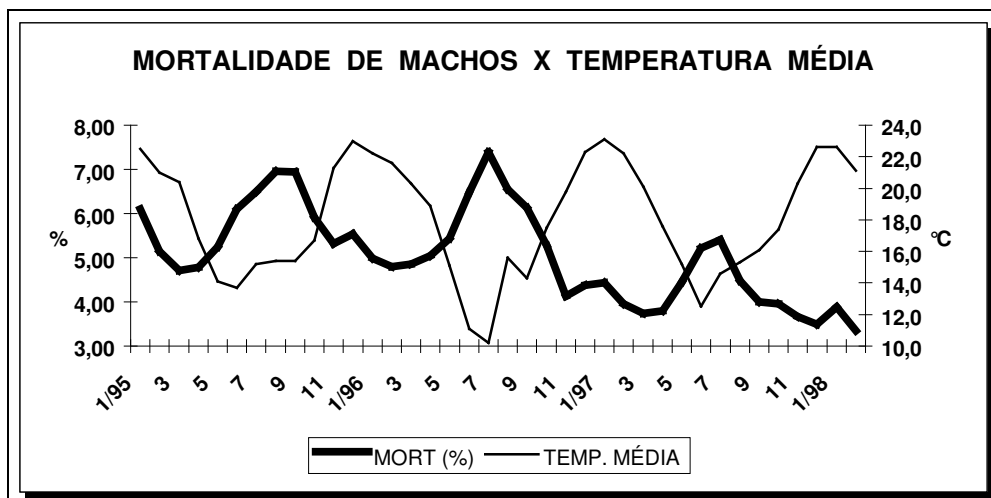


FIGURA 9B - Mortalidade de machos X Temperatura média.



Ao analisarmos estes gráficos (Figuras 8A, 8B, 9A e 9B) creio não restarem dúvidas de que GERENCIAR O AMBIENTE é fundamental, se quisermos, um dia, atingir o pleno potencial genético das linhagens.

Entretanto, ainda temos dificuldade de atingir o pleno potencial das linhagens, como pode ser ilustrado pela Fig. 10, onde a linha representa os pesos corporais indicados pela linhagem e obtidos em granja experimental como 100% e as colunas, os pesos atingidos a campo, expressos em percentual desses pesos-alvo.

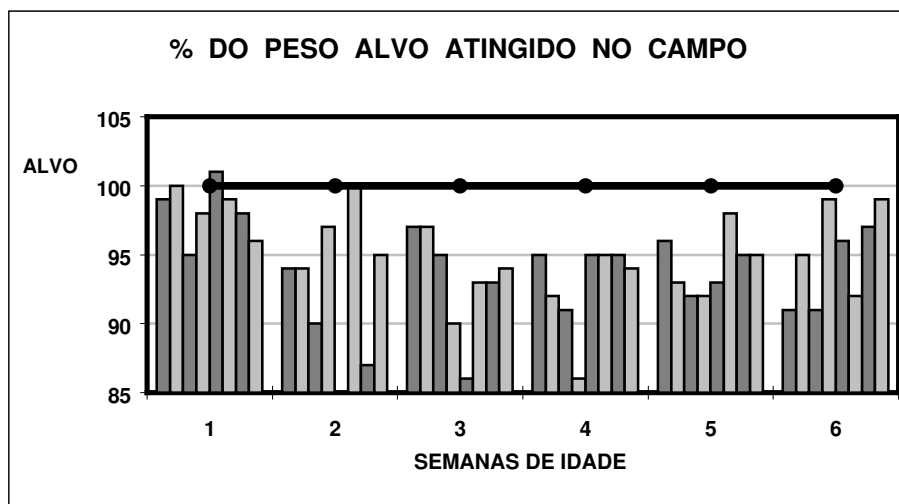


FIGURA 10 - % do peso alvo atingido no campo.

Uma ave de 2,3 kg de peso vivo tem a capacidade de produzir (à temperatura ambiente de 21°C) 19,8 BTU/h/kg de peso. Então 15.000 frangos de 2,3 kg produzirão por hora 683.100 BTU ou 172.152 kcal (1 kcal = 3968 BTU). Esta quantidade de calor, apenas produzida pelos frangos, equivale a mais de 68 aparelhos de ar condicionado de 10.000 BTU. Evidente que esta não é a solução de menor custo para o problema, mas dá uma noção de quão onerosos poderão ficar nossos sistemas se fizermos a opção errada.

A adoção de um aviário totalmente climatizado está longe de ser a panacéia que resolverá todos nossos males. Temos encontrado uma inquietante oscilação nos resultados encontrados nas granjas climatizadas (Fig. 11).

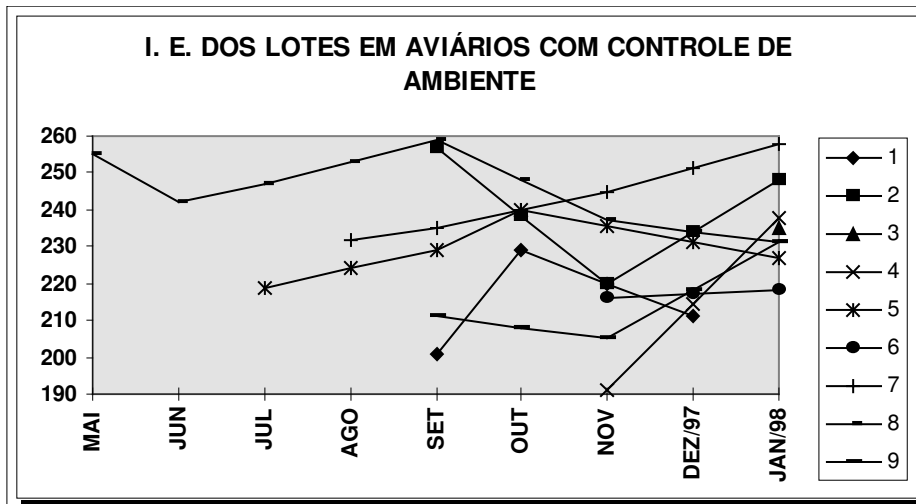


FIGURA 11- I.E. em aviários com controle de ambiente.

Essa oscilação de resultados deve-se menos ao equipamento em si e mais a aspectos ligados à infra-estrutura das granjas e à qualidade da mão-de-obra das mesmas. Seguidamente nos deparamos com tratadores semi-analfabetos tomando conta de sistemas computadorizados sobre o qual nada entendem e que por isso têm um grande temor de usá-los. Associe-se a isso a precariedade da distribuição de energia na zona rural do país e teremos suficientes motivos para sistemas extremamente bem concebidos não funcionarem.

Apesar da oscilação verificada, há uma tendência de melhor produtividade nos aviários com ambiente controlado (Figs. 12, 13, 14 e 15).

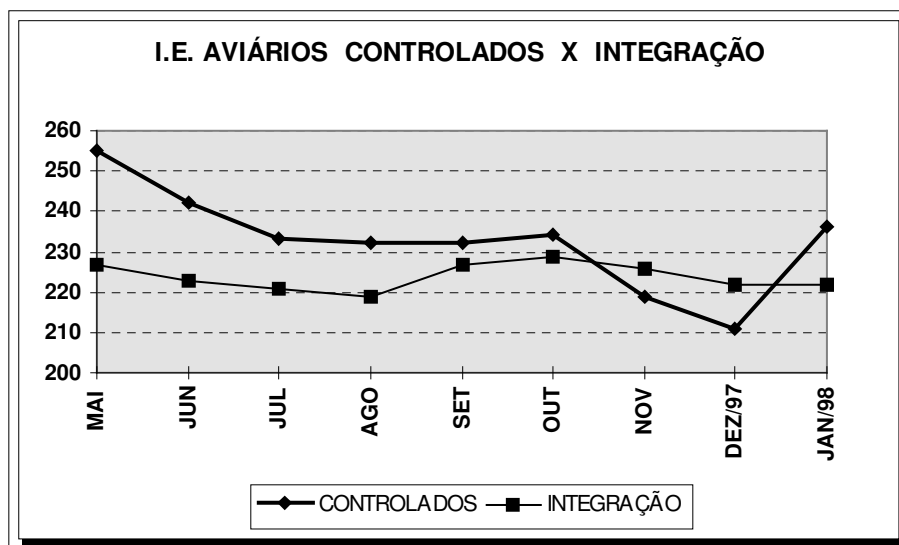


FIGURA 12- I. E. Médio nos aviários com controle de ambiente X Integração.

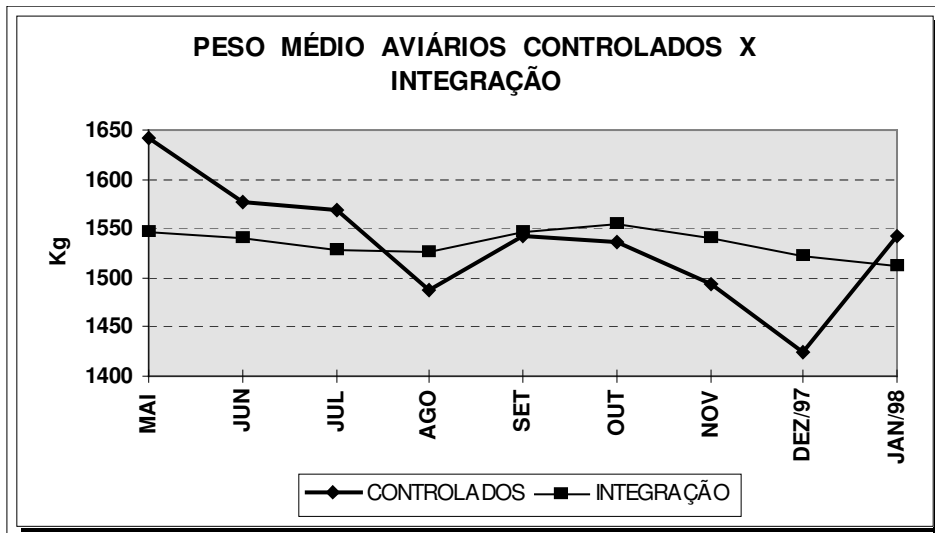


FIGURA 13 - Peso médio nos aviários com controle de ambiente x Integração.

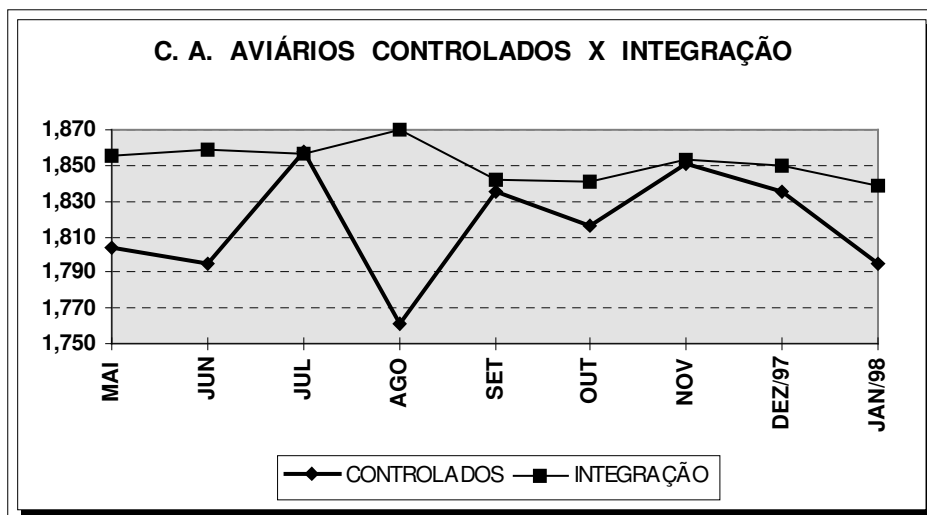


FIGURA 14 - C. A. nos aviários com controle de ambiente X Integração.

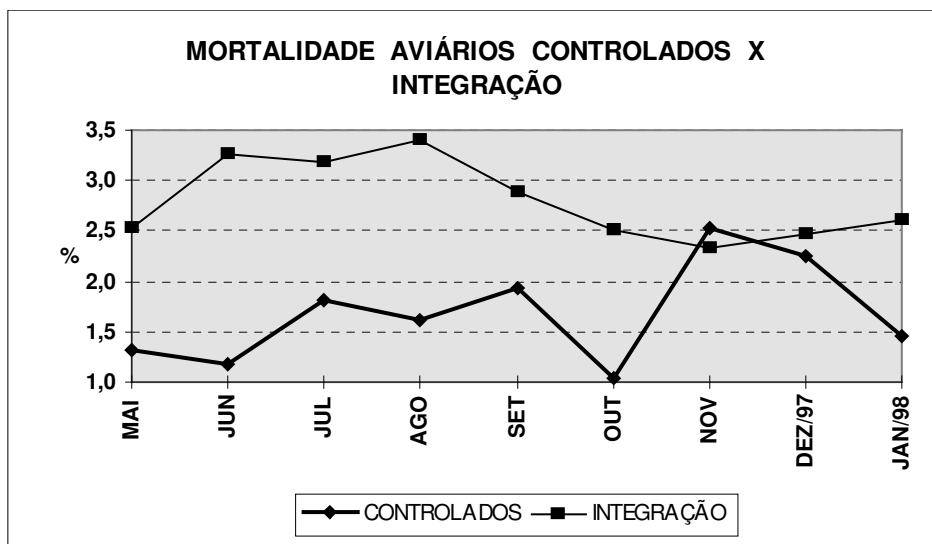


FIGURA 15 - Mortalidade nos aviários com controle de ambiente X Integração.

Esta vantagem para os aviários climatizados nos dá um diferencial no custo de produção dos frangos (Fig. 16).

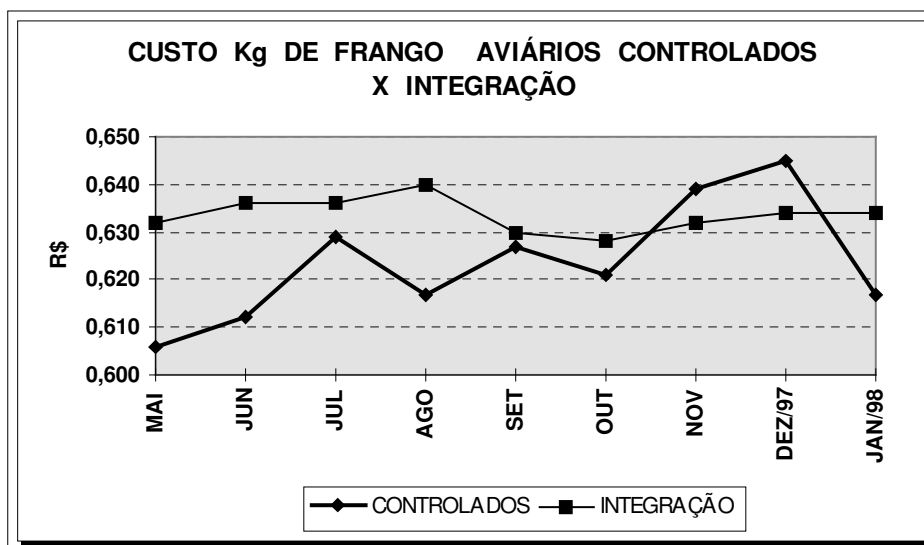


FIGURA 16 - Custo do kg de frango em aviários com controle de ambiente X Integração.

O custo médio do kg de frango produzido em aviários climatizados foi de R\$ 0,624 contra R\$ 0,634 do custo da Integração. O que nos dá uma diferença pró-aviários climatizados de R\$ 0,01/kg de frango. Esta diferença encontrada na Integração certamente aumentará quando os Integrados dominarem melhor a tecnologia e os problemas de infra-estrutura forem minimizados.

Quanto maiores forem as situações de estresse calórico, maior será o diferencial obtido.

### ***Gerenciamento do ambiente***

Gerenciar o ambiente é mais que controlar as variações de temperatura ou umidade:

O gerenciamento do ambiente se inicia na definição de prioridades, com a exata identificação dos problemas, passa pela verificação das diferentes tecnologias e na escolha da que melhor se adapta e culmina na verificação da viabilidade de tal tecnologia no cenário onde será aplicada.

- 1. Qual o problema?**
  - frio?
  - calor?
  - patologias?
- 2. Quais as possíveis soluções?**
  - Instituto de Pesquisa
  - Fabricantes
- 3. Teste de soluções:**
  - coleta de dados
  - Instituto de Pesquisa
  - Fabricantes
- 4. Tem viabilidade econômica?**
- 5. Implantação.**

De forma didática podemos estabelecer o Gerenciamento de Ambiente conforme o objetivo:

- Para clima frio;
- Para controle de Patologias:
- Problemas respiratórios;
- Síndrome Ascítico;
- Para controle total do ambiente.

Obs.: Todos os modelos experimentais testados frente a custos têm como base os valores:

PINTO: R\$ 0,31  
RAÇÃO: R\$ 0,23

## **1. Gerenciamento do ambiente em clima frio**

É sabido que à primeira semana os pintos têm dificuldade de regular sua temperatura, assim para obter um bom rendimento a partir de um lote de pintos, é necessário que a sua "arrancada" seja da melhor forma. Segundo Bakker (1996) deve-se conseguir o máximo de crescimento possível durante os 7 primeiros dias de vida. O crescimento compensatório não chega a neutralizar a diferença por completa até os 49 dias (Fig. 17).

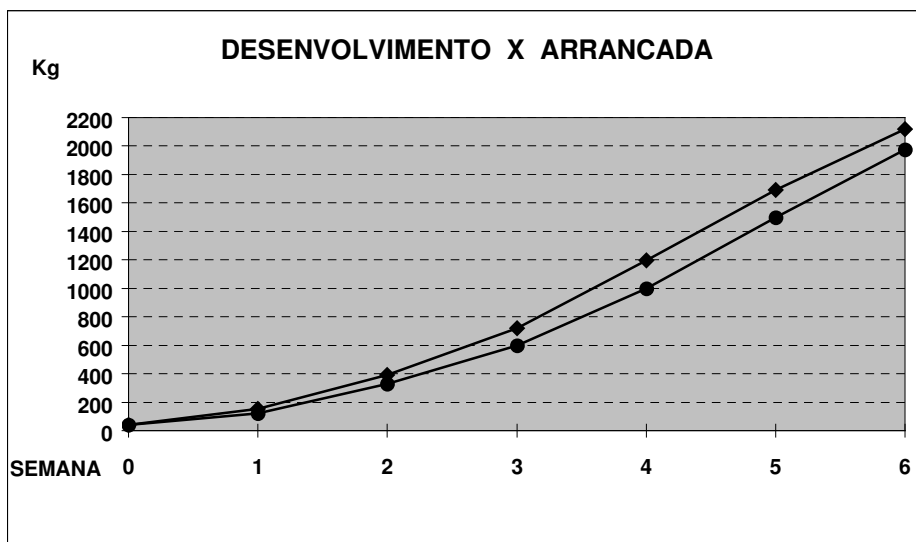


FIGURA 17- Curva de desenvolvimento segundo a arrancada inicial.

Semana	mod.1	mod.2
0	40	40
1	155	120
2	390	330
3	720	600
4	1195	1000
5	1690	1500
6	2120	1975

O objetivo nos primeiros 7 a 14 dias de idade deverá ser de QUADRUPPLICAR o peso dos pintos (ex.: de 40g para 160g), ter mortalidade abaixo de 1% na primeira semana e ter boa uniformidade, mesmo com pintos pequenos de 36 g.

Um melhor controle da variação de temperatura durante as 24 horas do dia resultará em um melhor crescimento inicial do peso corporal e uma melhora da Conversão Alimentar de até 8 pontos (2,00 para 1,92). Controlar o meio ambiente ao redor dos pintos tem sido um investimento que reduz substancialmente o custo do frango vivo.

Supondo-se que os pintos que alojamos têm bom status sanitário, os maiores problemas serão as:

**Síndrome de Frio:** o pinto recebe aquecimento deficiente por mau funcionamento e/ou dimensionamento do equipamento ou por deficiência nas instalações do aviário.

**Síndrome de Calor:** o pinto recebe aquecimento em demasia por "excesso de zelo", má ventilação e/ou más instalações.

Analisando **Economicamente** a variação citada (Fig. 17) teremos a seguinte diferença no custo de produção, considerando o seguinte desempenho Zootécnico:

<b>Modelo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Nº Pintos alojados *	12.000	12.000
Mortalidade 1ª semana (%)	0,8	1,2
Mortalidade total (%)	4,00	7,00
Peso médio 42 dias (Kg)	2,120	1,975
Conversão alimentar	1,92	2,00
Nº Frangos abatidos	11.520	11.160
Total Kg abatidos	24.422	22.041
Total ração consumida (Kg)	46.891	44.082

\* Será usado o nº de 12.000 pintos para uniformizar os dados e facilitar o entendimento.

<b>Custo R\$</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Pintos (0,31)	3.720,00	3.720,00
Ração (0,23)	10.784,93	10.138,86
Total (R\$)	14.504,93	13.858,86

Custo/Kg (R\$)	0,594	0,629
----------------	-------	-------

- DIFERENÇA PRÓ-MODELO 1: **R\$ 0,035 / kg**  
**R\$ 854,77 / lote**

- CUSTO ADICIONAL PARA IMPLANTAÇÃO DO PINTEIRO:

1m<sup>2</sup> de cortina para implantação de pinteiro: R\$ 0,70  
936 m<sup>2</sup> x 0,70 = R\$ 655,20.

- INVESTIMENTO RETORNA EM 1 LOTE.

- Acrescente-se a economia de 50% em gás (1 botijão P13 = R\$ 10,00)  
3 cargas = (3 x 12 x R\$ 10,00) = R\$ 360,00  
para 1 carga e meia = (1,5 x 12 x R\$ 10,00) = R\$ 180,00  
ECONOMIA ADICIONAL DE R\$ 180,00.

## 2. Gerenciamento do ambiente para o controle de patologias

Outro efeito adicional do correto manejo do ambiente é a menor incidência de doenças. Neste item destacam-se as doenças respiratórias e a síndrome ascítica.

## 2.1. Problemas respiratórios

Gerenciar o ambiente consistirá em administrar vários fatores além da temperatura e umidade. A qualidade do ar é outro fator importante nas condições ambientais onde o frango é criado, considerando que as aves não poderão se deslocar em busca de melhores condições. Dentre os fatores que interferem na qualidade do ar que as aves respiram afetando seu status sanitário e, por conseguinte, a produtividade, está a **Amônia**.

Ácido úrico e proteínas não digeridas, são os 2 principais componentes nitrogenados das fezes, representando 70% a 30% do total do Nitrogênio. O principal mecanismo de formação da amônia ocorre através da decomposição microbiana do ácido úrico. A produção de amônia no esterco pastoso das aves é de 83 g/ave/ano, o que corresponderia em um galpão de 10.000 aves a 830 kg de amônia por ano.

A amônia é um gás incolor e irritante de mucosas:

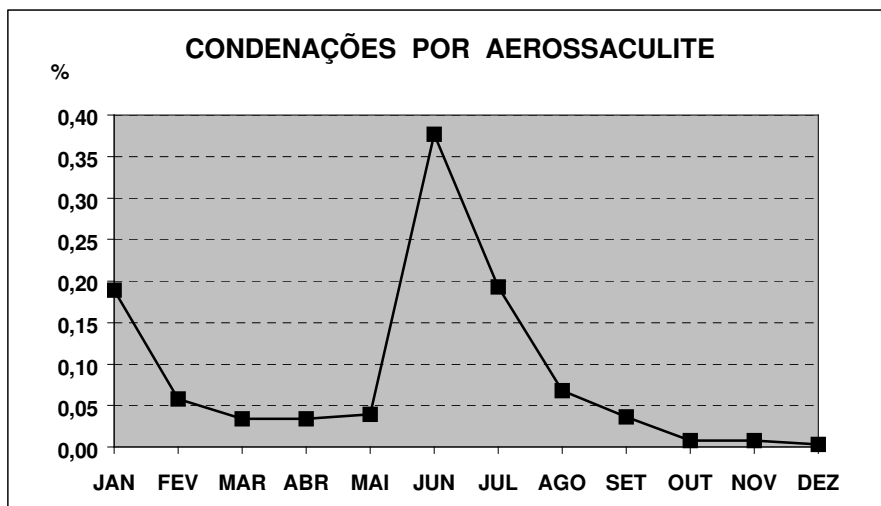
- 20 ppm: contínuo no ar das aves queratoconjuntivite e redução no fluxo de muco e ação das células ciliares da traquéia.
- 25 ppm: detectável pelo homem.
- 60 a 70 ppm: predisõem a doenças respiratórias, aumentam os riscos de infecção secundária e aumentam as reações respiratórias às vacinas.
- 100 ppm: reduz a taxa e a profundidade da respiração as quais são atribuídas ao desequilíbrio ácido-base, reduzindo a frequência respiratória influenciando a taxa de evaporação comprometendo a perda de calor da ave.

Os efeitos indesejáveis da amônia associados à presença de agentes patogênicos como vírus (Bronquite Infecciosa, Doença de New Castle, ...), micoplasmas (Mg, Ms) ou bactérias (E.coli) potencializarão as perdas na granja e no produto final.

As quedas no ganho de peso, piora na Conversão Alimentar e aumento da mortalidade são bem conhecidos por todos. Abordando apenas o enfoque **Condenação de Carcaças** podemos verificar seu efeito econômico no índice de condenações por aerossaculite.

Situemos na produção de um frigorífico que apresenta o seguinte perfil de condenações por aerossaculite (Fig. 18).





**FIGURA 18 - % kg frango condenados por aerossaculite.**

Observe-se a relação do índice de condenação com a época de temperaturas extremas.

Tomando-se por base esses dados (Fig. 18) observaremos que a condenação média por aerossaculite excetuando-se os meses de inverno, foi de 0,04%, mas que só no mês de junho (inverno) saltou para o patamar de 0,36%. Considerando que o abate naquele mês, naquele frigorífico foi de 6.000.114 kg de aves teremos o seguinte quadro:

Kgs Abatidos	Condenação Aerossaculite	Kgs Condenados	Perda R\$ (1kg = R\$ 1,10)
6.000.114 Kg	0,36%	21.600	23.760,00
6.000.114 Kg	0,04%	2.400	2.640,00

Este problema pressupõe uma perda de faturamento de R\$ 21.120,00 em um mês, ou R\$ 0,004/kg produzido.

Um bom controle ambiental promoverá drástica redução nessas perdas, que associado às conseqüentes melhoras de performance produtiva permitem-nos assegurar que a uma integração é economicamente viável investir (ou financiar aos integrados) em melhorias ambientais para o período de inverno.

## 2.2. Síndrome ascítica

Outra Patologia intimamente ligada às condições do aviário é a Síndrome Ascítica. A alta taxa de crescimento da ave torna-a extremamente exigente para as condições de qualidade do ar e de temperatura.

MACARI e GONZALES (1990) citam que o aumento das taxas de Ascite e Síndrome de Morte Súbita estão mais relacionadas com as variações de temperatura do que com a falta de ventilação. Frangos mantidos na faixa de 21°C a 22°C em comparação com outros mantidos na faixa 17°C a 35°C, tiveram índices de produtividade melhores, o que foi associado à menor incidência de doenças respiratórias e Síndrome Ascítica.

É sabido que para essa síndrome existe um forte componente de predisposição genética e que vários artifícios medicamentosos, nutricionais e de manejo da alimentação são também empregados com relativo sucesso. Entretanto a verdadeira causa que é o desequilíbrio entre as funções do aparelho cardio-respiratório e as necessidades metabólicas do animal, só pode ser eliminada com um correto controle do ambiente.

Para verificar o impacto econômico de tal síndrome foi realizado levantamento no mês de julho/96 onde encontrou-se nas aves com ascite a performance conforme a tabela que segue. Para o modelo que segue, o número de 1.200.000 aves é o número de machos abatidos em uma semana no frigorífico auditado.

	<b>C/ Ascite</b>	<b>S/ Ascite</b>
Pintos	1.200.000	1.200.000
Mortalidade(%)	9,50	6,60
Mortal. última semana(%)	3,90	1,00
Condenação por Ascite (%)	0,65	0,10
Peso médio (Kg)	2,11	2,11
Conversão alimentar	2,063	2,007
Total aves abatidas	1.086.000	1.120.800
Total kg abatidos	2.291.460	2.364.888
Remun. integrados/ave (R\$)	0,08	0,10
Total ração consumida (Kg)	4.727.281	4.746.330
Total medicamentos (R\$)	11.800,00	11.800,00
Despesas c/ fomento (R\$)	11.946,00	11.946,00

**Custo de Produção:**

	<b>C/ Ascite</b>	<b>S/ Ascite</b>
Pintos (0,31)	372.000,00	372.000,00
Ração (0,23)	1.087.274,63	1.091.655,90
Total (R\$)	1.459.274,63	1.463.655,90

Custo/Kg (R\$)	0,637	0,619
----------------	-------	-------

Diferença pró sem Ascite	R\$ 0,018/kg -2,80%
--------------------------	------------------------

**Custo para Integração:**

	<b>C/ Ascite</b>	<b>S/ Ascite</b>
Custo Produção (R\$)	1.459.274,63	1.463.655,90
Remun. Integrados (R\$)	86.880,00	112.080,00
Medicamentos (R\$)	11.800,00	11.800,00
Despesas c/ Fomento (R\$)	11.946,00	11.946,00
Custo Total (R\$)	1.569.900,63	1.599.481,90
Custo/Kg (R\$)	0,685	0,676

Diferença pró sem Ascite	-1,30%
--------------------------	--------

**Rendimento no Frigorífico:**

	<b>c/ Ascite</b>	<b>s/ Ascite</b>
Kg abatidos	2.291.460	2.364.888
Condenação (%)	( - ) 0,65	( - ) 0,10
Quebra (%)	( - ) 18	( - ) 18
Kg Líquido	1.866.783	1.937.268

Receita (R\$ 1,10/kg)(R\$)	2.053.461,30	2.130.994,80
Custo R\$/kg)	( - ) 1.569.900,63	( - ) 1.599.481,90

Lucro (R\$)	483.560,67	531.512,90
-------------	------------	------------

Diferença pró sem Ascite	R\$47.952,23 9,90%
--------------------------	-----------------------

Esses dados nos dão conta que a ascite incrementará o custo de produção na granja em quase 3% (+ R\$ 0,018/kg) porém seu reflexo numa integração com frigorífico será uma perda de faturamento em quase 10%.

O manejo adequado do ambiente, notadamente nas 3 primeiras semanas, com ênfase ao controle da amplitude das variações térmicas reduzirá significativamente a incidência de ascite. As diferenças de rendimento permitem-nos assegurar que investimentos nesse item terão rápido retorno, principalmente para o Integrador.

### 3. Gerenciamento total do ambiente

#### - Aviários com Ambiente Controlado:

O total controle do ambiente independente do meio externo é uma antiga aspiração do produtor avícola. Atualmente as tecnologias estão a nosso dispor e pouco a pouco a Avicultura Brasileira vai adquirindo "Know-How". Recordemos que até o início da década de 80 o estresse calórico não era problema destacado pelos técnicos. Os índices de produtividade até então atingidos não eram afetados com relevância pela temperatura. A partir de então, ano após ano, cada vez mais importância dá-se ao tema.

A influência da temperatura e dos outros componentes ambientais sobre a produtividade das aves está longe de ser questionada. Entretanto, se questiona ainda: **Quanto podemos inverter de capital para num tempo viável termos retorno? Geralmente, dar essa resposta é a tarefa mais difícil.**

Quando se busca um sistema de climatização adequado deve-se levar em conta os seguintes aspectos: biológico, técnico, climático e econômico. Há uma variável que é pouco considerada pelos calculistas, mas que representa uma grande importância, que é a sensação de conforto térmico da ave.

Quanto maior controle quisermos ter sobre o ambiente, maior será a nossa necessidade de investimento em capital ou trabalho.

A densidade não pode ser vista apenas nos parâmetros de aves/m<sup>2</sup>, mas em kg de ave/m<sup>2</sup>, assim:

$$17,5 \text{ aves/m}^2 \times 1,5\text{kg} = 26,25 \text{ kg/m}^2$$

$$10,7 \text{ aves/m}^2 \times 2,7\text{kg} = 28,89 \text{ kg/m}^2$$

$$14,0 \text{ aves m}^2 \times 2,2\text{kg} = 30,80 \text{ kg/m}^2$$

Isso significa que não podemos, simplesmente falar em aumento de densidade de aves/m<sup>2</sup>. É importante definir, antes de tudo que tipo de frango iremos produzir e a partir daí tomarmos a decisão de quantos kg de aves criaremos/m<sup>2</sup>. Considerando que nosso aviário terá seu ambiente controlado e seus equipamentos estão bem dimensionados...

LUCHESE (1998) realizou estudo comparando produtividade e lucratividade de frangos de corte criados em diferentes densidades, conforme quadro abaixo.

Parâmetros	Densidade (aves/m <sup>2</sup> )					
	10	12	14	16	18	20
PESO (Kg)	2,672	2,630	2,569	2,528	2,448	2,376
GPD (g)	54,53	53,67	52,43	51,59	49,96	48,49
Conversão Alimentar	1,851	1,849	1,852	1,861	1,876	1,892
Mortalidade (%)	7,97	6,71	5,50	5,13	6,50	6,35
Índice de Eficiência	271,12	270,80	267,52	263,00	249,00	240,01
Custo/Kg	0,484	0,484	0,486	0,489	0,498	0,504

### Custo de Produção/Remuneração

Como numa Integração é fundamental não aumentar o custo de produção, as eventuais perdas de produtividade pelo aumento de densidade poderão ser compensadas por outros mecanismos:

#### 1º 12 aves/m<sup>2</sup>

12 aves/m<sup>2</sup> ( - ) 6,71% mortos = 11,19 aves/m<sup>2</sup> ao abate

11,19 aves/m<sup>2</sup> X 2,630 kg = 29,44 kg/m<sup>2</sup> X R\$ 0,06/kg = R\$ 1,77/m<sup>2</sup>

Custo para a Integração:

**R\$ 0,484 (custo) + R\$ 0,06 (remuneração) = R\$ 0,544**

#### 2º 18 aves/m<sup>2</sup>

18 aves/m<sup>2</sup> ( - ) 6,50% mortos = 16,83 aves/m<sup>2</sup> ao abate

16,83 aves/m<sup>2</sup> X 2,448 kg = 41,44 kg/m<sup>2</sup> X R\$ 0,06 kg = 2,49/m<sup>2</sup>

Custo para a Integração:

**R\$ 0,498 (custo) + R\$ 0,060 (remuneração) = R\$ 0,558**

\* Diferença do custo de produção

**R\$ 0,558 - R\$ 0,544 = 0,014**

\* Se essa diferença fosse “simplesmente” subtraída do pagamento ao produtor então teríamos para 18 aves/m<sup>2</sup> :

**R\$ 0,060/kg ( - ) R\$ 0,014/kg = R\$ 0,046/kg**

16,83 aves/m<sup>2</sup> X 2,448 kg = 41,44 kg/m<sup>2</sup> X R\$ 0,046/kg = R\$ 1,906/m<sup>2</sup>

(18/m<sup>2</sup>) R\$ 1,906/m<sup>2</sup> > R\$ 1,77/m<sup>2</sup> (12/m<sup>2</sup>)

Não haveria aumento de custo para a Integração e o produtor continuaria faturando mais por unidade (m<sup>2</sup>) de criação.

Uma vez verificado que podemos “administrar” as variações do custo de produção fica a questão da VIABILIDADE do investimento para o Integrado.

VIABILIDADE:

**1ª ANÁLISE:**

1º Caso: Aviário Comum: 100 X 12  
Custo da Construção: R\$ 40.000,00  
Alojamento: 12 aves/m<sup>2</sup> = 14.400 aves  
Remuneração: R\$ 0,12/ave = R\$ 1.728,00/lote a cada 60 dias  
Juros: 1% ao mês  
Retorno do Investimento: **5 anos e 4 meses**

2º Caso: Aviário Melhorado: 100 X 12  
Custo da Construção: R\$ 65.000,00  
Alojamento: 18 aves/m<sup>2</sup> = 21.600 aves  
Remuneração: R\$ 0,12/ave = R\$ 2.592,00/lote a cada 60 dias  
Juros: 1% ao mês  
Retorno do investimento: **6 anos e 2 meses**

**2ª ANÁLISE:** Conforme visto anteriormente há uma *tendência* de menor custo de produção nos aviários com ambiente controlado (R\$ 0,624/kg) por melhor produtividade comparado com os aviários convencionais (R\$ 0,634/kg).

1º Caso: Aviário Comum: 100 X 12  
Custo da Construção: R\$ 40.000,00  
Média do Custo de Produção: R\$ 0,634/kg  
Retorno do Investimento: 5 anos e 4 meses

2º Caso: Aviário Melhorado: 100 X 12  
Custo da Construção: R\$ 65.000,00  
Média do Custo de Produção: R\$ 0,624/kg  
Retorno do investimento: 6 anos e 2 meses

Se incluirmos a diferença no custo de produção na amortização do investimento:

R\$ 0,634 - R\$ 0,624 = R\$ 0,010/kg  
R\$ 0,010 X 2,0 kg (peso médio) = R\$ 0,020/ave  
R\$ 0,20 X 21.600 aves = R\$ 432,00 a mais/lote a cada 60 dias  
Retorno do investimento: **4 anos e 10 meses**

A desproporção entre os investimentos e os retornos por lote entre os dois sistemas privilegia numa primeira análise o sistema convencional. O fator melhor

produtividade é que proporcionará maior viabilidade ao sistema com controle de ambiente. A diferença reside na proporção do retorno sobre o total do capital investido.

Outros ganhos indiretos poderão ser obtidos com a adoção de um sistema climatizado como redução do custo de transporte de rações e frangos e de assistência técnica e uma melhoria na logística de coordenação pela maior concentração de aves num local. A economia no custo de mão-de-obra relativa, nesse sistema, também favorecerá o integrado.

Os dados e hipóteses aqui apresentados não respondem qual a melhor tecnologia ou sistema para controle do ambiente de aviários, e nem era esse seu objetivo.

É importante que antes de adotarmos determinada tecnologia verifiquemos sua viabilidade dependendo do nosso custo de produção, taxa de retorno e do grau de adversidade com que o clima afeta as aves.

## Conclusão

É importante não relacionarmos o estresse calórico apenas com o excesso de calor no ambiente externo à ave, mas também às condições de baixas temperaturas. Além disso, o termo estresse não deve estar associado apenas a situações extremas de termorregulação, mas sempre que os processos de termorregulação tiverem efeito sobre as taxas de produção.

Um controle ambiental apropriado é um dos últimos obstáculos de importância no caminho para a produção avícola de baixo custo.

Para perseguir os altos níveis de produtividade possíveis é fundamental o gerenciamento desse ambiente interior do aviário, de modo a permitir condições favoráveis à ótima evolução das aves através de todo seu ciclo de crescimento.

Quando se busca um sistema de climatização adequado deve-se levar em conta os seguintes aspectos: biológico, técnico, climático e econômico. Há uma variável que é pouco considerada pelos calculistas, mas que representa uma grande importância, que é a sensação de conforto térmico da ave.

Diversos tipos de equipamentos para controle ambiental estão a disposição e seus valores cada vez mais se adaptam à realidade de nosso mercado.

A adoção de um aviário totalmente climatizado está longe de ser a panacéia que resolverá todos nossos males.

Caberá ao técnico identificar, de forma clara, o nível das dificuldades de ordem ambiental e através da análise de seu custo decidir a que nível deverá ser sua interferência para que "o remédio não seja mais caro que a doença". É uma questão de definir se queremos ter um hotel da mais alta categoria para as aves ou se queremos que o ambiente das aves seja tão confortável como em um hotel.

Por fim, **CONHEÇA SEU CUSTO DE PRODUÇÃO.**

## Referências bibliográficas

- ALLOURI, KOLBIZZEWSKI e ROCKICKI. 1996. Effect of Microclimatic Conditions on the Performance of Broiler Chickens in Algéria and Poland. Anais do XX World's Poultry Congress. New Delhi, India.
- BAIÃO, NELSON C. 1995. Efeitos da Densidade Populacional sobre o Ambiente das Instalações Avícolas. Simpósio Internacional sobre Ambiente e Instalações na Avicultura Industrial.
- BAKKER, W. 1996. Optimizacion de Resultados do Pollo de Engorde. Avian Farms - Technical Newsletter, dez. 1996.
- BURGER, R. 1986. Avian Physiology. Department of Animal Physiology. University of Califórnia.
- DAGHIR, N. J. 1996. Nutrition and Climatic Stress. Proceedings World's Poultry Congress. New Delhi, India.
- DONALD, J. 1997. Tendências en el Control Ambiental en Galpones Avícolas. Indústria Avícola. Junho 97.
- FABRICIO, J. R. 1994. Influência do Estresse Calórico no Rendimento da Criação de Frangos de Corte. Anais da Conferência APINCO '94.
- FRANCO, J. L. K. 1996. Custo das Doenças Avícolas. Palestra Apresentada no IV Encontro da Avicultura/RS - MAARA - ASGAV.
- FRANCO, J. L. K.; FRUHAUF, M.; MANFIO, L. 1998. Efeitos Econômicos obtidos com o gerenciamento do ambiente na Avicultura. Anais da Conferência APINCO '98.
- GOLDFLUS, F.; J. AMKI; O.M. JUNQUEIRA; N.K. SOKOMURA; L.F. de FIGUEIREDO. 1994. Trabalhos de Pesquisa. APINCO '94.
- LACY, M. P. 1997. Densidad de Pollos de Engorde. Indústria Avícola. Setembro 97.
- LUCESI, J. B. 1998. Custo-Benefício da criação de frangos de corte em alta densidade no inverno e no verão. Anais da Conferência APINCO '98.
- MOUCHRECK, TANAKA, MOULIN e LINHARES. 1989. Comparativo de 4 Linhagens Comerciais de Frangos de Corte - época fria e quente. Anais do XI Congresso Brasileiro de Avicultura.
- NÄÄS, I. A. 1997. Ventilação e Climatização para Frangos de Corte. Anais da Conferência APINCO '97.
- NÄÄS, I.A.; SILVA I. J. O., MOURA, D. J.; SEVEGNANI, K. B.; REIS, R. L. P. S. 1996. Efeito do Controle Ambiental na Produção de Frangos de Corte criados em Alta Densidade. Trabalhos de pesquisa e conferência APINCO '1996.
- NILIPOUR, A. 1993. Como Ayudar a los Aves a Sobrevivir al Clima Caliente. Indústria Avícola. Fevereiro e Março 93.
- OLIVEIRA, J. E.; N. K. SAKOMURA; A. N. FIGUEIREDO; F. LONGO; J. LUCAS, V. M. B. MORAES; E.B. MALHEIROS. 1997. Efeito do Isolamento Térmico do Telhado sobre o Desempenho de Frangos de Corte Alojados em Diferentes Densidades. Anais da Conferência APINCO '97.
- PENZ e KESSLER. 1995. O Conceito de energia na Nutrição da Aves Durante o Estresse Calórico. Simpósio Internacional sobre Ambiente e Instalações na Avicultura Industrial.
- PERDOMO, C. C.; A.P. da SILVA; L.O. DALBELLO e C. FONSECA. Desempenho de Aviário (Frangos de Corte) Isolado Térmicamente com Manta Plástica de PVC. Anais da Conferência APINCO '97.
- ROSTAGNO, H. S. 1995. Programas de Alimentação e Nutrição para Frangos de Corte Adequados ao Clima. Simpósio Internacional de Ambiente e Instalação na Avicultura Industrial.
- RUTZ, F. 1994. Aspectos Fisiológicos que Regulam o Conforto Térmico das Aves. Anais da Conferência APINCO '94.
- SANTIN, A. 1996. Criação de Frangos de Corte em Alta Densidade. Anais da Conferência APINCO '1996.



## SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES AVÍCOLAS

*Paulo Roberto Rossi*

Ventury Insight do Brasil- SP.

A palavra ambiência sugere sempre conforto térmico. Conforto este sempre relacionado aos nossos conceitos básicos de temperatura e bem estar climático. Este assunto, todavia, é muito mais extenso e complexo do que se costuma supor, notadamente quando nos referimos a conforto térmico para animais.

O primeiro erro freqüentemente cometido refere-se à simples transferência, para as aves, das bases de cálculos normalmente aplicadas a seres humanos, ignorando-se as diferenças físicas e metabólicas das duas espécies. Cabe lembrar que as normas técnicas vigentes sugerem e não determinam os parâmetros aplicáveis.

O segundo erro, também comum, é considerar a temperatura resultante como único elemento responsável pelo conforto térmico, esquecendo-se de outros fatores de igual ou até superior importância, para o objetivo desejado. Entre eles, destacamos : **vazão de ar, velocidade de deslocamento do ar, pressão de ar interno, pureza de ar, umidades relativas e absolutas, pressão atmosférica local, ventos predominantes, orientação solar, tipo de solo onde está localizada a granja, dimensionamento de um lanternim, perdas de carga em mmca (milímetros por coluna d'água), luminosidade, equipamentos de ventilação.** De uma forma geral, é muito comum encontrar instalações avícolas onde os ventiladores responsáveis pela maior parte da manutenção do conforto térmico, tenham sido selecionados pelos conceitos básicos de renovações completas de ar e, quando muito, agregados apenas à carga calorígena dos animais. Essa é uma forma subdimensionada de cálculo. E é importante, aqui, salientar que, não necessariamente subdimensionamento é sinônimo de investimento baixo. Em geral, ocorre exatamente o oposto.

Portanto, defendo, a inclusão de todos os itens acima relacionados, para a obtenção de um produto final de melhor qualidade, no que se refere às **aves** e, conseqüentemente, aos **ovos** produzidos.

Quanto à utilização de aspersores de água, acreditamos muito em sua eficiência mas também entendemos que esse dispositivo não pode ser utilizado de uma forma aleatória. Ou seja: não estou depondo contra o que existe, mas visando o aprimoramento técnico de implantação.

No caso de aves poedeiras, temos como prioridade mantê-las de tal forma confortáveis, que possam colocar os seus ovos dentro dos ninhos, evitando que busquem locais ambientalmente mais propícios. Sem dúvida, dentro de um local pouco arejado, as aves procuram os níveis mais baixos da granja. Isto porque, pelo processo de convecção do ar quente, os locais mais frescos estão próximos ao nível do piso, e as aves aproveitam, desta forma, as fontes frigorígenas naturais do solo, gerando, no entanto os **ovos no chão**.

Para maior clareza do que estou dizendo, vou desmembrar os itens de conforto térmico acima descritos:

## Vazão de Ar

Ao contrário do que muitos supõem, vazão de ar não que dizer velocidade de ar, pois isso são dois assuntos bastante diferentes. Todavia, quando selecionamos os equipamentos de ventilação para o nosso aviário, nós o fazemos sempre no intuito de introduzir a maior quantidade de ar possível na granja e, com isso, a seleção baseia-se sempre em números de renovações completas de ar.

Este, na verdade, não é um procedimento incorreto, pois a vazão de ar não deve ser super ou subdimensionada. Ela deve estar sempre ligada à quantidade de energia térmica que desejamos vencer (transferir). Vejamos um exemplo básico:

Consideremos um galpão com 1500 m<sup>2</sup> de área e um pé direito de 5 m<sup>l</sup> (metros lineares) até o início da flecha, contendo, aproximadamente, 7500 aves (5 aves por m<sup>2</sup>). Considerando-se os conceitos de renovação de ar com agregações estimadas de energia térmica implicando em uma taxa média de 20 R/h, esse galpão estaria solicitando a vazão de ar total de **150.000 m<sup>3</sup>/h**.

Olhando, agora, pela forma de quantificação exata da energia térmica contida dentro do galpão e a quantidade de ar necessária para transportar a massa energética, a situação final ficará assim:

Energia térmica por insolação.....	57.660,00 Kcal/h
Energia térmica por transmissão.....	37.884,00 Kcal/h
Energia térmica produzida pela insolação no telhado (ático).....	48.692,00 Kcal/h
Energia térmica dissipada pelas aves.....	82.237,50 Kcal/h
Total.....	<b>226.473,50 Kcal/h</b> <b>898.704,37 Btu/h</b>

Partindo desse valor térmico, podemos partir para uma simples equação, que determinará a vazão de ar necessária para transportar essa energia:

$$\frac{C_r}{C_p \times \rho \times 60(T_i - T_e)} = Q$$

Onde:

- C<sub>r</sub> = Calor removido em (Bth/h),
- C<sub>p</sub> = Calor específico à pressão constante (0,24 Btu/lb x °F)
- ρ = Massa específica do ar nas condições-padrão (70 °F)
- T<sub>i</sub> - T<sub>e</sub> = Diferença de temperatura (°F)
- Q = Vazão de ar (pés<sup>3</sup>/min.)

Sendo que podemos simplificar da seguinte forma:

$$Q = \frac{C_r}{1,08 (T_i - T_e)}, \text{ pés}^3/\text{min.}$$

Portanto, em nosso exemplo, a fórmula ficará da seguinte maneira:

$$Q = \frac{898.704,37 \text{ Btu/h}}{1,08 (39,20 \text{ }^\circ\text{F})} \quad 21.227,90 \text{ pés}^3/\text{min.}$$

Convertendo esse valor para a unidade métrica americana, o total passa para 36.087,43 m<sup>3</sup>/h, ou seja: 4,16 vezes menor que no exemplo por renovações completas de ar.

Entretanto, em outros casos, devido a outras energias não consideradas nesse exemplo, os valores podem ir muito além dos indicados por renovação.

Isso nos mostra que, quantificar a vazão de ar necessária dentro de uma granja requer bastante seriedade e precisão, pois cada caso deve ser tratado de forma individualizada, sob risco de, o que deveria ser investimento, passar à categoria de custo.

**Obs.:** Não considerar as fórmulas acima descritas como formula padrão, pois após os necessários estudos e agregações em situações gerais, os valores poderão se alterar.

### Velocidade de deslocamento de ar

A velocidade do deslocamento de ar é um ponto muito importante a ser considerado, em uma instalação de ambiência na granja, já que, qualquer erro na concepção das taxas ideais poderá trazer conseqüências danosas ao plantel. Uma velocidade muito baixa pode dificultar a troca térmica do meio ambiente interno (ave) e o meio ambiente externo, trazendo, assim, uma sensação desagradável de desconforto térmico à ave. Da mesma forma, o inverso também trará desconforto ambiental, pois uma velocidade muito alta poderá afetar a ave nos limites de *stress* ambiental e, dependendo das condições psicrométricas externas, até mesmo a sensação de hipotermia.

Somado às necessidades diversas conseqüentes dos vários ambientes climáticos contidos dentro da granja (macro-clima, micro-clima e ático), isso torna-se muito delicado.

A melhor forma de se chegar à melhor condição, sem dúvida alguma é tratar cada caso de forma bastante personalizada. Ou seja:

- Velocidade ideal para o animal..... 0,7 m/s aproximadamente\*
- Velocidade no macroambiente..... 1,5 à 2,3 m/s
- Velocidade no ambiente ático..... Convecção natural + vazão e velocidade artificial.

\* - Varia de acordo com a quantidade de calor que desejamos trocar e as perdas de cargas existentes na granja.

### **Pressão de ar interno**

Neste tópico, talvez o mais importante de todos, temos que nos atentar mais profundamente, pois a pressão poderá determinar o sucesso ou insucesso da instalação.

Antes de mais nada, vamos entender que estamos falando de pressão ambiente e não pressão atmosférica.

É comum confundir pressão com velocidade de ar e, por isso, vamos esclarecer que pressão está ligada à vazão, não à velocidade. Desta forma, fica cada vez mais importante que saibamos quanto de ar realmente precisamos.

É bastante comum, dentro de uma granja, encontrarmos zonas de pressão insuficiente para a movimentação das massas de ar, seja por pressão negativa ou positiva.

Um dos fatores mais freqüentes para a ocorrência deste fato é o mau dimensionamento dos equipamentos de ventilação e a posição onde estão sendo instalados, além de falhas nos ângulos em relação ao ático, macro e microambiente.

Os equipamentos de ventilação terão que ser selecionados levando-se em conta as vazões de ar destinadas a cada ambiente climático, as velocidades e o que desejamos como pressão final no microambiente.

Devido ao fato desse assunto ser realmente bastante complicado, será melhor seguir com o auxílio de uma representação isométrica (ilustração).

### **Pureza de ar**

Dentro de um ambiente aberto de confinamento de animais, é impossível mantermos os níveis de pureza dentro dos padrões de classe (F1), mas obtemos o ar o mais puro possível, se levarmos em consideração os gases provenientes dos próprios animais. Ex: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> e outros.

Entretanto, isto está também relacionado com as pressões constantes positivas, que, por arraste, farão o transporte das partículas de poluentes e a renovação de ar pelo processo de diferencial de pressão (positiva e negativa).

É fato conhecido a influência da pressão negativa sobre a pressão positiva. Sempre a negativa estará exercendo atração sobre a positiva e, desta forma, atraindo também as partículas de poluentes contidos no ar.

### **Umidade relativa e absoluta**

Sobre este tema, existe uma grande confusão, pois toda a preocupação está alicerçada à taxa de umidade relativa do ar, quando também deve ser levada em consideração a umidade absoluta. Ou seja: a quantidade real de água contida no ar.

Sendo isto de difícil compreensão, vamos falar um pouco sobre psicrometria.

## Termodinâmica do Ar Úmido:

São várias as associações termodinâmicas ao ar úmido.

### Umidade Absoluta:

É a quantidade de vapor d'água contido em 1 Kg de ar seco, quando a pressão parcial do vapor d'água no ar, a uma determinada temperatura, se equivale à pressão do vapor d'água no ponto de saturação à mesma temperatura. É o que consideramos ar saturado ou umidade de saturação.

### Umidade Relativa:

Como o próprio nome sugere, a umidade relativa é uma relação entre duas temperaturas, a temperatura de bulbo seco e a de bulbo úmido.

É importante salientar que podemos acrescentar mais água ou vapor d'água em uma mesma temperatura de bulbo seco, aumentando, desta forma, a umidade relativa e conseqüente umidade absoluta (aspersores). Com isso, ainda que mantendo a mesma temperatura seca, o corpo passa a sentir o equivalente à temperatura de bulbo úmido, tendo, assim, a sensação de conforto térmico. Mesmo quando o termômetro acusa uma temperatura menor, por ocasião do acionamento dos aspersores, essa temperatura deverá ser considerada como TBU "temperatura de bulbo úmido", porque, neste momento, o ar está sendo saturado por vapores d'água.

Não nos esqueçamos que a umidade do ar associada à temperatura tem influência bastante estreita com as aves e é verificada através da respiração dos animais e da forma física das suas fezes, conforme quadro abaixo:

<b>PORCENTAGEM DE UMIDADE EXPIRADA CONFORME A TEMPERATURA</b>		
4,4 °C	21°C	37,8°C
38%	40%	60%
<b>PORCENTAGEM DE UMIDADE DAS FEZES</b>		
62%	60%	40%

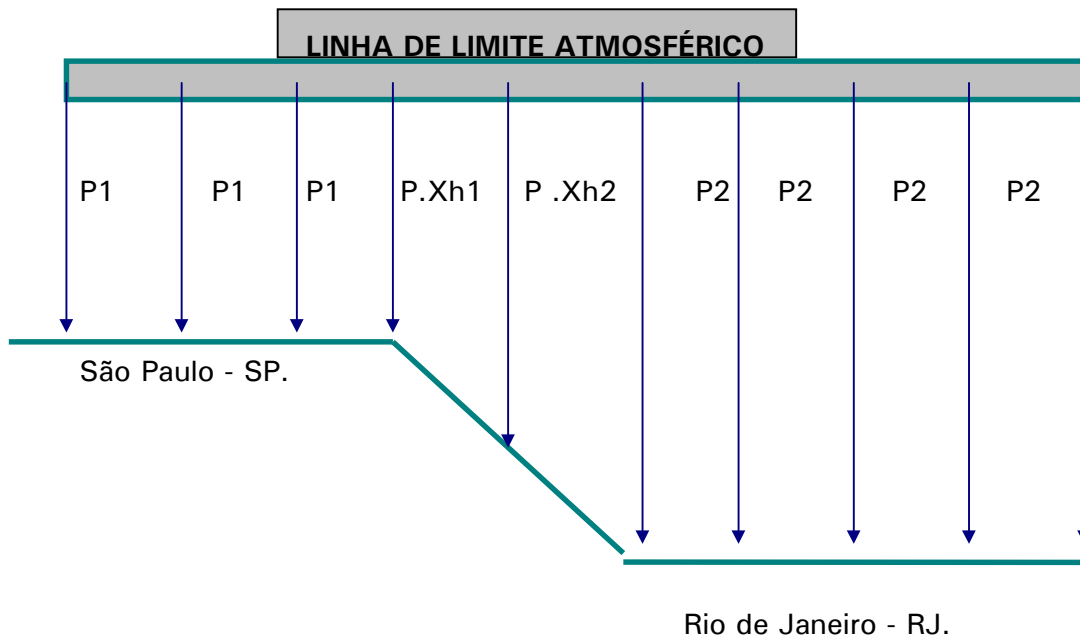
### Pressão atmosférica local

A pressão atmosférica exerce várias influências no sistema metabólico dos animais. Por esse motivo, é muito importante que conheçamos qual a pressão atmosférica a que estamos submetendo os animais e, a partir deste ponto,

selecionar os nossos equipamentos para as resistências naturais exercidas sobre as aves.

Em resumo simplificado, podemos comparar a influência da pressão atmosférica em regiões de nível do mar (760,00 mmHg) e outras de altitudes maiores, também em relação ao nível do mar.

### Exemplo:



### Resumo

Os limites P1 possuem peso de coluna atmosférica menor que P.Xh1 até P2. Isso representa que os animais de P1 necessitam de esforços menores que os animais submetidos nas demais colunas.

Quando as diferenças somarem pesos de colunas muito diversos das condições adaptativas dos seres ali expostos, as interferências atingirão índices desconhecidos na capacidade de metabolismo de oxidação.

### Ventos predominantes

Os ventos predominantes de uma determinada região são essenciais para o perfeito desenvolvimento de uma instalação de conforto térmico, pois quando em abundância, e desde que bem aproveitados, podemos reduzir sensivelmente os custos de implantação de todo o sistema de climatização.

Todavia, é muito comum as granjas não se valerem integralmente dessa fonte de energia renovável, seja por não aproveitamento ou por aproveitamento indevido, sendo os ventos causadores de deficiências nas estruturas das

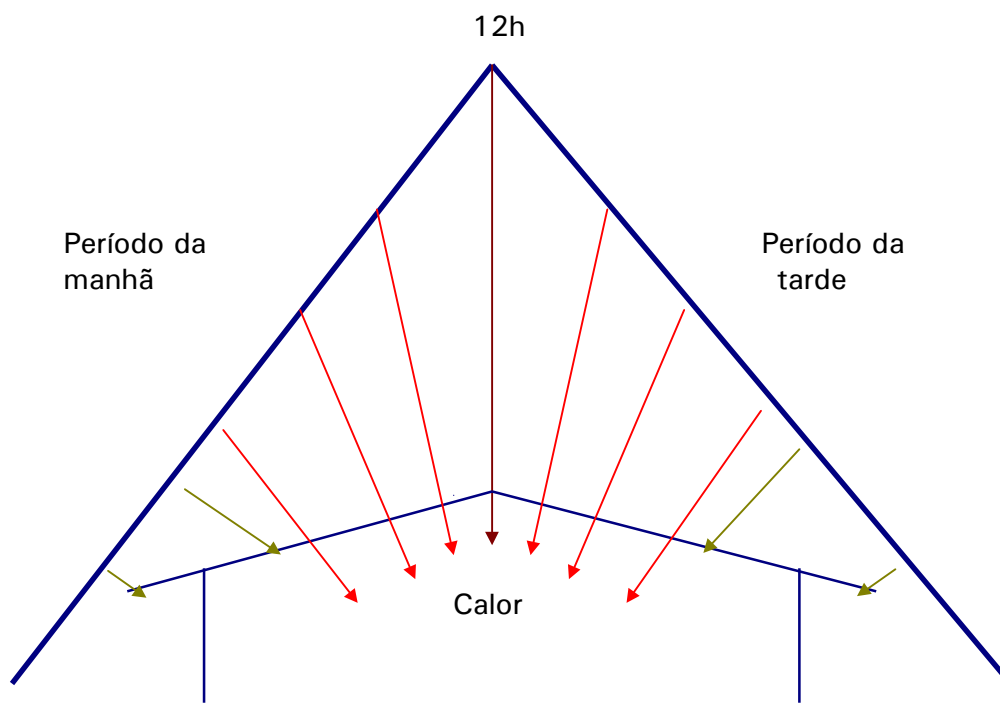
pressões internas, impossibilitando as descargas de gases poluentes. Incluímos nisto o fluido de ar em saturação de temperatura não desejável.

### Orientação solar

Sem dúvida alguma, a escolha da posição do galpão em relação à orientação solar é imprescindível. Desta forma, podemos diminuir sensivelmente a agressão dos raios de insolação causadores do aumento de temperatura interna.

É extremamente necessário que, antes de construirmos os nossos galpões, ou até mesmo quando já existentes, saibamos quais os ângulos de incidência dos raios solares, pois, a partir deste conhecimento, podemos construir anteparos de larguras úteis suficientes para promover a maior área possível de sombra nos comprimentos longitudinais e transversais de nossa edificação.

Para conhecermos esses ângulos, antes de mais nada temos de conhecer o Norte verdadeiro para traçarmos o caminho do Sol, conforme demonstrado na ilustração abaixo:



Na ilustração acima, demonstramos algumas setas que demonstram a capacidade calorígena e o ângulo de incidência sobre o galpão, sendo que as alterações na configuração das incidências ficam por conta das várias orientações solares em que o galpão possa estar exposto.

## **Tipo de solo onde está localizada a granja**

É muito importante o conhecimento do solo em que estamos implantando a nossa granja, ou a já implantada, porque muitos fatores positivos e até mesmo negativos podem ter origem no solo.

Vejamos, agora, um efeito positivo proveniente do solo e que, desde que bem aproveitado, poderá auxiliar bastante na implantação de um sistema de climatização por ventilação, o qual pode proporcionar a sensação térmica semelhante à da climatização por refrigeração.

Imaginemos, então, um solo do tipo suave e com umidade no subsolo. Sabemos que os animais homeotermos podem, por intermédio do seu aparelho termoregulador e de processos metabólicos, produzir energias térmicas compensativas. Dessas energias, podemos destacar duas: o calor sensível e o calor latente. O primeiro podemos interpretar, de uma forma bastante simplificada, como calor seco e o segundo, também da mesma forma simples, como calor úmido. Podemos, então, proporcionar, por interferência do subsolo, um ambiente interno (granja) com índices de umidade mais elevados que o ambiente externo e, pela movimentação controlada do deslocamento das massas de ar, aumentamos a velocidade de evaporação das gotículas de água, resultando em sensações térmicas agradáveis. Sensações estas bastante similares às obtidas quando, mesmo sob temperaturas elevadas para os nossos padrões de conforto térmico, molhamos a mão e rapidamente a movimentamos no ar. Geralmente, isso promove uma sensação térmica boa, que chamamos de conforto por processo evaporativo adiabático.

Esse conforto é obtido por estarmos, nesse momento, sentindo a temperatura úmida. Ou seja : a temperatura de bulbo úmido (TBU).

## **Dimensionamento de um lanternim**

Várias formas são utilizadas para o dimensionamento desse dispositivo de ventilação por pressão negativa, conhecido simplesmente como lanternim. Todavia, raros podem realmente ser considerados perfeitos para o fim desejado.

Isso acontece devido às inúmeras variantes a serem consideradas e habitualmente negligenciadas. Entretanto, abaixo demonstramos uma forma que demonstrou ser bastante eficaz.

### **Dimensionamento:**

Dimensionamento da velocidade do ar através da abertura (roof ventilator)  
Engenharia de Ventilação industrial (CETESB) - 1988.



Fórmula básica:

$$v = 20 \left[ \frac{hC_1}{A} \right]^{1/3}$$

Sendo:

- v = Velocidade através da abertura (pés<sup>3</sup>/h)
- h = Altura efetiva do ar aquecido, isto é, dentro do edifício (pés)
- C<sub>1</sub> = Quantidade de calor lançada no interior (BTU/min)
- A = Área da abertura (pés<sup>2</sup>)

Nessa equação não se leva em conta a velocidade do vento. Entretanto, quando essa for significativa, poderá utilizar a seguinte equação:

$$Q = A \left[ \frac{36 \sqrt{h (T_i - T_e)}}{6 + v} \right] + 20v ,$$

Sendo:

- Q = Vazão de ar exaurido (pés<sup>3</sup>/h)
- A = Área da abertura (pés<sup>2</sup>)\*
- h = Altura da coluna de ar, compreendida entre a abertura de área (A) e a abertura de entrada de ar no recinto (pés)
- v = Velocidade do vento em milhas por hora
- T<sub>i</sub> = Temperatura do ar interior (°F)
- T<sub>e</sub> = Temperatura do ar exterior (°F)

Obs: Para maior vazão de saída, poderá ser adotado o critério de aberturas iguais, ou seja : entrada e saída.

#### **Sugestão Pessoal:**

\* Para efeito de cálculo rápido, considerar a área da abertura para saída de ar quente em um décimo (1/10) da área de piso do galpão. Entretanto, se os cálculos de velocidade acima sugeridos determinarem velocidade abaixo de 0,50 m/s, desconsiderar esse fator e reconsiderar as temperaturas e alturas.

O lanternim, deverá ser construído de forma a poder ser totalmente fechado, por ocasião de temperaturas externas baixas, pois a possibilidade de obtermos inversões de pressão, trazendo para dentro do galpão temperaturas baixas e possíveis situações de hipotermia são bastante grandes nessas época.

### **Perdas de carga em mmca**

Este tema deve ser considerado em nosso projeto, no caso de granja de matrizes, onde esse fenômeno é bastante comum, pela utilização de ninhos, diminuindo sensivelmente as pressões internas desejadas.

Isso acontece devido aos obstáculos (ninhos etc.) efetuarem uma pressão estática constante para o ar que estamos lançando. Assim, pode haver uma redução significativa da quantidade de ar de pressurização, tornando o galpão alvo de pressões externas que estão em condição de pressão positiva por arraste de força de torque do vento. Como o nosso intuito é manter a pressão interna sempre positiva, se desconsiderarmos os obstáculos internos, essa mesma pressão poderá se tornar negativa, atraindo a pressão positiva externa, a qual trará consigo também as massas de energia térmica externa, derivada do reflexo da insolação no solo etc.

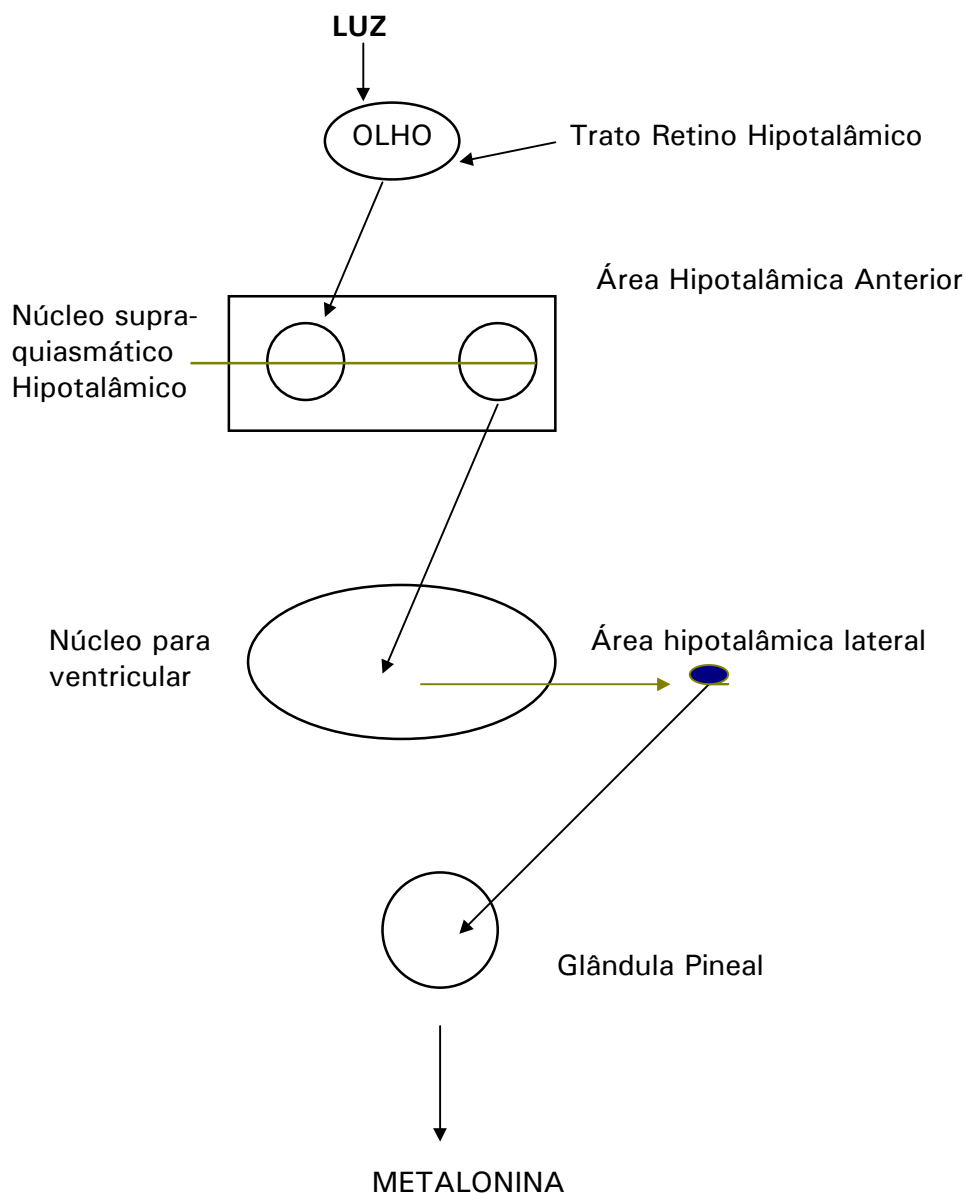
### **Luminosidade**

#### **Luz x Melatonina**

Radiação eletromagnética visível (luz) exerce efeito inibitório sobre a síntese de melatonina. Assim, a produção desse hormônio durante o dia (claridade) é sempre baixa, ocorrendo exatamente o contrário à noite (baixa luminosidade). Todavia, não podemos relacionar tal estímulo ao sono, mas sim à baixa intensidade de luminosidade.

Estudos realizados mostram que a presença de melatonina exerce fator de proteção contra lesões oxidativas.

Tal fato ocorre, devido ao hormônio ser lançado à corrente sanguínea, difundindo-se, assim, para todos os fluidos do corpo. (POEGGELER et al., 1993).



Alguns programas de luz têm mostrado que o efeito de luminosidade tem efeitos favoráveis no desempenho de poedeiras, ou até mesmo em frangos de corte.

Sem dúvida que a qualidade de luz tem muito importância, pois desde o trabalho de CALLEMBACK (1943), as lâmpadas incandescentes têm sido demasiadamente utilizadas. Entretanto, os trabalhos executados com lâmpadas fluorescentes mostraram efeitos muito melhores, pois a qualidade de luminosidade (lúmens) é muito superior, além do baixo consumo de energia elétrica.

Outro fator a ser considerado é o desempenho dos ovos, quando as poedeiras pesadas (48-64 semanas) são submetidas a esse tipo de luminosidade.

Segundo dados extraídos de INGRAN et al. (1987), trabalho executado para comparar ovos incubáveis, fertilidade, eclosão e peso dos ovos, com parâmetro de 20 lux/m<sup>2</sup>, os experimentos executados com lâmpadas fluorescentes mostram superioridade de performance.

## Equipamentos de ventilação

É muito comum a utilização de ventiladores do tipo Axial. É mais freqüente ainda a instalação desses equipamentos sem a observação dos conceitos básicos técnicos, sendo cada vez mais necessária a complementação com maior número de equipamentos, para se tentar chegar a resultados mais satisfatórios.

Isso geralmente acontece devido à ilusão de baixo custo que tais equipamentos possuem, no momento da sua aquisição. Entretanto, quando calculamos os efeitos do custo sobre o benefício, quase sempre o resultado é que o custo superou o benefício esperado.

Bastante comum, as dúvidas quanto à melhor posição de instalação dos referidos equipamentos, e por desconhecimento da matéria conforto térmico sob os princípios da pressurização plena do galpão, geralmente a forma que foram instalados não conseguem atingir nem mesmo 20% de sua eficiência.

O primeiro equívoco que as granjas incorrem é a instalação em túnel, com o principal propósito de um equipamento auxiliar o outro e, assim, aumentar a sua força de arraste. Na verdade, isso não acontece dessa forma, pois, além do fato desses equipamentos não contarem com pressões estáticas e dinâmicas aceitáveis para esse fim, geralmente o equipamento que vem logo após o anterior exerce força contrária, por perda de carga de entrada. Isso quando temos condição de colocá-los exatamente nos raios de alcance de projeto.

Outro equívoco, refere-se a que tipo de ambiente estamos pretendendo alcançar. Lógico que queremos o conforto térmico direto para as aves, barreira de pressurização no macro-ambiente, e auxílio na velocidade de convecção do ar localizado próximo ao telhado, que tem a tendência de alcançar o macroambiente, seguido do microambiente (altura das aves), caso seja permitido. Essa, no entanto, não é tarefa fácil de se conseguir, pois para isso, precisamos de pressões razoáveis nos equipamentos de ventilação - pressões estas que esse tipo de equipamento não possui. Deveríamos estar contando com equipamento do tipo centrífugo Sirocco, Limit Load ou até mesmo do tipo Air Foil, mas o custo torna tais equipamentos proibitivos.

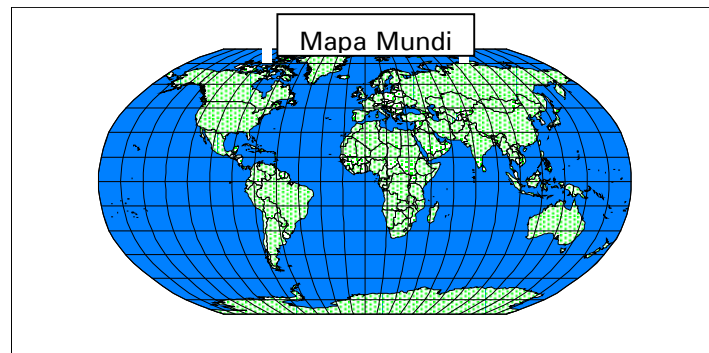
Para solucionar esse problema, podemos então utilizar os atuais equipamentos, desde que melhor dispostos, tal como, linha diagonal com aproveitamento do potencial da hipotenusa resultante da abertura do leque mais renovação de ar externo.

## NOVOS ESTUDOS DO CENTRO DE PESQUISAS VENTURY.

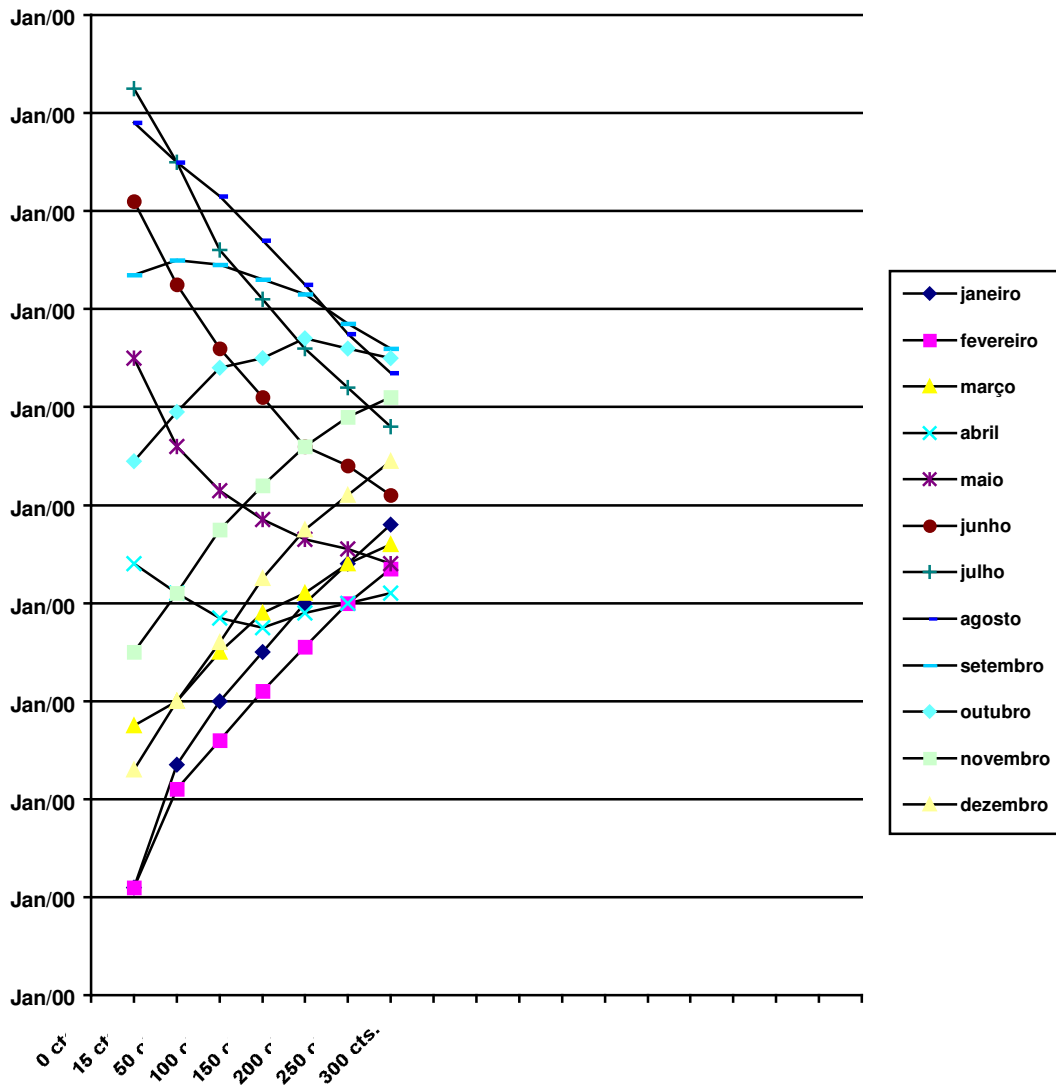
- Sub solo como isolante térmico.
- Estantes climatizadas de forma microambiental.

(Subsolo)

O subsolo como isolante térmico para neutralizar os efeitos da insolação e condução de energia térmica proveniente da ação do Sol, mostrou-se bastante eficaz pois as reduções conseguidas em modelos laboratoriais alcançam em média, o diferencial térmico de até 8°C menor do que a temperatura externa no Sol.



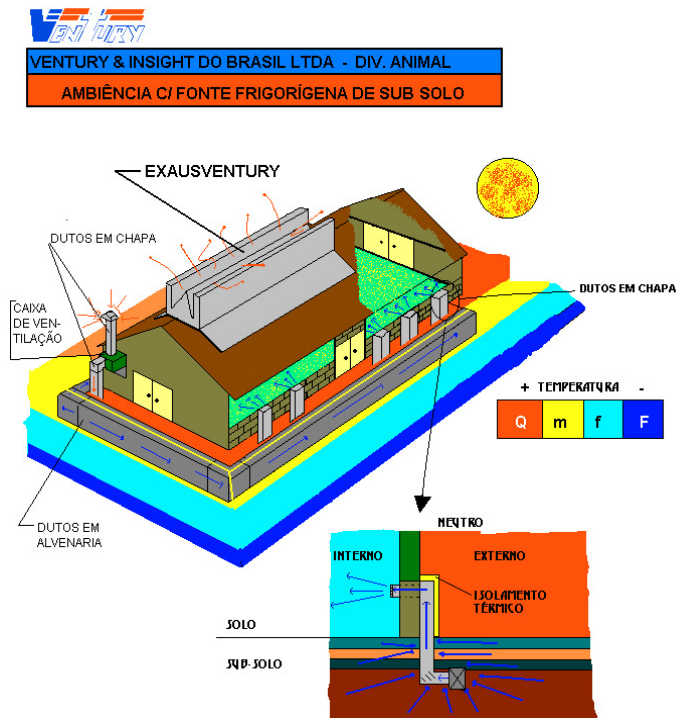
**FIGURA 1 – Dados médios em laboratório.**



## “Modelo experimental”

(Estante Climatizada)

Modelo experimental ainda em fase de qualificação e ajustes de fórmulas matemáticas.



# CRITÉRIOS PARA O PLANEJAMENTO DE INSTALAÇÕES AVÍCOLAS PARA AVES DE POSTURA

*Prof.<sup>a</sup>. Ilda de Fátima Ferreira Tinóco*

Depto. Eng. Agrícola - Universidade Federal de Viçosa - UFV

## 1. Introdução

### 1.1. Considerações gerais

O Brasil possui a maior avicultura de postura da América do Sul e a quinta maior do mundo, com amplas possibilidades de crescimento. Contudo, ao grande avanço das fronteiras mercadológicas e ao extraordinário progresso científico verificado no setor, contrapõe-se a pouca atenção que se deu, até recentemente, às técnicas de alojamento e, efetivamente, ao ambiente de criação das galinhas poedeiras.

Somente muito recentemente, com a perspectiva do processo de globalização que hoje movimentava a economia mundial, a avicultura de postura passou a buscar nas instalações e no ambiente, as possibilidades de melhoria no desempenho avícola e a redução dos custos de produção como forma de manter a competitividade. Assim, a melhoria das condições ambientais dos galpões criatórios, bem como criação de aves poedeiras em maiores densidades de alojamento, passaram a ser imperativas.

Hoje, reconhecidamente, a atenção ao adequado planejamento e projeto das instalações passou a ser priorizada e, como consequência das rápidas transformações no setor, estão surgindo indagações, tais como: Como readaptar a infra-estrutura já existente à intensificação do processo produtivo? Como projetar as novas instalações? Qual o nível de climatização a ser adotado nas diferentes regiões climáticas brasileiras? As respostas a estes questionamentos constituem, atualmente, o grande desafio da avicultura de postura e, seguramente, estamos vivendo o momento de mais intensas transformações dos alojamentos avícolas brasileiros até então presenciado.

Do exposto, esta palestra busca abordar os critérios a serem observados no planejamento e concepção arquitetônica de instalações para aves de postura, de tal forma que os abrigos possibilitem o conforto térmico necessário a otimização do desempenho destes animais em cada fase de vida e para cada uma das diferentes regiões climáticas brasileiras.

### 1.2. A ave e o ambiente

A ave de postura exige do meio em que habita, condições precisas de ambiente, tais como temperatura, umidade, pressão, luminosidade, nível sonoro, conteúdo de oxigênio, anidrido carbônico e nitrogênio. Cada indivíduo tem específicos poderes de adaptação que lhe permitem (até certo limite de adversidade), sobreviver quando alguma daquelas variáveis se modifica; estes



parâmetros dependem de diversos fatores, tais como a aclimação da ave, idade e sexo, mas para que não ocorra prejuízos na sua performance, sempre é possível estabelecer limites ótimos dentro dos quais a espécie se desenvolve em sua plenitude.

Dentre os fatores ambientais, os térmicos, representados por temperatura, umidade, radiação térmica e movimentação do ar, são aqueles que afetam mais diretamente a ave, pois comprometem sua função vital mais importante que é a manutenção da própria homeotermia.

Assim, as aves necessitam manter a temperatura interna do corpo em níveis relativamente constantes, em ambientes cujas condições termohigrométricas são as mais variáveis, através de mecanismos orgânicos de controle representados por severas compensações fisiológicas. Estes ajustes são feitos em detrimento da produção destes animais que, ao invés de empregar os nutrientes para a síntese, os utilizam para produzir ou dissipar calor. Quando não ocorre nenhum desperdício de energia, seja para compensar o frio, ou para acionar seu sistema de refrigeração em combate ao excesso de calor do ambiente, diz-se que a ave está em condições de conforto e, conseqüentemente, de produtividade máxima; fora da zona de conforto ocorre decréscimo da performance produtiva, reprodutiva e resistência do organismo, sendo que extremos num e noutro sentido podem vir a ser letais.

Desta forma, se o conforto térmico não é atingido e a ave é exposta ao estresse calórico, situação muito freqüente em boa parte do ano, especialmente no verão brasileiro, ocorrerá uma queda no consumo de ração, no ganho de peso, além de levar a piores valores de conversão alimentar e maior mortalidade. Especificamente no caso de aves de postura e reprodutoras, ocorrerá uma redução na espessura da casca, número, peso e volume dos ovos; em conseqüência haverá uma queda na taxa de incubação, no peso dos pintos e na taxa de fertilidade tanto de machos quanto de fêmeas. O problema se agrava a medida que a ave se desenvolve, pois existe uma correlação negativa da dissipação de calor com o peso corporal.

Considerando-se que o Brasil encontra-se localizado até a latitude de 30° sul, ou seja, na faixa mais quente do planeta, verifica-se que este País inspira uma situação de maior cuidado com o estresse por calor do que propriamente por frio, (embora deva-se também contemplar as prerrogativas necessárias ao conforto térmico no inverno e nas fases iniciais da vida da ave). Caso não se atente para este fato ao se planejar uma instalação avícola, fatalmente ocorrerá uma situação de desconforto térmico por calor, que comprometerá substancialmente o desempenho das aves.

Aliado a isto, verifica-se no Brasil, especialmente, que a criação de aves de postura, ocorre quase que maciçamente em instalações abertas, sem ambiente controlado, sendo que, por razões econômicas de curto prazo ou mesmo desconhecimento, muito pouca observância se tem dado às fases de planejamento e concepção arquitetônica, compatíveis com a realidade climática de cada região. Ou seja: basicamente não tem sido dada nenhuma atenção ao acondicionamento térmico natural, que é a técnica que baliza os procedimentos construtivos para que os espaços habitados apresentem as condições térmicas exigidas pelo animal, utilizando os meios naturais, como a ventilação, o

paisagismo circundante, os materiais de construção e a concepção arquitetônica e espacial.

Baseados no exposto, torna-se fundamentalmente importante planejar as instalações para aves de postura face as variações climáticas regionais. Inicialmente, é necessário que a instalação contemple, ao máximo, todos os recursos do acondicionamento térmico natural e, somente no caso do conforto térmico não ter sido alcançado, deve-se lançar mão do adequado acondicionamento artificial, com envolvimento de sistemas de ventilação, aquecimento e resfriamento artificiais.

## 2. Planejamento de instalações para aves de postura

### 2.1. Caracterização dos sistema de produção de aves de postura

#### 2.1.1. Sistemas convencionais

A avicultura de postura no Brasil, embora ainda seja conduzida predominantemente em galpões abertos, está começando a incorporar as primeiras instalações climatizadas, com conjuntos de gaiolas sobrepostas em até seis andares. Contudo, para o caso da atual forma de manejo, podem ser considerados dois sistemas de criação convencionais:

##### 2.1.1.1. Sistema com pinteiro

*1ª fase: Pinteiro* - as aves permanecem, em média, até os 42 dias de vida (6 semanas) em galpões denominados "pinteiros" com densidade de até 20 cabeças/m<sup>2</sup>, em sistema de galpão em cama.

*2ª fase: Recria* - de 6 até 17 semanas de vida são utilizadas gaiolas metálicas de diversos tamanhos, sendo usuais as de 0,50 x 0,50 x 0,40 m (8 aves/gaiola); de 1,20 x 0,60 x 0,40 m (20 aves/gaiola); de 1,00 x 0,60 x 0,40 m (16 aves/gaiolas), existindo outras dimensões no mercado. Estas são dispostas uma ao lado da outra, em até dois níveis, formando de duas a quatro alas.

*3ª fase: Postura* - de 17 até 72-74 semanas de vida são utilizadas gaiolas de 0,25 x 0,40 x 0,40 m (2 aves/gaiolas); 0,30 x 0,40 x 0,40 m (3 aves/gaiolas); 0,25 x 0,45 x 0,40 m (3 aves/gaiolas) e de 0,25 x 0,50 x 0,38 m (3 aves/gaiolas), havendo outras dimensões no mercado.

##### 2.1.1.2. Sistema em bateria

*1ª fase:* de 1 até 30 dias de vida (4 semanas) os pintos são criados em baterias com dimensões e capacidade variável, sendo comum a de 800 pintos, que ocupa área de 3 m<sup>2</sup> (3,00 x 1,00 m). As baterias consistem de um sistema de grandes gaiolas acondicionadas em 2 a 5 andares, sendo o afastamento de

uma bateria para outra e destas para as paredes de cerca de 1,00 m. As baterias podem ser dispostas em filas paralelas tendo um corredor de serviço de 2,00 m. O galpão usado nesta fase deverá ter sistema de fechamento controlado nas laterais (cortinas e similares). As cabeceiras poderão ser em alvenaria.

*2ª fase: Recria* - da 4ª à 17ª semana de vida as frangas serão mantidas em gaiolas similares às da fase de recria usadas no 1º sistema.

*3ª fase: Postura* - de 17 até 72-74 semanas de vida, as galinhas poedeiras serão mantidas em gaiolas similares às da fase de postura usadas no 1º sistema.

### **2.1.2. Sistema para produção de aves de postura em alta densidade**

Em ambos sistemas descritos no item anterior (2.2.1.), tanto na fase de recria quanto postura, há necessidade de uma área muito grande de galpão para abrigar um número relativamente reduzido de galinhas poedeiras em relação aos padrões americanos e europeus, o que acaba onerando o custo de produção. Isto ocorre porque, tendo em vista o sistema de coleta de dejetos convencional, uma gaiola não pode ficar disposta sobre a outra.

Para acompanhar a rápida ascensão da avicultura, e na tentativa de tornar o país mais competitivo para atender a demanda de consumo interno e exportação, estão surgindo no Brasil, idéias sobre a criação de galinhas poedeiras em alta densidade.

A criação em alta densidade visa aumento da produção, com o mínimo de investimentos em construção, e otimização dos custos fixos, tais como: mão-de-obra, equipamentos, infra-estrutura de apoio, transporte e assistência técnica. A alta densidade em postura é conseguida com sobreposição de até cinco a seis andares de gaiolas, com o piso inclinado para recolhimento das dejeções que caem em direção a sistema coletor. Este sistema permite o aumento da densidade de alojamento em até cinco a seis vezes o que seria permitido no sistema convencional.

A criação de galinhas poedeiras em alta densidade de alojamento é uma realidade no Estados Unidos e Europa, onde os galpões são geralmente climatizados. No Brasil a alta densidade em postura está apenas iniciando, com algumas unidades instaladas recentemente no País.

Contudo, embora a criação em alta densidade esteja causando grande interesse aos avicultores, é conveniente que o criador esteja atento ao fato de que maior número de aves alojadas por área de galpão, significa, também, maior dissipação de calor (das próprias aves) por m<sup>2</sup> de alojamento, o que pode gerar sobreaquecimento do ambiente em níveis incompatíveis com o bom desempenho animal e, por conseguinte, levando a prejuízos ao lote. Simultaneamente, caso a renovação de ar não seja satisfatória, a qualidade deste é comprometida, agravando a situação.

A situação do Brasil próximo à linha do equador, numa das regiões mais quentes do mundo, e os problemas decorrentes do estresse calórico no desempenho avícola, fazem a criação em alta densidade só se tornar possível e

viável com a concepção de galpões novos ou readequação de galpões já existentes, dentro dos critérios exigidos pelo clima de cada região brasileira, de forma a permitir que a ave esteja sempre o mais próximo possível de sua faixa de conforto térmico para que altos índices de produtividade sejam atingidos.

Os recursos construtivos, a concepção arquitetônica dos galpões, o paisagismo circundante, assim como a intensificação da ventilação natural, podem contribuir muito para o sucesso do investimento. Em adição, sistemas de acondicionamento artificial envolvendo utilização de ventiladores, nebulizadores, aspersores e outros, também podem ser utilizados, necessitando para isso, adequado dimensionamento, específicos para cada uma das diferentes regiões climáticas brasileiras. Similarmente, a criação em alta densidade pode ser feita em galpões totalmente climatizados.

## **2.2. Evolução nas técnicas de alojamento para poedeiras - panorama mundial**

Segundo CAMPOS (1995), ultimamente, problema de alojamento de poedeiras vem se complicando principalmente nos países europeus onde a pressão exercida pelos ambientalistas no sentido de modificar os sistemas de criação de poedeiras é bastante forte; por outro lado, tal pressão tem sido benéfica porque diversas pesquisas vêm sendo realizadas buscando uma solução para o problema.

CAMPOS (1995), traçou histórico sobre a evolução dos alojamentos para aves poedeiras no qual relatou que desde a publicação de HARTMAN (1953) sobre a criação de galinhas em gaiolas, o sistema se popularizou praticamente em todas as empresas produtoras de ovos comerciais devido as inúmeras vantagens que o sistema oferecia, apesar do investimento inicial ser bastante elevado comparado com a criação tanto em ripado como em "cama". Inicialmente HARTMAN (1953) propunha a gaiola individual de postura com a grande vantagem de selecionar melhor a poedeira, entretanto QUISENBERRY (1955) propôs o "o programa espacial" para poedeiras com o objetivo de se estabelecer a área mínima nas gaiolas, além de outros tipos de gaiolas (coletivas), concluindo que gaiolas com mais de 10 aves eram menos produtivas comparadas com gaiolas de menos de cinco aves (QUISENBERRY, 1965). Por outro lado, inúmeros estudos relataram que o aumento de densidade nas gaiolas provoca uma redução na produção de ovos, sendo 300 cm<sup>2</sup> o espaço considerado como mínimo econômico para o alojamento de poedeiras (RUSZLER & QUISENBERRY, 1969).

À partir do início da década de 70, iniciou-se um movimento em prol do bem-estar das poedeiras em gaiolas em diversos países europeus, buscando dar às aves criadas em gaiolas, condições ideais para que as mesmas pudessem ter um comportamento semelhante àquele em condições naturais.

WEGNER (1990), apresentou um estudo sobre o bem-estar das aves, problemas e soluções, em diversos países europeus, de tal forma a possibilitar às aves se comportarem de maneira natural. NICOL (1990), estabeleceu como base para melhorar as condições de alojamento das aves em gaiolas a introdução de

ninhos, poleiros, área de lazer (areia); HUGLES & APPLEBY (1990) concluíram que a introdução de poleiros nas gaiolas reduz o espaço, mas melhora a resistência dos ossos das pernas; a introdução de uma área para ninhos, em torno de 660 cm<sup>2</sup> permite a redução do espaço nas gaiolas, além de permitir que as aves exerçam algumas atividades de comportamento, ou seja, cuidar das penas e espojar (NICOL, 1990). ELSON (1990) apresentou um sistema compacto em vários andares, com poleiros, ninhos além de um suporte com abrasivos para manter as unhas das aves sempre curtas à medida que elas vão se tornando velhas. WEGNER (1990) em diversos estudos com os sistemas modificados de gaiolas, concluiu que em termos de desempenho, não houve nenhum efeito, entretanto, ocorre que uma implicação econômica que deve ser considerada (CAMPOS, 1995).

Em termos legais, alguns países europeus já estabeleceram a densidade ideal por ave em gaiola que logicamente varia de país para país, como se segue:

Dinamarca (600 cm<sup>2</sup>), Alemanha (550 cm<sup>2</sup>), Suécia (480 cm<sup>2</sup>), Suíça (700 cm<sup>2</sup>), Inglaterra - varia de acordo com o número de aves por gaiola, ou seja, 3 = 550 cm<sup>2</sup>, 2 = 740 cm<sup>2</sup>, 2 para 1 = 1000 cm<sup>2</sup>; se comparar com os Estados Unidos, a média gira em torno de 315 cm<sup>2</sup>/ave; entretanto, de acordo com a Comunidade Européia, foi permitido à partir de 1º de janeiro de 1995, o alojamento de poedeiras em gaiolas na densidade mínima de 450 cm<sup>2</sup> e 10 cm de espaço nos comedouros por ave alojada (WEGNER, 1990).

Em termos futuros, os produtores devem estar preparados para enfrentar os problemas que certamente irão influir no comportamento das aves, e, em conseqüência, na comercialização dos ovos; assim, além dos países da Comunidade Européia, outros países, como Estados Unidos já estão se preparando, através de pesquisas sobre instalações e comportamento das aves com resultados bem evidentes capazes permitir sistema ideal de alojamento para as poedeiras (NA-LAMPANG & CRAIG, 1990).

### **3. Adequação do projeto ao ambiente**

A produção avícola, de uma maneira geral, por sua competitividade, requer construções simples, projetadas de forma que permitam o condicionamento térmico natural, sendo utilizado o sistema artificial somente quando os recursos naturais estiverem esgotados, ou quando a introdução de sistemas artificiais passar a ser econômica e/ou tecnicamente mais viável que o completo esgotamento dos recursos naturais.

Sendo assim, tendo como base a posição geográfica e o clima brasileiros, deve-se atentar para os seguintes pontos ao se planejar e projetar uma instalação para aves de postura:

### **3.1. Acondicionamento térmico natural**

#### **3.1.2. Localização - seleção de áreas:**

Devem ser observados os seguintes aspectos:

- Proximidade aos centros de consumo ; clima; salubridade (drenagem do solo, ventilação, insolação, espaço físico, topografia); infra-estrutura relacionada à comunicação, vias de acesso, energia elétrica, abastecimento d'água, crédito, associativismo, assistência técnica veterinária, etc.;

#### **3.1.3. Orientação:**

Para o clima tropical e sub-tropical o eixo longitudinal dos pavilhões avícolas deve estar orientado no sentido leste-oeste, com o que se conseguirá: que a superfície exposta a oeste seja a menor possível, evitando-se sobreaquecimento pela forte insolação nas longas tardes de verão; que ao dispor de uma fachada orientada totalmente a Norte, o sol de inverno, que sobe pouco no horizonte, penetre até o interior do edifício em decorrência do deslocamento paralelo do plano da trajetória aparente do sol para o norte, o que é desejável, enquanto no verão o próprio beiral atuará como guarda-sol (no caso do hemisfério sul); tendo duas fachadas, uma permanentemente quente e a outra permanentemente fria, favorece-se a ventilação natural naqueles edifícios que não dispõem de outro meio de ativá-la.

#### **3.1.4. Disposição das construções:**

O afastamento entre galpões, deve ser suficiente para que uns não atuem como barreira à ventilação natural nos outros. Assim, recomenda-se afastamento de 10 vezes a altura da construção, para os primeiros galpões a barlavento, sendo que do segundo galpão em diante o afastamento deverá ser de 20 a 25 vezes esta altura. Na pior das hipóteses, deve-se possibilitar afastamentos entre galpões de no mínimo 35 a 40 metros.

#### **3.1.5. Proteção contra a insolação:**

A principal causa do desconforto térmico dos galpões avícolas no verão é a insolação, a qual, durante o dia, contribui com a parcela mais substancial de calor que penetra na construção. Para atenuar este efeito, o primeiro artifício objetivando o conforto térmico em climas quentes é o sombreamento natural ou artificial.

### 3.1.5.1. Oitões

No caso das paredes laterais (oitões), que recebem frontalmente o sol de nascente e poente, a proteção pode ser feita pintando-as com cores claras, sombreando-as por meio de vegetação ou beirais, adotando paredes de grande capacidade calórica, como as dos tijolos maciços de barro ou blocos furados com no mínimo 15 cm de espessura, para aproveitar o fato de que a insolação é um fenômeno transitório e provocando o desejável amortecimento das variações da temperatura externa.

### 3.1.5.2. Coberturas

A principal proteção contra a insolação direta é conseguida através da cobertura, sendo que um bom material de cobertura apresenta temperaturas superficiais amenas, devendo para isto ter alta reflexividade solar conjugada a alta emissividade térmica na parte superior da superfície e baixa absorvidade solar conjugada a baixa emissividade térmica na parte inferior. A absorção de calor solar radiante pela telha é diretamente proporcional a superfície real exposta, por isso deve-se, para um mesmo material, dar preferência as telhas não rugosas. Os telhados mais usuais podem ser constituídos dos seguintes materiais, na seqüência de sua qualidade térmica, do melhor ao pior:

- isopor entre duas lâminas de alumínio (eficiente, porém dispendioso); sapé (susceptível ao ataque de pragas e fogo, temores quanto ao comprometimento sanitário); madeira compensada, ondulada, revestida na parte superior por lâmina de alumínio (durável, bom comportamento térmico, porém caro); alumínio simples (sujeito a danos por granizo e ventos, há referências de que são melhores que os de barro, porém oxidam com o tempo, perdendo a vantagem inicial, além de propiciarem barulho.); barro – (exige engodamento mais caro, apresenta frestas que atuam como bolsas de ar e permitem certa ventilação, o que é desejável, mas dificultam a limpeza); amianto – (comportamento térmico ruim, melhorando quando pintados de branco); Chapa zincada ou ferro galvanizado (mais durável e econômica e tão efetivo na redução da carga térmica de radiação quanto a chapa de alumínio, porém oxida mais rapidamente).

Para melhorar o comportamento térmico das coberturas pode-se lançar mão de alguns artifícios tais como:

#### *a) Uso de forros sob a cobertura*

O forro atua como uma segunda barreira física, a qual permite a formação de uma camada de ar móvel junto à cobertura, o que contribui sobremaneira na redução da transferência de calor para o interior da construção. Segundo COSTA (1982) esta redução é de 62% ao se passar de um abrigo sem forro para um abrigo com simples forro de duratex de 6 mm não ventilado e de 90% no caso de forro com ventilação. Os lanternins, quando bem planejados, contribuem muito nesta ventilação.

*b) Pinturas com cores claras e escuras*

Segundo vários pesquisadores, a combinação de cores que proporciona melhor resultado em termos de redução do desconforto térmico para climas quentes é a cor branca (que possibilita alta reflexividade solar) na face superior e a preta na face inferior do material de cobertura. Embora a superfície negra possua efeitos indesejáveis tais como: maior temperatura da superfície, maior emissividade e absorvidade, tem a vantagem de possuir baixa reflexividade. Assim a CTR sobre as aves torna-se menor. Quanto maior a radiação proveniente do solo aquecido e sombreado, maior a importância da pintura negra.

*c) Uso de materiais isolantes*

Isolantes sobre as telhas (poliuretano), sob as telhas (poliuretano, eucatex, lã de vidro ou similares), ou mesmo formando um forro abaixo da cobertura, podem se constituir ótima proteção contra a radiação solar. A disposição mais efetiva das três, consiste na colocação de um forro isolante que aproveite a camada de ar formada entre o mesmo e a cobertura.

*d) Materiais de grande inércia térmica*

Quando uma cobertura apresenta grande capacidade calórica, o calor que atravessa a mesma por transmissão de calor durante o dia é inicialmente consumido para o seu aquecimento. Como, a seguir, vem a noite, na qual a temperatura externa é normalmente menor que durante o dia, a cobertura, inicialmente aquecida, novamente tende a esfriar, de tal forma que o processo de transmissão de calor através da mesma, além de não ser permanente é bastante reduzido.

*e) Uso de aspersão de água sobre o telhado*

Com o objetivo de reduzir a temperatura da telha e circunvizinhança nas horas de calor intenso Deve-se, equipar o telhado com calhas no beiral para recolhimento e reaproveitamento da água, evitando-se umedecer os arredores do galpão.

**3.1.5.3. Beirais**

Os beirais nos climas quentes devem ser projetados de forma a evitar simultaneamente a penetração de chuvas de vento e raios solares. Em regiões muito chuvosas aconselha-se inclinação de 45 graus com relação ao piso. De uma maneira geral, recomenda-se beirais de 1,5 a 2,5 metros, em ambas as faces norte e sul do telhado, de acordo com o pé-direito e com a latitude.



### **3.1.6. Inclinação do telhado:**

A inclinação do telhado afeta o condicionamento térmico ambiental no interior do galpão, em dois pontos básicos: mudando o coeficiente de forma correspondente às trocas de calor por radiação entre o animal e o telhado e modificando a altura entre as aberturas de entrada e saída de ar (lanternim), que quanto maior a inclinação, maior será a ventilação natural devido ao termossifão. Inclinações entre 20° e 30° tem sido consideradas adequadas, atendendo condicionantes estruturais e térmicos ambientais.

### **3.1.7. Dimensões das instalações:**

#### **Largura do galpão e altura da cobertura:**

A largura a ser considerada para o galpão está relacionada ao clima da região e ao projeto de organização das gaiolas. Segundo HERMETO BUENO (1980), normalmente recomenda-se:

- larguras até 8,00 a 10,00 m - clima quente e úmido
- larguras até 10,00 a 14,00 m - clima quente e seco

No que diz respeito ao pé direito do galpão, este deve estabelecido em função do projeto de organização das gaiolas e da largura adotada, de forma que os dois parâmetros, em conjunto, favoreçam a ventilação natural no interior da instalação.

### **3.1.8. Lanternins:**

Para galpões com larguras iguais ou superiores a 8,0 metros, ou no caso de se utilizar mais de duas alas de gaiolas, o uso do lanternim é imprescindível. Este deve permitir abertura mínima de 10% da largura do galpão, em todo o comprimento da cobertura, com uma sobreposição de telhados com afastamento de 50% desta abertura ou, no mínimo 0,40 m.

### **3.1.9. Influência da vizinhança - paisagismo circundante**

A cobertura do solo, pode afetar grandemente a CTR (carga térmica de radiação) sobre as aves devido a diferença de reflexividade dos diferentes tipos de materiais e cores. A grama é a melhor opção para a área externa de galpões em climas quentes.

A possibilidade de existência de árvores na face leste ou oeste de construções abertas é muito desejável (como divisórias de alto amortecimento), para evitar a incidência da irradiância solar direta dentro das áreas das coberturas.

A vegetação em geral, seja promovendo sombra natural sobre as coberturas, seja criando regiões com microclima ameno, pode reverter completamente uma situação de desconforto térmico.

### **3.1.10. Renques de vegetação - quebra-ventos**

Destinados a deter ou reduzir a ação de ventos fortes ou muito frios sobre as construções. Tem sido usados também como proteção sanitária, funcionando como cordões de isolamento aos núcleos, principalmente de aves e suínos. Em sua maioria são naturais, sendo constituídos por: pinus, casuarina (zonas costeiras), eucalipto, milho, acácia, etc., dispostos perpendicularmente à direção dos ventos dominantes.

Os renques de vegetação, por sua vez, podem ter um objetivo inverso ao dos quebra-ventos, ou seja, o de incrementar a ventilação natural.

### **3.1.11. Cuidados com temperatura da água de consumo**

Manter a água de consumo das aves em temperatura ideal, próxima a 21 a 23°C, devendo-se, para isto proteger as tubulações de radiação solar direta. Assim, é importante evitar que as caixas de água e tubulações passem perto do telhado ou fiquem expostas ao sol. Quando as caixas de água estiverem fora do galpão, estas devem possuir cobertura ou isolamento. As tubulações podem ser enterradas ou protegidas com revestimentos térmicos como poliuretano. Em regiões de extremo calor, uma alternativa que pode ser adotada, é o resfriamento da água de bebida no reservatório.

### **3.1.12. Ventilação natural**

A ventilação natural permite alterações e controle da pureza do ar, promovendo o galpão de oxigênio, eliminando amônia, CO<sub>2</sub> e outros gases nocivos, excesso de umidade e odores (ventilação com finalidade higiênica), possibilitando, também, dentro de certos limites, controlar a temperatura e a umidade do ar nos ambientes habitados (ventilação com finalidade térmica), de tal forma que o ar expelido, quente e úmido, seja substituído e assim aumente a perda calorífica por convecção.

A ventilação natural pode e deve ser amplamente aproveitada nos climas quentes, o que se consegue com um criterioso estudo sobre as possibilidades propiciadas pelo clima, topografia do terreno, localização do setor avícola e organização espacial dos galpões, paisagismo natural e da própria construção (dimensões, desenho e localização das aberturas de entrada e de saída). Muitas vezes torna-se adequado prever renques de vegetação, com finalidade de canalizar o fluxo do vento para determinados pontos das construções, visando aumento ou redução de sua velocidade, conforme o caso.

## **3.2. Sistemas de condicionamento térmico artificial**

### **3.2.1. Ventilação forçada (dinâmica) - tipos**

A ventilação mecânica, além de ser independente das condições atmosféricas, apresenta as vantagens de possibilitar o tratamento do ar (filtração, umidificação, secagem, etc.), e a sua melhor distribuição.

#### **3.2.1.1. Exaustora ou sistema de ventilação de pressão negativa**

A qual força a saída do ar, criando um vácuo parcial na construção. Por sua vez, a diferença de pressão do ar, assim gerada, entre o interior e o exterior do abrigo, (pressão estática), succiona o ar externo para o interior da construção. Este é o sistema de ventilação mais comum para abrigos de animais domésticos quando se dispõe de controle de ambiente, como no caso de incubatórios avícolas, ou nos galpões climatizados. Praticamente inexistente na avicultura de postura brasileira.

Em um dos processos de climatização, nas extremidades laterais de uma das cabeceiras do galpão, são dispostas aberturas, onde é instalado um sistema de placas evaporativas ou nebulizadoras para resfriamento do ar que entra no alojamento. Na extremidade oposta podem ser locados exaustores, dimensionados para possibilitar a renovação de todo o ar do galpão a cada minuto, e a uma velocidade que pode chegar de dois metros a dois metros e meio por segundo. Assim, com o sistema em funcionamento, o ar é succionado por uma das extremidades, percorre todo o galpão e sai através dos exaustores, na extremidade oposta. O bom funcionamento do sistema depende da perfeita vedação do galpão, evitando-se perdas de ar. O sistema inclui painel para comando automático do funcionamento dos equipamentos, como arrefecedores (exaustores, placas evaporativas, cortinas, etc

#### **3.2.1.2. Sistema de ventilação de pressão positiva**

Na qual os ventiladores forçam o ar externo para dentro da construção, com aumento da pressão do ar. O gradiente de pressão interno-externo, assim gerado, movimenta por sua vez o ar interno para fora. É o sistema mais comum nas instalações avícolas abertas. No caso da avicultura de postura, os ventiladores devem estar dispostos paralelamente, nas linhas intermediárias às gaiolas, de tal forma que todas as aves, especialmente aquelas alojadas nas linhas centrais, sejam beneficiadas pela ventilação.

Um aspecto que pode explicar a baixa eficiência de boa parte dos sistemas de ventilação brasileiros é o fato de que, até início da década de 90, a velocidade máxima recomendada para movimentação do ar perto das aves adultas era de 0,2m/s no inverno e 0,5m/s no verão. Estes baixos limites foram estabelecidos por LLOBET & GONDOLBEL, 1980; VAQUERO, 1981; CURTIS,

1983, entre outros autores, devido a temores relativos a incidência de doenças pulmonares.

Hoje, os trabalhos demonstram que, na fase adulta e em condições de calor, a velocidade do ar pode chegar a 2,0 a 2,5m/s, valores estes ainda passíveis de discussão e comprovação. Contudo, é notório que o incremento da velocidade do ar tem efeito muito importante na sensação térmica da ave e conseqüentemente na redução do estresse calórico. BOND et ali (1955), ao estudarem os efeitos de velocidades do ar de 0,18 a 1,52m/s e de temperaturas de 10 a 38,7°C, verificaram que a dissipação de calor pelos animais aumentou com o aumento da velocidade do ar, em conseqüência do aumento na dissipação de calor por convecção e evaporação, embora tenha havido redução na dissipação de calor por radiação.

Segundo CUNNINGHAM (1995) e DONALD (1996), a movimentação do ar em torno das aves é capaz de provocar uma redução da sua sensação térmica, em até 8°C, quando alcança uma velocidade de 2m/s. Contudo, a possível vantagem da ventilação na dissipação do calor corporal se anula quando a temperatura do ar se iguala à temperatura corporal da ave, sendo muito prejudicial para valores superiores a este.

### **3.2.2. O resfriamento da temperatura do ar**

Um fato importante a ser ressaltado é que a ventilação simples, não possibilita a redução da temperatura do ar a ser incorporado ao ambiente e, desta forma, a temperatura mínima que se conseguirá obter no interior do galpão será exatamente aquela do ar externo usado na ventilação, a qual muitas vezes assume valores acima do desejável., tornando-se necessário promover o pré-resfriamento do ar que entra nas instalações.

Uma das formas mais efetivas de resfriamento do ar que podem ser adotadas em instalações abertas ou fechadas é o resfriamento adiabático evaporativo (SRAE), o qual possibilita uma redução substancial da temperatura do ar de até 12°C nas regiões mais secas, e em média 6°C nas condições brasileiras.

Os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE), consistem em mudar o estado psicrométrico do ar para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com água pulverizada ou aspergida. Como a pressão de vapor do ar a ser resfriado é menor que a da água de contato, ocorre vaporização da água; o calor necessário para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos e, conseqüentemente, do ambiente (WIERSMA & STOTT, 1983).

Uma vez que o SRAE consiste na redução da temperatura do ar com conseqüente aumento da umidade relativa, entende-se que sua maior eficiência ocorra em regiões de climas quentes e secos, com maior depressão de temperatura, o que é verdade; entretanto, é possível notar no ciclo diurno de certas regiões úmidas que a maior temperatura do ar é acompanhada pela menor umidade relativa, possibilitando assim o uso do SRAE nas horas de maior estresse calórico naquelas regiões.

Nas instalações avícolas, os SRAE em geral, deverão entrar em funcionamento sempre que a temperatura do ar ultrapassar a do limite de conforto e permanecerá funcionando enquanto a umidade relativa for inferior a máxima tolerada, que é geralmente em torno de 75% a 80%; processo este que poderá ser controlado automaticamente por umidostato e termostato.

O resfriamento adiabático evaporativo, ou simplesmente resfriamento evaporativo pode ser obtido por vários processos, os quais podem estar associados a sistemas de ventilação positiva ou negativa:

### **3.2.2.1. Sistema de ventilação positiva em modo túnel em associação a nebulização (SVPTN):**

A utilização do sistema de nebulização associado à ventilação positiva para utilização na avicultura de postura pode ser feita através do túnel de ventilação. O sistema túnel consiste em criar um fechamento lateral do galpão através de cortinas bem vedadas, permitindo duas aberturas similares, nas duas extremidades do galpão. Se o galpão possui lanternins, estes devem ser fechados com cortinas ou sistema de painéis de fechamento, afixados à terço superior através de dobradiças. Algumas vezes, a utilização de um forro para reduzir o volume de ar a ser carregado é desejável. Os ventiladores são posicionados ao longo do comprimento do galpão, entre as alas de gaiolas, de forma a succionar o ar de uma extremidade, e levá-lo para fora através da extremidade oposta da forma mais uniforme possível. A ventilação em túnel cria uma corrente de ar de alta velocidade, até 2,5m/s, gerando uma sensação térmica na ave que pode chegar de seis a oito graus centígrados abaixo da temperatura registrada no termômetro de bulbo seco, naquele momento, de acordo com CUNNINGHAM (1995) e DONALD (1996).

O sistema de nebulização possibilita um arrefecimento adicional do ar, através do processo evaporativo (em média 6°C para boa parte do Brasil), situação muito desejável nos momentos de estresse pelo calor. Nesse sistema, os ventiladores entram em funcionamento quando a temperatura interna do ar atinge 25°C.

As linhas de nebulizadores, dispostas na direção dos ventiladores, devem entrar em funcionamento quando a temperatura interna do ar atingir 29°C, com as cortinas laterais previamente fechadas. Quando a umidade relativa do ar atingir 80%, o sistema de nebulização deve ser desligado e as cortinas abertas, permanecendo em funcionamento apenas os ventiladores e a aspersão sobre a cobertura, saindo, portanto, das condições de túnel. Este sistema é acionado durante o dia quantas vezes as condições ambientais de temperatura e umidade permitirem.

O sistema de ventilação positiva no modo túnel e associado a nebulização, pode ser perfeitamente adaptado à maioria dos galpões de aves de postura brasileiros, bastando para isto tomar-se alguns cuidados no que diz respeito a melhoria do conforto térmico da instalação, por via natural (tais como promover aspersão sobre coberturas de amianto ou alumínio, melhorar cortinas de vedação, etc).

Este sistema de ventilação também pode ser empregado sem utilização de cortinas, ou seja, sem estar em modo túnel.

### **3.2.2.2. Sistema de material poroso acoplado a ventilador e tubo de distribuição de ar (SMPVT)**

Este processo de resfriamento, em uma de suas formas mais comuns para instalações abertas, consiste em forçar a passagem do ar por material poroso (o qual pode ser constituído por vários materiais) umedecido por gotejador de água, utilizando-se para isto um ventilador. Com este processo, o ar externo é resfriado antes de ser conduzido, por ventilação, ao interior do galpão, o que poderá se dar com a utilização de tubos perfurados para melhor distribuição da vazão. Assim, o SMPVT é capaz de tornar um sistema de ventilação comum mais efetivo.

No caso da avicultura de postura, os ventiladores devem ser dispostos da mesma forma que no túnel de ventilação descrito no item anterior, ou seja entre as alas de gaiolas.

## **4. Considerações finais**

Até recentemente, as técnicas de alojamento e o ambiente de criação das galinhas poedeiras foram, em parte, negligenciados pela avicultura de postura brasileira. Somente muito recentemente, com a perspectiva do processo de globalização que movimenta a economia mundial, passou a se buscar nas instalações e no ambiente, as possibilidades de melhoria no desempenho avícola e de redução dos custos de produção como forma de manter a competitividade.

O momento é de intensas transformações no setor e, ao absorver as novas tecnologias de manejo, especialmente no caso de se adotar a elevação da densidade de alojamento através da verticalização das linhas de gaiolas, deve-se destinar atenção redobrada a nova necessidade ambiental exigida para o galpão das aves.

É importante considerar que, ao se projetar ou reformar uma instalação para aves poedeiras, o primeiro cuidado que se deve ter é a atenta observância ao acondicionamento térmico natural, baseado no conhecimento das possibilidades de intervir sobre as variáveis do meio para melhorar a habitabilidade térmica dos espaços por meios puramente naturais. A forma e a orientação dos volumes conjuntamente com os dispositivos que controlam a radiação solar; a seleção adequada dos materiais e procedimentos construtivos; a previsão de uma ventilação natural perfeitamente controlada, o paisagismo circundante, etc., são todos elementos que podem ser explorados com vistas ao oferecimento do conforto térmico exigido para máximo desempenho produtivo das aves. O acondicionamento térmico artificial muitas vezes é fundamental, mas deve vir como recurso auxiliar ao acondicionamento natural.

## 5. Referências bibliográficas

- CAMPOS, E. J. Programa de alimentação e nutrição para aves de acordo com o clima - Reprodutoras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 27-30 jul. 1995, Campinas. *Livro de textos*, Campinas: FACTA, 1995. p.251-257.
- COSTA, E. C. *Arquitetura ecológica, condicionamento térmico natural*. 5:ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 264p.
- CUNNINGHAM, D. L. Poultry production systems in Georgia, costs and returns. Analysis cooperative extension service, College of Agricultural and Environmental Sciences, The University of Georgia, Athens, GA 30602 4356, 1995.
- DONALD, J. Considerações básicas sobre ventilação em galpões de integração de aves. 1996. 22 p. (Circular ANR, 956)
- ELSON, H. A., 1990. Recent development in laying cages designed to improve bird welfare. *World's Poultry Science Journal*. 46: 34-37.
- HUGLES, B.; APPLEBY, Maturidade Sexual. C. 1990. Cages modified with perches and nest for the improvement of bird welfare. *World's Poultry Science Journal*, 46: 38-40.
- MIDDELKOOP, K. 1995. Poultry grows efficiently on a ventilated litter floor. *World Poultry*. 11:44-45.
- NA-LAMPANG, P; CRAIG, J. V. 1990. Cage and floor rearing effects on subsequent behavior of White Leghorn layers in multiple-bird cages. *Poultry Science* 69: 1652-1658.
- NICOL, C. 1990. Behaviour requirements within a cage environment. *World's Poultry Science Journal*, 46;31-33.
- SMITH, W. K. Poultry housing problems in the tropics and subtropics. In: CLARCY, J. A. *Environmental aspects of housing for animal production*, Butterworths, London, 1981. 51 p.
- TINÔCO, I. F. F. Estresse Calórico - meios naturais de condicionamento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 27-30 jul. 1995, Campinas. *Livro de textos*. Campinas: FACTA, 1995. p. 99-108.
- TINÔCO, I. F. F. Instalações e Ambiente na Avicultura Industrial. In: *Construções Rurais*. (Cap. I - pag. 01-83) . SBEA. Editora UFLA. 1998
- WEGNER, R. 1990. Experience with the get-away cage system. *World's Poultry Science Journal*. 46:41-47.
- WEGNER, R. 1990. Poultry welfare - problems and research to solve them. *World's Poultry Science Journal*. 46:19-30.
- WIERSMA, F.; STOTT, G. H. Evaporative cooling. In: HELLICKSON, M. A.; WALKER, J. N. (Ed.) *Ventilation of Agricultural Structures*, 2.ed. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1983. 370p., p.103-18.

# AVANÇOS NA ÁREA DE EQUIPAMENTOS PARA POSTURA

*Eduardo Villas Boas Scarpa*

Méd. Vet., Granja Santa Clara, Passa Quatro, Minas Gerais

## 1. Introdução

Com a chegada real da globalização, há uma necessidade urgente de todos os setores da economia nacional se ajustar para que possa sobreviver.

O setor agropecuário para continuar "vivo", está numa tendência obrigatória de se modernizar, para que tenha uma melhor produtividade e daí então sobreviver.

Um dos passos para a modernização é a automação:

Automação = conjuntos de aparelhos que imitam os movimentos humanos.

(como a ave doméstica é metódica, este conceito de automação se aplica muito bem a uma empresa que se preocupa em produzir ovos para abastecer o mercado de consumo).

Então, falaremos dos passos que a avicultura de postura tem dado ao longo dos anos e na utilização hoje de um conjunto de aparelhos e estruturas que possibilitem a exploração avícola, fazendo com que exploremos todas as práticas de manejo e todo o potencial genético das aves, sem variações que venham prejudicar as aves e com uma constante preocupação em reduzir o custo do produto produzido = ovo.

## 2. Estágios da avicultura de postura

- galpões de 500 a 1000 aves no chão, com ninhos para postura dos ovos;
- galpões em estilo "t", para 1500 a 3000 aves em gaiolas.
- galpões com gaiolas no esquema piramidal, já com capacidade para 9000 aves;
- gaiolas em esquema piramidal, elevado, sendo as gaiolas com capacidade para 06 aves, colocadas em um segundo piso, com capacidade média para 20.000 aves.

Atualmente:

- galpões com capacidade para 100.000 aves, com coleta de ovos, retirada de esterco, distribuição de ração, controle de iluminação e ventilação, realizados automaticamente.

## 3. Descrição da Atividade Criatória X Seu Avanço

### a) arraçoamento

Inicialmente era realizado através de conchas, depois tratadeiras manuais que eram colocadas sobre cada comedouro, e hoje temos situações mecanizadas tipo corrente, helicóides, e arraçoadores mecânicos gravitacionais os quais evitam o desbalanceamento da ração, permitem que as aves se alimentem



mesmo quando na passagem do arraçoador, além do que nos dá a facilidade de se desejarmos, até trabalharmos com rações específicas para os períodos do dia:

Ração: específica para o período da manhã  
          específica para o período da tarde

nos possibilita também o consumo não competitivo entre as aves (pela facilidade em se realizar o arraçoamento), uniformização da ração no comedouro, facilidade de ingestão do alimento e queda brutal no desperdício.

**b) água de bebida:**

Inicialmente, as calhas eram colocadas sobre a cama, com protetores para que as aves não empoleirassem sobre a calha. Depois passamos pelo período das calhas colocadas nas gaiolas, com sérios problemas para a limpeza e derrame de água no esterco. Passamos então para os bebedouros tipo taça e nipple, e atualmente trabalhamos com o bebedouro tipo nipple sobreposto a uma calha, para que a ave tenha certa facilidade para encontrar a água e para que não tenhamos nenhum problema de água derramada no esterco.

**c) iluminação:**

Controlada por célula fotoelétrica, para que consigamos manter o nível de luminosidade dentro do galpão nunca abaixo do previsto

**d) mão de obra x utilização ideal:**

Qual a função do homem (tratador) hoje?  
retirada das aves mortas  
limpeza geral do aviário  
conferir o funcionamento das máquinas  
interferência mínima no dia a dia das aves.  
preocupação básica =       relação: homem x ave alojada

**e) conforto das aves:**

O avanço nos equipamentos de postura está também muito relacionado com este item, pois quanto mais confortável a ave se encontrar, certamente melhor será a sua produtividade.

Busca da temperatura ideal = cortinas, ventiladores e aspersores com acionamento controlados por sensores

Retirada constante do esterco = presença de gases, moscas, fatores infectantes;

Facilidade para ingestão de alimento;

Facilidade para ingestão de água;

Foto período auto regulável em todos os níveis do galpão, tentando se evitar ao máximo as zonas de sombreamento;

Qualidade do piso da gaiola, com “amortecedores”, para reduzir ao máximo o stress de gaiola.

**f) Manuseio dos ovos:**

Os ovos são transportados por esteiras até a máquina classificadora, que já o coloca nas embalagens programadas, e daí estão prontos para serem distribuídos nos pontos de vendas.

#### **4. Conclusão**

Todos os avanços estão sendo realizados, com o intuito de explorar o máximo potencial genético das aves, com o menor índice de perda, melhorando assim a produtividade, procurando tornar a avicultura de postura competitiva na situação de mercado atual.

Os dados aqui apresentados são frutos do trabalho realizado a campo.

## SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA AVES

*Donato Moro*

*Rooster S.A. - Indústria de Equipamentos, Urussanga, SC*

### 1. Introdução

As aves são animais capazes de regular a temperatura corporal pois são homeotermos, possuindo um centro termorregulador no sistema nervoso central. O hipotálamo é o órgão que funciona como termostato fisiológico controlando a produção e dissipação de calor por diversos mecanismos como o fluxo de sangue na pele (mecanismo vaso-motor), mudança na frequência cardíaca e respiratória, modificação da taxa metabólica, entre outros.

Aves em particular possuem o aparelho termorregulador pouco desenvolvido, são animais sensíveis ao frio quando pequenos e ao calor quando adultos.

Para cada espécie de animal existe uma faixa de temperatura de conforto, conhecida como zona termoneutra, que é definida como a faixa de temperatura ambiente efetiva, onde a produção é ótima.

Em temperaturas abaixo da zona termoneutra, o animal necessita aumentar a taxa de produção de calor para manter a homeotermia. Acima desta, se encontra a região onde o animal deve perder calor para manter a temperatura corporal constante. Como a zona termoneutra da ave varia com a idade, sexo, estado fisiológico, as condições ambientais que proporcionam conforto não são constantes.

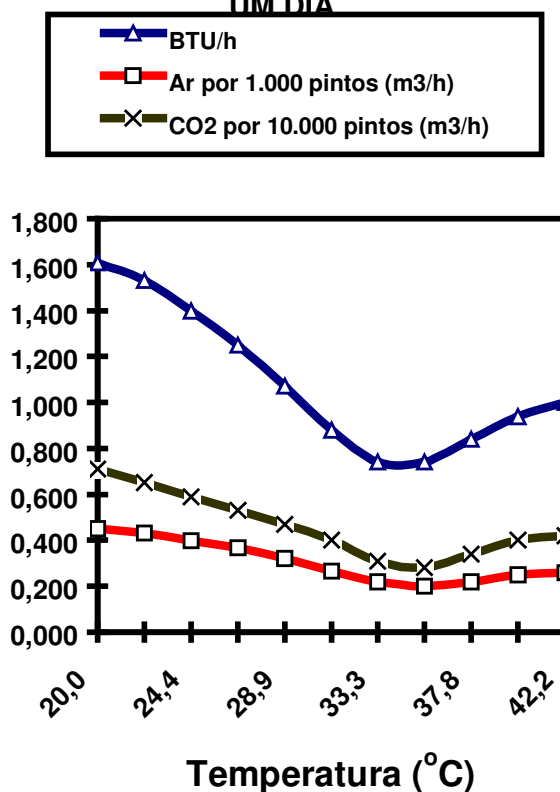
Barrott, Byerly e Pringle determinaram a produção de calor (BTU), as exigências de oxigênio e o volume de dióxido de carbono expelido por pintos de um dia em diferentes temperaturas ambientes. Pela análise dos resultados desse estudo, observamos que a zona de conforto para pintos de um dia se situa na faixa de 33 a 36 °C, pois é nesta faixa que há uma menor produção de calor, uma menor produção de CO<sub>2</sub> e uma conseqüente menor necessidade de ar para satisfazer as necessidades de oxigênio.

A Tabela e o gráfico a seguir caracterizam de forma clara a zona termoneutra para pintinhos de um dia.

Tabela 1. Alterações do metabolismo em pintos de um dia com relação às variações da temperatura ambiente

Temperatura ambiente (°C)	Calor produzido por pinto (BTU/h)	Ar necessário por 1.000 pintos (m <sup>3</sup> /h)	CO <sub>2</sub> expelido por 1.000 pintos (m <sup>3</sup> /h)
20,0	1,61	0,450	0,071
22,2	1,53	0,433	0,065
24,4	1,40	0,399	0,062
26,7	1,25	0,368	0,057
28,9	1,07	0,300	0,045
31,1	0,88	0,266	0,040
33,3	0,74	0,263	0,031
35,6	0,74	0,201	0,028
37,8	0,89	0,218	0,034
40,0	0,94	0,249	0,040
42,2	1,00	0,258	0,042

ALTERAÇÃO DO METABOLISMO EM PINTOS DE UM DIA



## 2. Mecanismos de transmissão de calor

São conhecidos três processos de transmissão de calor:

**1- Condução:** a transmissão de calor por condução envolve a transferência de energia de molécula para molécula, sempre do corpo mais quente para o mais frio. A transferência de calor por condução depende da condutividade térmica do meio para onde o calor está sendo transmitido, por exemplo, ar, material da cama, água.

**2- Convecção:** a transmissão de calor por convecção envolve o movimento do ar. O ar em contato com uma superfície quente, torna-se menos denso e eleva-se, sendo substituído por um ar mais denso e mais fresco. Isto é uma convecção natural, no entanto, se a ave é exposta a uma convecção forçada, mais calor poderá ser transferido.

**3- Radiação:** o calor na forma de ondas eletromagnéticas é transferido da superfície mais quente (aquecedor) para as aves, que possuem uma temperatura menor, ou seja, sempre do corpo mais quente para o mais frio. As aves podem absorver grande quantidade de calor por radiação emitida, por superfícies como telhado, instalações, além da radiação direta do sol e das fontes de aquecimento. Outro fato a ser mencionado é o de que o direcionamento das ondas de radiações não é influenciado por correntes de ar (ventos).

## 3. Sensação térmica

Um fator muito importante que deve ser levado em conta quando se trata de conforto térmico é a sensação térmica, ou seja a sensação que a ave está tendo no ambiente, quando sujeita, por exemplo, a presença de ventos ou radiação térmica. Portanto a simples medição da temperatura no ambiente não é indicativo de que o mesmo esteja proporcionando conforto térmico.

O exemplo claro deste efeito é quando se está fornecendo calor através de uma fonte de radiação infravermelha. A sensação de calor é maior daquela que indica a temperatura medida em um termômetro comum. Para se ter uma avaliação adequada devemos utilizar para medição um termômetro de bulbo negro, isto é, um termômetro que seu bulbo de medição esteja envolto em um invólucro pintado de preto para receber as radiações infravermelhas.

## 4. Aquecedores

Vários tipos de aquecedores foram utilizados ao longo do tempo com o objetivo de fornecer calor e proporcionar conforto térmico às aves no período inicial de desenvolvimento. A evolução na concepção dos aquecedores deu-se sempre na busca de uma melhor forma de transferir o calor com um menor consumo de energia.

## 4.1. Tipos de aquecedores

### Aquecedores a lenha

Este foi um dos primeiros métodos utilizados para o aquecimento de aves no período inicial. Caracteriza-se por utilizar a lenha como combustível, e o calor é transmitido às aves principalmente por meio da condução através do ar.

A grande desvantagem deste tipo de aquecedor é que o controle da temperatura é praticamente impossível de ser feito, devido à forma com que o combustível (lenha) é queimado, isto é, em bateladas. Outra desvantagem é que geralmente a combustão não é completa, o que acarreta a concentração de gases nocivos no interior do aviário.

### Aquecedores elétricos

Constituídos basicamente por uma resistência ou lâmpada incandescente e um refletor. Estes aquecedores caracterizam-se por transmitir o calor através da condução e da radiação, gerado pela incandescência da resistência ou do filamento de tungstênio da lâmpada.

São de fácil manuseio, porém frágeis, sua produção de calor é constante e sua vantagem é a não geração de gases tóxicos (CO e CO<sub>2</sub>). Atingem uma pequena quantidade de aves, o que acarreta um grande número de aquecedores por aviário. A grande desvantagem deste tipo de aquecedor é o custo da energia elétrica, que nos dias atuais torna proibitiva sua utilização.

### Aquecedores a gás

São os mais comumente utilizados na avicultura industrial, sendo os que apresentam o menor custo com a geração da energia térmica pois utilizam para isto tanto o gás natural quanto o gás liquefeito de petróleo (GLP).

Estes aquecedores, dependendo de seu tipo, permitem desde um aquecimento localizado até o aquecimento de todo o ambiente onde estão alojadas as aves. São bastante funcionais devido sua resistência, baixo índice de manutenção e mobilidade, podendo ser reinstalados com facilidade e rapidez.

Existem no mercado vários tipos destes aquecedores, com diversas concepções quanto a forma de transmitir calor, maneiras de instalação e meios de controle da temperatura de operação.

### Aquecedores tipo campânulas

Foram os primeiros tipos de aquecedores a gás a serem utilizados na avicultura, sendo sua denominação derivada do formato de seu refletor. Caracterizam-se por possuir um queimador de gás do tipo convencional onde o

calor é transmitido principalmente pela condução através do ar e também da convecção.

Devido a estas características devem ser instalados a pouca altura do chão e conseqüentemente das aves, o que ocasiona uma distribuição não uniforme da temperatura em seu raio de ação. Este gradiente de temperatura pode variar desde 50 °C em seu centro até aproximadamente 30 °C em suas bordas, onde se localizam os pintinhos. Outro fato relacionado à baixa altura de instalação é que os gases provenientes da combustão se alojam abaixo da campânula, podendo atingir os pintos prejudicando o aparelho respiratório.

O controle de temperatura é praticamente inexistente, pois sua chama tem somente duas regulagens: alta e baixa e feita manualmente. Sua instalação é geralmente individualizada, isto é, um botijão de gás para cada aquecedor, sendo dotado de uma válvula reguladora de pressão e mangueira de conexão. Possuem uma capacidade reduzida de aquecimento, sendo recomendados para no máximo 500 pintos.

### **Aquecedores com placa cerâmica**

São uma evolução dos aquecedores de campânula, onde se adicionou uma placa de cerâmica refratária para que se pudesse fazer uso do efeito da radiação. A chama do queimador incidente na placa de cerâmica faz com que a mesma se torne incandescente e desta forma transfira calor por intermédio da radiação.

Devido a utilização relativa do efeito de radiação estes aquecedores podem ser instalados a uma altura um pouco superior aos anteriores, sendo que a distribuição da temperatura é relativamente melhorada, porém apresentam ainda uma considerável variação entre o centro e as bordas. Apresentam como desvantagem a fragilidade da placa cerâmica, que pode quebrar-se no manuseio do aquecedor.

O controle de temperatura é feito através de um termostato com filamento de mercúrio, acionando o aquecedor à plena potência ou deixando-o apenas com uma chama piloto para permitir o reacendimento. Esta maneira de controle faz com que se tenha uma variação da temperatura entre os períodos de plena potência e os de chama piloto. Possuem uma capacidade mediana de aquecimento, sendo recomendados para aquecer entre 700 a 800 pintos.

### **Aquecedores tipo infravermelhos**

Foram os aquecedores desenvolvidos para utilizar plenamente o princípio de transmissão de calor através da radiação. A combustão do gás se dá diretamente em queimadores metálicos de alta capacidade de suportar o calor, tornado sua superfície totalmente incandescente e desta forma transferindo o calor principalmente pela radiação.

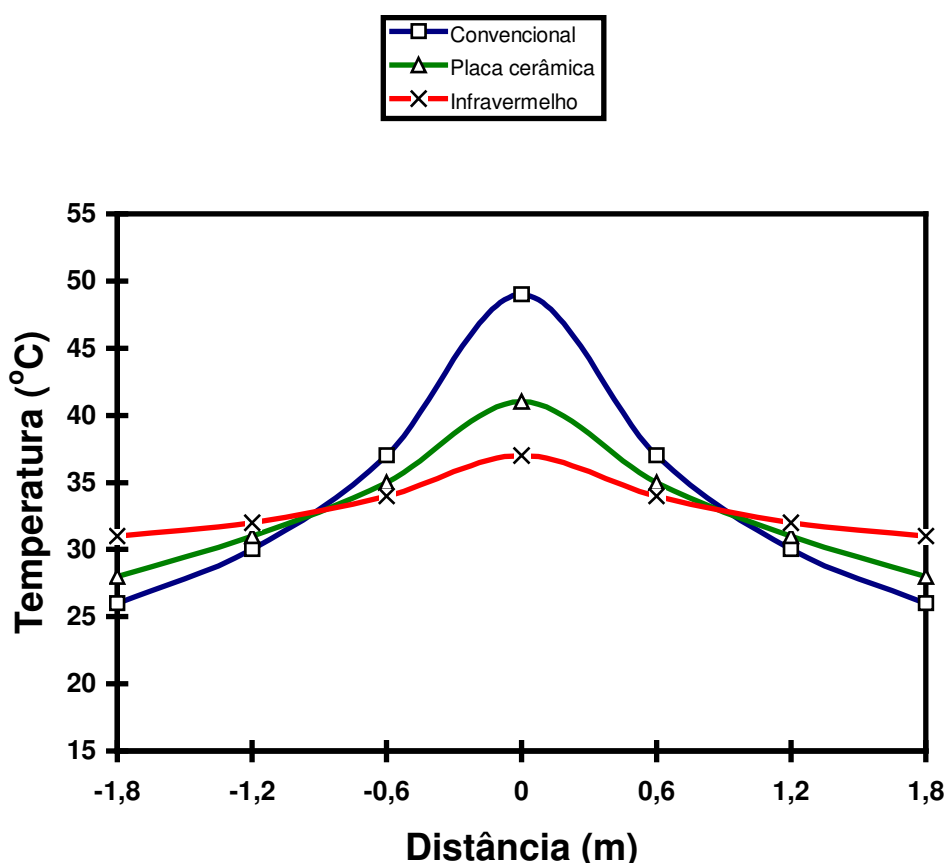
Geralmente possuem refletor de reduzidas dimensões localizado bem próximo ao queimador para uma melhor eficiência na transmissão do calor. Sua instalação se dá geralmente a uma altura considerável do chão, podendo variar

entre 0,90 a 1,20 m. Estas características aliadas ao fato de que todo o ar necessário para a combustão provem de um filtro ou tomada de ar localizados na parte superior traseira do aquecedor, faz com que os gases provenientes da combustão não atinjam as aves, sendo rapidamente retirados do ambiente pelo efeito da convecção. Isto é de uma importância capital pois qualquer exigência maior do aparelho respiratório nesta fase pode ter reflexos no futuro, como a contribuição no aparecimento de ascitis.

A distribuição da temperatura é bastante uniforme, sendo que não se verifica diferenças maiores que 5 °C entre o centro e as partes externas atingidas pela radiação. A área atingida também é bastante grande, chegando de 3,60 a 4,00 m de diâmetro. Isto faz com que a capacidade de aquecimento atinja 1.000 pintinhos ou mais por aquecedor.

No gráfico a seguir pode-se ter uma visão da distribuição da temperatura para os diversos tipos de aquecedores descritos anteriormente. As medições foram realizadas a partir do centro de atuação dos aquecedores para as bordas, verificando suas variações à medida que afasta-se do centro.

#### DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA



O controle da temperatura pode ser feito de diversas maneiras, uma vez que este o tipo de queimador geralmente utilizado permite a combustão do gás numa faixa muito ampla de pressão. Por exemplo para o GLP as pressões podem



variar desde 20 a 1.400 mbar. Para a utilização de controles de temperatura automatizados utilizam-se instalações centralizadas de gás compostas de uma central de armazenamento, sistema de controle e linhas de distribuição.

### **Controle por termostato**

Este controle pode ser utilizado tanto para instalações centralizadas quanto para as individualizadas. Consta de um termostato de mercúrio em que seu filamento é mantido na região próxima onde vão ficar as aves, controlando a emissão de gás para a plena potência ou apenas com a chama piloto para permitir o reacendimento. Como no modelo de placa cerâmica este controle faz com que se tenha uma variação da temperatura entre os períodos de plena potência e os de chama piloto.

### **Controle eletrônico**

Este tipo de controle que utiliza sensores e comandos eletrônicos é o que atualmente está em maior uso devido a facilidade que oferece quanto a maneira de se programar a temperatura desejada e a sua precisão de leitura oferecida. Estas características fazem com que se tenha um uso mais racional do gás, o que acarreta uma economia. Possuem ainda a possibilidade de serem interligados a outros tipos de controles do aviário, como ventilação, arraçamento, fluxo de água, etc., estando desta maneira ligados a um microprocessador ou mesmo a um microcomputador. Os sensores eletrônicos são do tipo de bulbo negro para captarem o efeito da radiação térmica e ficam situados a uma altura aproximada de 20 cm na região onde devem permanecer as aves.

### **Controle eletrônico com múltiplos estágios**

É o tipo de controle que utiliza para operacionalizar a quantidade de gás suprida ao aquecedor três válvulas reguladoras de pressão, comandadas por válvulas solenóides, cada uma delas regulada em uma pressão específica. A primeira geralmente é utilizada em uma pressão mínima para manter o aquecedor em funcionamento, emitindo uma pequena quantidade de calor. A segunda, chamada de intermediária, utiliza uma pressão média (por ex. 500 a 700 mbar), onde geralmente a quantidade de calor emitida é a metade da capacidade total de aquecimento desejada para aquele período. A terceira é regulada para oferecer a capacidade máxima de geração de calor para aquele período, podendo chegar a 1.400 mbar.

O princípio de funcionamento é o de as válvulas ficarem alternando as condições de pressões conforme as exigências de calor para cada período ou condição climática. As variações de temperatura são poucas uma vez que fica-se modulando a quantidade de gás, adequando-a às necessidades específicas.

### **Controle eletrônico com válvula proporcional**

Este tipo de controle utiliza um servo motor comandado eletronicamente para acionar uma válvula reguladora de pressão. Esta válvula modula a quantidade de gás conforme a necessidade de calor requerida pelas aves, abrindo ou fechando o diafragma, para desta forma fornecer uma maior ou menor pressão.

É um tipo de controle mais sofisticado, necessitando para o seu perfeito funcionamento um fornecimento de energia elétrica de qualidade, o que não é muito comum em instalações avícolas, uma vez que as mesmas geralmente se encontram em lugares afastados e em final de redes.

### **Outros tipos de aquecimento**

Existem outros tipos de aquecimento utilizados para aplicações específicas, tais como gaiolas para recria de poedeiras, aquecimento ambiental para aviários completamente fechados (dark house), etc.

Um destes tipos de aquecimento é aquele utilizado para aquecer as aves através do piso por meio de canalizações que levam o calor por intermédio de um fluido térmico.

Outro tipo é aquele utilizado para aquecimento de ambientes como um todo, que usa para isto um gerador de ar quente. Ultimamente estes geradores de ar quente foram bastante desenvolvidos, fazendo com que a emissão de gases nocivos seja bastante reduzida. São aquecedores de grande capacidade e sua operação pode ser completamente automatizada, utilizando para isto reguladores de quantidade de gás comandados eletronicamente através de sensores instalados no ambiente.

## MISTING SYSTEMS FOR POULTRY – DIMENSION AND APPLICATIONS

*Robin P.<sup>(1)</sup>, Souloumiac D.<sup>(1)</sup>, Oliveira P.A.<sup>(2)</sup>*

<sup>(1)</sup>I.N.R.A. Bioclimatologie, 65 rue de Saint-Brieuc  
35042 Rennes cédex (France), Fax : (33) 99.28.54.30

<sup>(2)</sup>Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21,  
89.700-000 Concórdia, SC (Brasil), Fax : (55) 494.42.8559

### Resumo

O uso de nebulizadores (resfriamento evaporativo) constitui-se em uma forma econômica de reduzir a temperatura no interior da edificação com criação de aves. Este sistema existe, atualmente, em numerosas edificações avícolas dotadas de ventilação natural ou mecânica. A utilização de exemplos de edificações com ventilação natural adotados neste trabalho, se deve ao nível de segurança que o sistema oferece aos animais, em função da continuidade absoluta de renovação do ar e da menor sensibilidade aos problemas relativos a eletricidade e ao tempo de solução destes problemas. Os autores demonstram, no trabalho, como as áreas de abertura de ventilação e os nebulizadores podem ser dimensionados para diferentes climas, densidade animal e diferentes valores de isolamento térmica das edificações. Também é demonstrado que para otimizar os nebulizadores deve haver uma regulação conjunta da renovação do ar da edificação e d'água utilizada considerando os diferentes tipos de edificações, clima e densidade animal. Para atender os objetivos citados, os autores utilizaram uma modelização interativa baseada no conhecimento atual em matéria de produção de calor pelas aves e da ventilação natural. O modelo proposto permite calcular a área de abertura da ventilação e a vazão d'água dos nebulizadores, bem como a temperatura e a umidade relativa interna.

### Abstract

Evaporative cooling is an economic mean to reduce the air temperature in livestock buildings. It is already used in many poultry buildings equipped with natural or mechanical ventilation. The example of naturally ventilated livestock buildings is chosen here because the animal survival, that is tightly bounded to the uninterrupted air renewal, is less sensitive to interruptions of the electrical current supply or unexpected breakdown delays. The authors show how the opening surface and the cooling rate can be adapted to a large range of climates, animal densities, and building insulation. They also show that the optimal cooling effect depends on the simultaneous regulation of the ventilation and cooling rates for given conditions of building, animal density, and climate. For these purposes they use iterative calculations based on present knowledge on animal

heat production and natural ventilation. This modelling approach allows to calculate either cooling and opening or inside temperature and relative humidity.

## Résumé

Le refroidissement évaporatif constitue un moyen économique de réduire la température dans les bâtiments d'élevage. De tels systèmes existent déjà dans de nombreux bâtiments avicoles équipés de ventilation statique ou dynamique. L'exemple des bâtiments statiques est privilégié ici car la survie animale, qui est étroitement liée à la continuité absolue du renouvellement d'air, y est moins sensible aux pannes électriques et aux délais inattendus de dépannage. Les auteurs montrent comment la surface d'ouvrant et le cooling peuvent être adaptés à une large gamme de climats, densités animales et isolation de bâtiments. Ils montrent aussi en quoi le refroidissement optimum dépend de la régulation conjointe du débit d'air et du débit d'eau pour des conditions données de bâtiment, climat et densité animale. Pour atteindre ces objectifs, ils utilisent une modélisation itérative basée sur les connaissances actuelles en matière de production de chaleur par les animaux et de ventilation naturelle. Cette modélisation permet de calculer soit la surface d'ouvrant et le débit d'eau, soit la température et l'humidité relative internes.

## 1. Introduction

Intensive animal production is cost effective and environment friendly (Moller *et al*, 1996) since it reduces the labour and the mass fluxes per animal. Animal mortality however increases both the cost and the environment impact of the production. The risk of animal mortality is highest when the animals reach the slaughter weight and have the highest need of air renewal. This risk increases when the animals are bred at high stocking densities, in closed buildings (mechanically ventilated), and during hot climatic periods. In such situations, an interruption of air renewal of one hour leads to the death of nearly all animals. Building conception should account for the maintenance and breakdown facilities on the production site in order to achieve the uninterrupted air renewal for a realistic range of animals, building and climate. Evaporative cooling with misting systems associated with natural ventilation reduces the risk of animal mortality during hot periods when the breakdown delay is over one hour. It also allows a better temperature regulation inside the building that is closely related to animal food consumption and growth. Misting systems as well as natural ventilation automatically regulated require a low electrical power and a low water consumption. This should be considered in countries like Brazil where both animal densities and wholesale price are low for broilermeat production (PI, 1996). For this production in France, the annual cost of excessive temperatures (mortality and lower performances) is estimated to 40 millions FF (Bouvarel & Franck, 1994). In 1995, over 1 million broiler chickens died in Brittany (France) because of excessive temperatures (Amand, 1996). The risk appears for outside

temperatures above 30°C with stocking density limited to 16 birds/m<sup>2</sup>. Common experience show that with the usual animal densities (16 to 22 broilers/m<sup>2</sup> on litter) irreversible damages appear around 35°C in the house. Thus, we guess that evaporative cooling will allow a correct temperature regulation provided the enthalpy of the outside air is less than 80 kJ/kg dry air. Franck (1995) discusses the efficiency of equipments. He stresses on the facts that smaller buildings have less mortality and that the use of cooling equipments is not optimum. The major point appears to be the simultaneous regulation of water and ventilation rates in order to conserve the fresh air and to evacuate the water vapor. Such regulation systems were already mentioned by Strom & Zhang (1989) for heating and ventilation.

The CIGR (1984), the DIN 18910 (1992), and Amand (1998) show how to calculate the ventilation and heating needs of livestock buildings. The CIGR (1992) added a chapter on cooling (Chapini & Christiaens). They review the literature for upper critical temperature and propose values for cows and pigs. They also propose the calculation of cooling water and ventilation rates as a function of climate (temperature and relative humidity), and sensible heat production in the house.

In naturally ventilated buildings, the ventilation rate depends on the opening surface, for a given height between the lower and the upper openings. The dimension of the openings must be chosen for the worst case, i.e. on the basis of pure buoyancy effects (without wind). Souloumiac (1995) showed that wind effects can only increase the air renewal for buildings with two side openings and one roof opening, and that wind has a lower effect when evaporative cooling is used. The theoretical basis of building ventilation with air density differences is often attributed to Emswiler (1926). Bruce (1978) showed the application to livestock buildings. Bartussek (1986, 1989) studied the interaction between conductive losses and air flux. Souloumiac and Itier (1989) introduced the role of the latent heat production and show its importance during hot periods. It is due to the increase of latent heat fraction of the metabolism energy production when the ambient temperature increases. The latent heat fraction is higher at high stocking densities (Bond *et al*, 1954). The latent heat production is increased by the litter that delivers around 80% of latent heat. The latent heat is finally increased by the water rate of the misting system. The opening surface must be carefully checked when misting systems are used because first the increase in air humidity has an opposite buoyancy effect to the decrease in air temperature, and second the water vapor must be taken off by the air renewal. Robin & Souloumiac (1995) and Souloumiac *et al* (1998) showed from real building observations, from experimental conditions at high stocking density, high outside temperature, and without wind, and from theoretical study that these two opposite effects can not lead to the lack of air renewal.

This paper has two objectives: first, to show how the opening surface and the cooling rate can be adapted to a large range of climates, buildings and stocking densities; second to show how the optimal cooling effect (a compromise between temperature decrease, inside relative humidity, water consumption) is achieved through the simultaneous regulation of opening (ventilation) and water rate. These objectives are achieved through a modelling

approach based on existing knowledge on animal heat production and natural ventilation of buildings. For the constructing purpose we calculate the cooling and ventilation rates. For regulation study we calculate the temperature and humidity inside.

## 2. Materials and method

The model calculates the sensible and latent heat productions from the CIGR (1984) because it uses only the weight of animals. The theory of air ventilation in livestock houses during hot periods is taken from Souloumiac (1995). The physics of moist air is taken from Queney (1974).

Total heat production is taken from Eq. (1):

$$H_{tot.b} = 10 \times m_b^{0,75} \quad (1)$$

where  $H_{tot.b}$  is the total heat production (W/bird), and  $m$  the mass of birds (kg/bird, here taken as 2kg). The sensible fraction is given by Eq.(2):

$$H_{sens.b} = H_{tot.b} \times \left( 0,8 - 1,85 \times 10^{-7} \times (t_i + 10)^4 \right) \quad (2)$$

where  $H_{sens.b}$  is the sensible heat production (W/bird), and  $t_i$  the temperature inside the house ( $^{\circ}\text{C}$ ).  $H_{sens.b}$  is positive or nul. The latent fraction is given by Eq.(3):

$$H_{lat.b} = H_{tot.b} - H_{sens.b} \quad (3)$$

where  $H_{lat.b}$  is the latent heat production (W/bird). When birds are bred on litter, a fraction of sensible heat is lost as evaporative transfer from the animal to the litter, and the litter produces heat as a function of its age. For these two small terms we used following equations adjusted from various experiments with broiler bred in commercial conditions:

$$T_{sens.b} = H_{tot.b} \times \left( 4 \times 10^{-5} \times \sqrt{N} \times t_i^2 \right) \quad (4)$$

$$H_{sens.l} = 3 \times 10^{-4} \times (N - 15) \times t_i \times \sqrt{N} \quad (5)$$

where  $N$  is the age of the litter (days, here taken as 30d),  $T_{sens.b}$  the evaporative transfer (W/bird), and  $H_{sens.l}$  the sensible heat produced by the litter (W/bird).  $H_{sens.l}$  is positive or nul. Conductive transfers through the walls ( $C$  in W/bird) are globally accounted for through a coefficient of thermal insulation ( $G_c$  in  $\text{W}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ ):

$$C = G_c \times (t_i - t_o) \times S \times H \quad (6)$$

where  $S$  is the surface per bird ( $m^2/bird$ , the inverse of the stocking density), and  $H$  the mean height of the building (m, here taken as 4m), and  $t_o$  the outside temperature ( $^{\circ}C$ ). Thus, the total sensible heat production is following:

$$H_{sens} = H_{sens.b} + H_{sens.l} - T_{sens.b} - C + Q - Cool \times Lat \quad (7)$$

where  $Q$  represents other sensible inputs (radiative energy, heating, etc., in W/bird),  $Cool$  the water rate of the misting system (kg/bird.s), and  $Lat$  the latent heat of evaporation (J/kg at  $t_i$ ), that is calculated from the recommendation of Queney (1974):

$$Lat = (2500,9 - 2,365 \times t_i) \times 1000 \quad (8)$$

The total latent heat production is following:

$$H_{lat} = H_{lat.b} + T_{sens.b} + Cool \times Lat \quad (9)$$

The air flow rate is calculate from the heat productions after Souloumiac (1995):

$$Q_{tot} = (R.A)^{2/3} \times \left( g \times W \times \left[ \frac{H_{sens}}{\rho \times Cp \times (t_i + 273,15)} + 0,61 \times \frac{H_{lat}}{\rho \times Lat} \right] \right)^{1/3} \quad (10)$$

where  $A$  is the opening surface ( $m^2/bird$ ),  $R$  the efficiency of the opening (usually taken as 0,67),  $g$  the acceleration of gravity ( $9,81 m/s^2$ ),  $W$  the level difference between the side and the roof openings (m, here taken as 1,4m),  $\rho$  the air density (kg dry air/ $m^3$  moist air, initialized at 1,2),  $Cp$  the air heat capacity (assumed to be 1010 J/kg dry air.K). Then the absolute humidity ( $q_i$  in kg water/kg dry air) in the house is calculate:

$$q_i = q_o + \frac{\left( \frac{H_{lat.b} + T_{sens.b}}{Lat} + Cool \right)}{Q_{tot} \times \rho} \quad (11)$$

where  $q_o$  is the absolute humidity outside (kg water/kg dry air):

$$q_o = 0,622 \times \left( RH_o \times 610,78 \times 10^{\left( \frac{7,5 \times t_o}{t_o + 237,3} \right)} \right) \times P_{atm}^{-1} \quad (12)$$

where  $RH_o$  is the relative humidity outside (%),  $t_o$  the temperature outside ( $^{\circ}C$ ), and  $P_{atm}$  the atmospheric pressure (Pa, here taken as 101325Pa). Then the enthalpy and the air density of the air in the house can be calculated (Queney, 1974):

$$\rho_{i} = \frac{P_{am}}{1+q_i} \times \frac{1}{R_{PG} \times (t_i + 273,15) \times (1+0,61 \times q_i)} \quad (13)$$

$$Enth_i = (0,24 \times t_i + q_i \times (0,46 \times t_i + 597)) \times 4184 \quad (14)$$

where  $\rho_i$  is the density of the inside air (kg dry air/m<sup>3</sup> moist air),  $R_{PG}$  is the constant of the perfect gases (287 J/kg moist air.K),  $Enth_i$  is the enthalpy of air in the house (J/kg dry air), it is used to initialize the ventilation rate when we choose an objective of inside conditions ( $t_i$ ,  $Rh_i$ ).

For constructive purpose we fix the inside conditions ( $t_i$ ,  $Rh_i$ ), we vary the building type ( $G_c$ ,  $Q$ ), the climate ( $t_o$ ,  $Rh_o$ ), and the stocking density ( $1/S$ ), then we look at the opening and cooling that are necessary to achieve the inside conditions. For regulation study, we fix the climate, the building and the stocking density, we vary opening and cooling and then look at the resulting temperature and humidity in the house. The results are calculated after iterations on the inside temperature. This variable appeared as the most relevant one for iterations since it governs and is governed by the heat productions and the air ventilation. We fixed the upper temperature to 30°C whatever the relative humidity because of the lack of data for poultry (CIGR, 1992) and from our observations in real poultry buildings. This is probably a minimum value for broilers at high stocking densities. It may be slightly increased when the density decreases or for other species (e.g. turkeys). The choice of a lower value for dimension purpose will allow a dryer air inside the building. This is more convenient for the management of the litter (heat and gases production) and the use of the misting system for a long period.

### 3. Results and discussion

#### ***Dimension of opening and cooling***

On Figure 1 are plotted the opening surface (in cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> building for a given stocking density, the squares, referred to the left axis) and the cooling rate (in g/bird.hour, the circles, referred to the right axis) for a large range of climates, buildings, and animal densities. The default values of the parameters that do not vary are a warm climate ( $t_o = 34^\circ\text{C}$ ;  $RH_o = 35\%$ ), an isolated building ( $G_c = 0,5$ ;  $Q = 0$ ), and a high stocking density (18 broilers/m<sup>2</sup>). The inside conditions that are sought are a temperature of 30°C and a relative humidity of 85%.

The effect of outside temperature is studied from 20 to 38°C (with a relative humidity fixed at 35%). The cooling rate is nul for the cooler temperature, it is low when the temperature is slightly below the inner conditions, and it increases rapidly to 20 g/bird.hour above 32°C. The opening surface increases slowly below 26°C, and rapidly from 26 to 31°C. Above 31°C it is rather stable at 700 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> building. This last feature can be explained by the fact that an increase in the cooling increases the temperature gradient between the air inside and the air outside the building. The ventilation



increase due to this higher temperature gradient is sufficient to maintain the relative humidity at 85%.

The effect of outside relative humidity is studied from 20 to 50% at a temperature of 34°C. Compared to the effect of outside temperature, the cooling varies less while the opening varies much more. The variation in the opening is of the same order of magnitude than for a temperature variation between 24 and 34°C. This higher variation has two reasons. First, for a moister air, the opposite effect on the ventilation of the increase in absolute humidity induces the need for larger openings. Second, the higher absolute humidity of the outside air (from 7 to 17 g water/kg dry air) reduces the gradient with the inside air. It induces a higher ventilation need to take away the latent heat produced within the building.

The effect of the building insulation is studied for an insulation coefficient between 0,3 and 1,7W/m<sup>3</sup>.K. Though the large variation of the coefficient, the effect appears to be small. It is explained by the fact that the temperature gradient between the air inside and outside the building remains small (34 to 30°C). This result would be representative of real conditions if the building would be in the shade. The building insulation has an indirect effect on the limitation of heat input due to the solar beams on the building wall or within the building. This heat input is taken into account in our model by the  $Q$  parameter. We studied its effect between 0 and 500 W/m<sup>2</sup> with an insulation coefficient of 1,2 W/m<sup>3</sup>.K. Then the effect on both opening surface and cooling rate is the largest one. It shows that the thermal insulation of the building can be a mean to reduce the cost of the cooling system.

The effect of stocking density is studied between 10 and 22 broilers/m<sup>2</sup>. Because of this variation in density, we plotted the opening surface either in cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> building, or in 0,1 cm<sup>2</sup>/broiler. The increase in the density leads to a proportional increase in the opening expressed per m<sup>2</sup> building. However, the increases of density leads to a slight decrease in cooling and opening when expressed per bird. Conversely, it shows that the stocking density can be considered as a relevant parameter for the optimization of existing buildings where the openings or the insulation limit the range of cooling effect. This result is clearer on Fig. 2. The effect of building insulation on the reduction of cooling is higher at low animal densities, and the decrease in cooling (in g/broiler.hour) when increasing the animal density is higher for a less insulated building.

### ***Regulation of opening and cooling***

The results of our regulation study are plotted on Figs. 3 and 4. They respectively show the temperature and the relative humidity inside the building when the opening and the cooling vary in a large range. The major feature is that there is a dangerous zone with high temperature and high relative humidity when either the opening or the cooling are low. When the cooling is low, the temperature gradient is too low to induce a sufficient ventilation. When the opening is small the ventilation is too low to take away the latent heat produced within the building. In both cases the opposite buoyancy effects of absolute humidity increase and temperature decrease make the ventilation instable. Thus,

cooling should be avoided in naturally ventilated buildings with too small openings, and equipments with too small cooling rates should also be avoided in naturally ventilated buildings.

When the cooling rate and the opening are not too small, there is a large range where ventilation is stable and temperature and relative humidity can be adjusted. For a given opening, increasing the cooling reduces the temperature but increases the relative humidity. For a given cooling, increasing the opening reduces the relative humidity but increases the temperature. The chosen compromise will depend on the objective. If the objective is to limit the water consumption (e.g. for economic reasons), then rather high temperature and relative humidity will be accepted. If it is to limit the relative humidity (e.g. to keep the litter drier when the cooling is used for a long period), then a higher temperature will be accepted. If it is to maximize the temperature gradient, then the cooling rate will be maximum and the relative humidity close to 90%.

#### 4. Conclusion

The choice of opening surface and cooling rate is a powerful mean for the climatization of livestock buildings naturally ventilated during hot periods. Both parameter must be chosen together, first to be suitable for the climate, building and stocking density, second to give the best climatic compromise inside the building.

Both dimension and regulation of opening surface and cooling rate can be studied on the basis of present knowledge. However three important limits of this knowledge must not be forget by the engineer and are a challenge for future experiments: the total heat production of the poultry and its fraction between sensible and latent heat fluxes is not well known during hot periods; the heat production by the litter, depending on its type (straw or woodshavings), its age, and its moisture content; the inertia of the system and especially the temperature variation of the animals (representing a mass around 30 kg/m<sup>2</sup> at commercial stocking density) at time steps less than one hour.

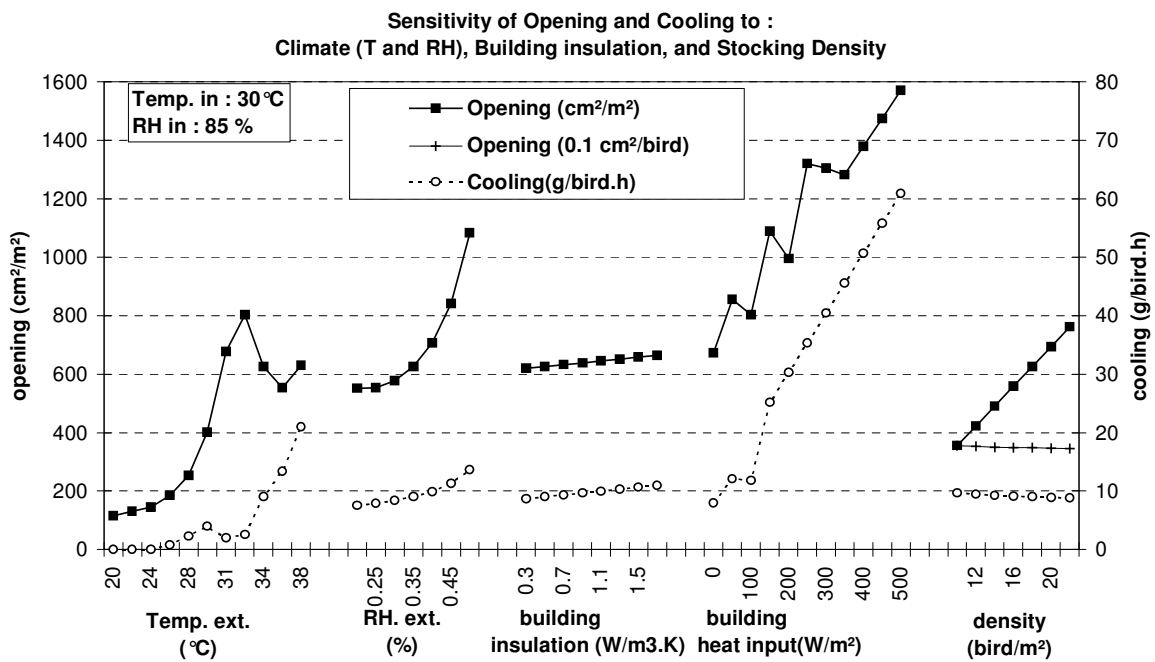
#### 5. References

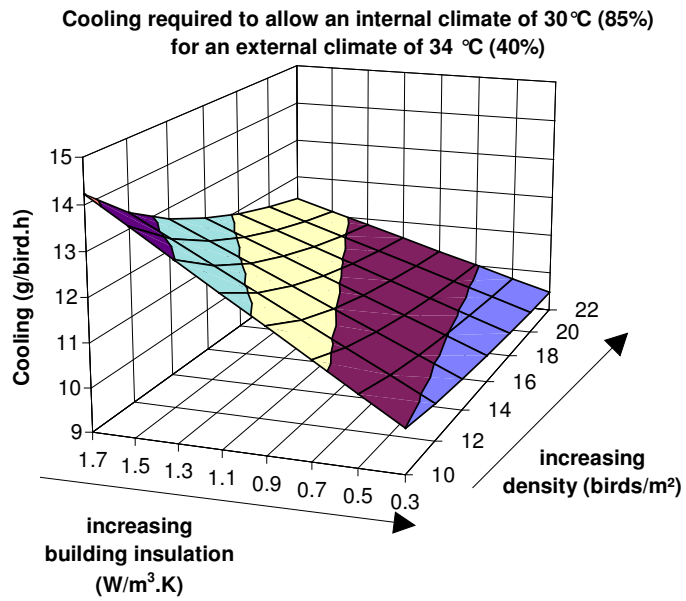
- AMAND, G. 1996. Premier bilan des actions de prévention menées en région Bretagne contre le coup de chaleur durant l'été 1996. *ITAVI, Ploufragan (France)*, 13p.
- AMAND, G. 1998. Bilans thermique et hydrique en bâtiments avicoles. *Sciences et Techniques Avicoles*, n°nors série, 16p.
- BARTUSSEK, H. 1986. Stallklima und Lüftung. *Beratungsservice Landtechnik und Bauwesen, Folge 10. der Forderungsdienst.* 34, 11.
- BARTUSSEK, H. 1989. Dimensionierung von Schwerkraftporenlüftungssystemen Einschlieslich Sommerlüftung : Anleitung für die Praxis. *Porenlüftung, 1989, Landtechnische Schriftenreihe. Wien.* Heft 156, 127-137.

- BOUVAREL, I.; FRANCK Y. 1994. Importance des coups de chaleur et des baisses de performances en été en aviculture. *Sciences et Techniques Avicoles*, n°8, 7-10.
- BOND; HEITMANN; KELLY. 1954. *Housing of livestock environmental control*.
- BRUCE, J. M. 1978. Natural convection through openings and its application to cattle. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 23, 151-167.
- C.I.G.R. 1984. Climatization of animal houses. *Report of working group, CIGR and SFBIU*, Aberdeen, 100p.
- C.I.G.R. 1992. Climatization of animal houses. *2<sup>nd</sup> Report of working group, CIGR and SFBIU*, Aberdeen, 147p.
- DIN 18910. 1992. Thermal insulation for closed livestock buildings; thermal insulation and ventilation; principles for planning and design. *Deutsches Institut für Normung, Berlin*. 17p.
- EMSWILLER, J. E. 1926. The neutral zone in ventilation. *Trans. American Society of Heat and Ventilation Engineers*, 32, 59-74.
- FRANCK, Y. 1995. Analyse des équipements réalisés pour la lutte contre les coups de chaleur en zone méditerranéenne et efficacité pendant l'été 1994. *Sciences et Techniques Avicoles*, n°12, 13-16.
- MOLLER, H.; VOLD, M. TORESEN, K.; ORMSTAD, I. 1996. Life Cycle Assessment of Pork and Lamb Meat. *Intern. Conf. on Application of Life Cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry: Achievements and Prospects*. D. Ceuterick Ed., 129-138.
- PI. 1996. Broilermeat Production Cost Comparison. *Poultry International*, jan. 1996, 24-28.
- QUENEY, P. 1974. *Eléments de météorologie*. Masson Eds, Paris, 300p.
- ROBIN, P.; SOULOUMIAC, D. 1995. Evaporative cooling in naturally ventilated poultry buildings. *CIGR IV Conference, Hohenheim, 25-29 september*, 8p.
- SOULOUMIAC, D. 1995. Etude des microclimats réalisables dans des enceintes énergétiquement autonomes soumises a des flux de chaleur d'origine métabolique. *Thèse de Docteur de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon*, 24 janvier 1995, 191p.
- SOULOUMIAC, D.; ITIER, B. 1989. Prise en compte des phénomènes de chaleur latente dans la ventilation. *C.R.Acad. Sci., série 11*, Tome 308 n°3, 269-274.
- SOULOUMIAC, D.; ROBIN, P.; OLIVEIRA, P.A. 1998. Choc thermique et inversion du tirage lors du refroidissement évaporatif en élevage avicole. *Submitted to C.R.Acad. Sci., série II*.
- STROM, J. S.; ZHANG, G. 1989. Keynote paper: Thermal Control in Animal Buildings. *C.I.G.R. Conference, Dublin, 1989*, 1265-1277.

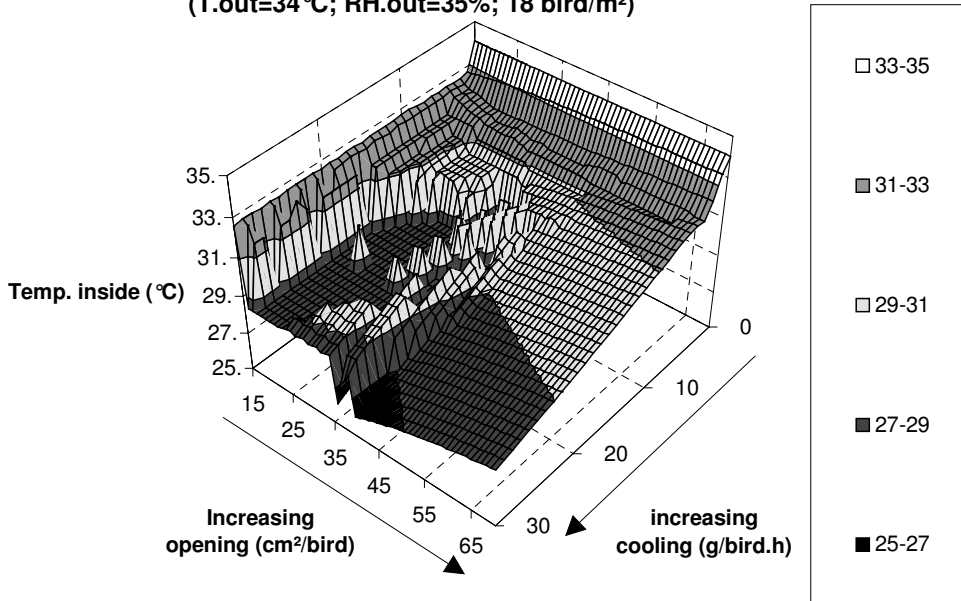
**Figure captions**

- Figure 1: Sensitivity of opening and cooling to the climate (T, RH), the building (insulation, sensible inputs), and the stocking density.
- Figure 2: Cooling required to allow an inside temperature of 30°C (at RH 85%) when the outside air is at 34°C, as a function of building insulation and stocking density.
- Figure 3: Sensitivity of inside temperature to opening surface and cooling rate for given conditions of climate, building, and animals.
- Figure 4: Sensitivity of inside relative humidity to opening surface and cooling rate for given conditions of climate, building, and animals.

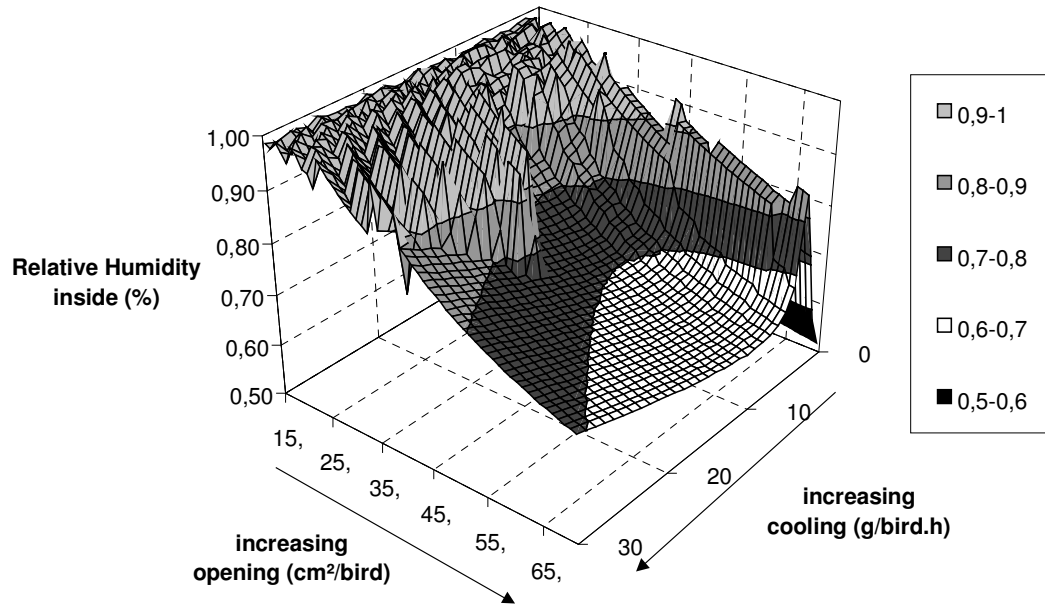




**Sensitivity of inside Temperature to Opening surface and Cooling rate  
 (T.out=34 °C; RH.out=35%; 18 bird/m²)**



**Sensitivity of inside Relative Humidity to Opening surface and  
Cooling rate (T.out=34°C; RH.out=35%; 18 birds/m<sup>2</sup>)**



# SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL NA CRIAÇÃO DE AVES

*Prof. Fernando da Costa Baêta, PhD*

Edificações Rurais e Ambiente  
Departamento de Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Viçosa - MG

## 1. Considerações iniciais

A moderna avicultura de corte, para atingir melhores resultados econômico-produtivos, precisa considerar não só os **aspectos genéticos, nutricionais e sanitários**, como também os **aspectos ambientais**, pois além de interferirem diretamente na expressão da potencialidade genética, podem interferir também fortemente sobre os aspectos sanitários dos animais, levando a prejuízos incalculáveis.

Torna-se, portanto, meta prioritária para o alcance de uma máxima produtividade, com viabilidade econômica, a adoção de tecnologias apropriadas para a perfeita “**ambientação**” das aves. Em função destes aspectos, a ambiência vem alcançando dia a dia uma maior importância, além de significar uma das poucas alternativas que proporcionam margens mais amplas de melhorias nos resultados da atividade avícola com investimentos relativamente baixos.

O ambiente interno de uma instalação normalmente é resultado das condições locais externas, das características construtivas, dos materiais da instalação, da espécie, do número de animais, do manejo e das modificações causadas pelos equipamentos do sistema produtivo e do acondicionamento ambiental.

Para avanços neste assunto, é importante o entendimento da interação do animal e o meio ambiente, os fenômenos microclimáticos, o desempenho dos diversos materiais de construção em relação aos fatores térmicos ambientais e, finalmente, as maneiras de se realizarem modificações ambientais naturais por meio da orientação, do sombreamento, de quebra-ventos, das formas, dimensões e aberturas da edificação, bem como modificações ambientais artificiais por meio da ventilação, aquecimento e resfriamento do ar ambiente interior da instalação. Neste trabalho o foco é a ventilação natural e artificial e suas relações na criação de aves.

## 2. A ave e o meio ambiente

A ave porta-se como um sistema termodinâmico, que, continuamente, troca energia com o ambiente. Neste processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas na mesma, influenciando na quantidade de

energia trocada entre ambos, havendo, então, necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor.

As aves respondem às condições ambientais desfavoráveis de diversas maneiras, destacando-se o movimento ou a reorientação. Isso significa que o próprio animal tem a possibilidade de alterar seu microambiente ou seu microclima, objetivando encontrar conforto, e estes estão relacionados com o ambiente imediatamente vizinho.

O **micro-ambiente térmico** da ave consiste de quatro componentes principais: **temperatura, velocidade e umidade do ar, e carga térmica radiante**. Muitas vezes esses componentes ocorrem em valores extremos, dificultando a sobrevivência do animal.

Quando a ave é submetida a um ambiente estressante, várias de suas funções são alteradas, tais como: variação na frequência respiratória; variação na temperatura retal; variação na ingestão de alimentos; desvio de nutrientes, variação na produção ou crescimento; redução na resistência a doenças; etc. A magnitude das variações depende de cada animal, pois as respostas ao estresse são diferentes quando comparados animais distintos.

A ave, animal **homeotérmico**, controla o seu ambiente interno por meio de respostas de adaptação ao ambiente externo, com vistas a manter a temperatura do núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura ambiental flutue e que a sua atividade varie intensamente. Neste contexto, as galinhas e frangos têm sua temperatura corporal em torno de 41°C, que é a temperatura de equilíbrio entre este animal e o meio térmico ambiente, que quando comparado com outras espécies animais, demonstra a dificuldade que os mesmos tem de dissipar calor para o meio ambiente.

Existe uma determinada faixa de condição térmica ambiental em que o animal mantém constante a temperatura corporal com um mínimo esforço dos mecanismos termoregulatórios, podendo dizer que o animal se encontra em condições de conforto térmico. Dependendo da adaptação animal ao frio ou ao calor esta região de conforto térmico para a ave adulta esta entre 15 e 28°C.

A ave pode trocar energia em forma de calor com o ambiente por meio de formas sensíveis e latentes. Fluxos de calor causados por gradientes de temperatura, detectados por simples termômetros, são chamados de sensíveis. As formas sensíveis de transferência de calor são **condução, convecção e radiação**. Fluxos de calor causados por gradientes de pressão de vapor d'água (umidade), ou seja **evaporação** ou **condensação**, são chamados **latentes**.

O fluxo de calor por **condução** exige contato entre as superfícies ou substâncias cujas temperaturas devam ser diferentes, isto é, deve haver um gradiente térmico entre partes consideradas. As aves de forma geral se beneficiam pouco desta forma de troca de calor.

A **convecção** é uma forma sensível de transferência de calor entre um corpo e o ar em contato com a superfície do mesmo desde que haja diferença entre as temperaturas dos mesmos. Em condições de temperatura do ar abaixo da temperatura superficial do animal, em razão da movimentação do ar, há remoção de calor do corpo do mesmo, constituindo-se em um importante meio para manutenção de sua homeotermia.



A convecção difere da condução por haver translocação de moléculas e porque o calor trocado depende da forma e características da superfície e da movimentação do ar.

Em muitos casos, dependendo da espessura da cobertura do animal, como as penas, o calor se move por condução até atingir o fino filme de ar externo (camada limite) e, a partir dessa camada, ocorre o processo convectivo.

A remoção de calor por movimento próprio do fluido, próximo da superfície aquecida, caracteriza o processo de convecção livre. Quando há uma força externa atuando para aumentar a corrente de ar, como um ventilador, ocorre remoção de calor por convecção forçada.

De acordo com INGRAN & MOUNT (1975) o processo de convecção livre predomina quando o ar está parado ou em baixa velocidade e o de convecção forçada, com o ar em velocidade maior que 0,2 m/s.

A troca de energia por convecção ( $Q_{cc}$ ) é proporcional à área da superfície do animal, à diferença de temperatura entre a superfície animal e o ar sobre a camada-limite e ao coeficiente de convecção. Assim:

$$Q_{cc} = Acc \cdot h \cdot (T_s - T_a)$$

em que

$Q_{cc}$  = fluxo convectivo, W;

$Acc$  = área afetiva da superfície animal, m<sup>2</sup>;

$h$  = coeficiente de convecção, W/m<sup>2</sup>.°C;

$T_s$  = temperatura da superfície animal, °C; e

$T_a$  = temperatura do ar, °C.

Têm-se feito tentativas para calcular o coeficiente de convecção a partir da velocidade do ar circundante e do diâmetro do corpo do animal.

Considerando-se o corpo do animal como um cilindro e que o ar se move por convecção forçada, perpendicularmente ao mesmo, de acordo com CURTIS (1983), o coeficiente de convecção pode ser calculado de forma prática pela equação

$$h = 6,2 \cdot 10^{-3} \cdot (v^{1/3} / d^{2/3})$$

em que

$h$  = coeficiente de convecção, cal./(cm<sup>2</sup>.min.°C);

$v$  = velocidade do ar, cm/s; e

$d$  = diâmetro do cilindro, cm.

GATES (1988), admitindo que o corpo do animal se assemelha a um cilindro e considerando a transferência de calor por convecção livre, sugere o cálculo do coeficiente da seguinte forma:

$$h = 0,006 \cdot [(T_s - T_a)/d]^{1/4}$$

em que

$h$  = coeficiente de convecção,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ .

A **radiação** constitui outra forma sensível de troca de calor e ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, através de meio transparente, entre superfícies que se vêem e se encontram à diferentes temperaturas. A quantidade e as características da energia radiante emitida por uma superfície dependem de sua natureza, de seu arranjo microscópico e de sua temperatura absoluta. O ar, que é chamado de transparente e diatérmano, não absorve e nem emite energia radiante. O sol é a fonte principal de toda a energia da terra e é um emissor de energia radiante de ondas curtas. A energia radiante do sol que chega à terra está na faixa de 0,3 a 3,0  $\mu m$  de comprimento de onda. Todos os outros corpos do ambiente estão em temperatura relativamente baixas, e são emissores de energia radiante de ondas longas da ordem de 10  $\mu m$ . Quando a radiação térmica incide sobre uma superfície ela pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Superfícies com coloração clara geralmente absorvem menos radiação que superfícies escuras, e a quantidade de energia radiante trocada pode ser influenciada, ainda pela orientação das superfícies consideradas, que podem ser da edificação ou do animal.

E, por fim, as formas conhecidas de troca de calor **latente** são a condensação e a evaporação, nas quais os fluxos são causados por gradientes de pressão de vapor d'água. A pressão de vapor indica a quantidade de água contida em dado volume de ar.

Quando o animal está em ambiente térmico estressante, as formas latentes de troca de calor são também acionadas. Essas formas são de fundamental importância, uma vez que as formas sensíveis deixam de ser efetivas no balanço homeotérmico à medida que a temperatura ambiente se aproxima da corporal. Nos processos de troca de calor latente, inicialmente há movimentação da água no interior do corpo do animal até alcançar a epiderme, em taxa que depende também do gradiente de pressão de vapor; depois ocorre a difusão do vapor d'água para o ambiente a partir da pele e dos pulmões. Isso significa que a perda de calor ocorre na conversão para vapor, tanto do suor secretado pelas glândulas da pele quanto da umidade proveniente do trato respiratório.

O calor latente de vaporização da água é o total de calor requerido para transformar certa quantidade de água em vapor. Por exemplo se a água na superfície animal está a  $30^\circ C$ , aproximadamente 579 calorias são necessárias para a evaporação de 1 grama.

As aves usam mais o aparelho respiratório no processo termoregulatório que outros animais. Aos primeiros sinais de estresse térmico por calor elas aumentam a frequência respiratória, e, em situações de estresse severo, pode chegar até vinte vezes o valor basal. Estima-se que, em condições médias de umidade, a ave adulta dissipa em torno de 20% do calor corporal por via latente à  $15^\circ C$ , 60% à  $30^\circ C$  e 100% à  $41^\circ C$ . E, do calor dissipado em forma latente, 50% ocorre pelo aparelho respiratório à  $15^\circ C$  e 85% à  $41^\circ C$ .

#### 4. O condicionamento térmico das instalações

O condicionamento térmico é o processo pelo qual são controladas, de forma individual ou conjunta, por meios naturais ou artificiais, os níveis das variáveis do ambiente, como a temperatura, umidade, movimento e pureza do ar, e incidência da radiação solar no interior de uma construção, com o objetivo de se obterem melhores condições de conforto.

Essa condição térmica do meio é uma das variáveis mais importantes a ser considerada quando da definição da solução arquitetônica apropriada para a obtenção do conforto ambiental.

Em se tratando de animais, para que a produção seja otimizada, a instalação deve ser projetada de forma que sejam protegidos durante estações rigorosas com o máximo de conforto possível.

O **conforto térmico ambiental** pode ser buscado por meio do condicionamento térmico **natural**, que consiste, em primeiro lugar, na escolha e na utilização racional de técnicas e materiais de construção, além da correta decisão sobre a forma e orientação da mesma.

Outro meio natural considerado eficiente para a obtenção de condições confortáveis em dado ambiente é a colocação de vegetação em seu redor, pois, através da fotossíntese, há a transformação da energia solar em energia química latente, sob a forma de compostos de carbono e hidrogênio, reduzindo a incidência e absorção de radiação pelos animais.

Ainda como parte das técnicas naturais de condicionamento natural, pode ser mencionado a localização correta das entradas e saídas de ar na construção, pois favorece a ventilação e contribui para a renovação do ar interior da instalação.

A construção constitui a divisória entre o espaço interno e externo, e é geralmente composta de materiais opacos, transparentes e translúcidos, que permitem prevenir ou modificar o efeito das variáveis climáticas, dependendo das suas dimensões características e das suas propriedades termofísicas.

As principais técnicas de condicionamento envolvem reduções na amplitude da temperatura, da umidade, da radiação e do movimento do ar.

E, por fim, muitas regiões brasileiras apresentam períodos de calor, anuais ou até mesmo diários, em que as condições térmicas ambientais propiciadas pelo condicionamento natural não são suficientes para o conforto animal, tornando-se necessário a adoção de um ou mais **processos artificiais** que são:

a) ventilação forçada, com o objetivo de renovação do ar interior da instalação e aumentar a dissipação de calor por convecção e na forma evaporativa pelos animais;

b) molhamento da cobertura, com o objetivo de reduzir sua temperatura e conseqüentemente a carga térmica radiante interior, por meio da transferência de calor por condução e evaporação da água; e

c) nebulização de água e ventilação, com o objetivo de reduzir a temperatura do ar ambiente favorecendo as trocas sensíveis de calor.

## 4. Ventilação e o ambiente térmico

O aquecimento do ar de um ambiente construído normalmente ocorre em consequência da radiação solar. Um dos meios de amenizar o desconforto causado aos habitantes desse ambiente é provocar o deslocamento das massas de ar quente. Isso significa renovar o ar por meio de formas adequadas de ventilação, o que é de extrema importância, visto que até uma simples atividade biológica provoca consumo de oxigênio e desprendimento de gás carbônico, alterando a constituição do ar, o que pode trazer o desconforto.

Além dos gases  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  e vapor de  $H_2O$ , ainda fazem parte da constituição do ar as poeiras, as bactérias e os odores. O  $CO_2$  não é um gás tóxico, mas sua presença indica redução do oxigênio, o que é prejudicial à saúde. Dessa forma, aconselha-se 0,1% como índice máximo de anidrido carbônico para o ar destinado à respiração; sendo que 10% já provoca asfixia e aproximadamente 15% causa morte. Estando o ar contaminado ou com umidade superior a 80%, a ventilação é de grande importância, pois promove a diluição dos contaminantes até limites higienicamente admissíveis e mantém a umidade em níveis recomendados.

Segundo Hinkle et alii, citado por HELICKSON & WALKER (1983), a ventilação mínima, para fins higiênicos, deve ser  $0,047 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ave}$ .

**Outro aspecto importante da ventilação** está associado com a movimentação do ar em nível dos animais, que além de normalmente **facilitarem a dissipação de calor corporal por convecção**, também **ajuda no processo evaporativo de dissipação de calor**, correspondente à transpiração e respiração dos mesmos.

De acordo com a discussão anterior, as características da ventilação de interiores devem ser distintas para inverno e para verão, isto é, no inverno os dispositivos adotados para essa finalidade, como as aberturas, devem permitir que pequeno fluxo de ar, com fim somente higiênico, circule bem acima da altura média dos animais; já no verão, devem ser conjugados extensivamente os dois tipos de ventilação, a higiênica e a térmica. O fluxo de ar para o inverno deve ocupar a região superior da construção, e para o verão deve ocupar principalmente a região ao nível dos animais.

No caso de instalações para animais, há um agravante, pois vários autores recomendam a velocidade máxima de 0,2 m/s de movimentação do ar próximo do animal, taxa muitas vezes insuficiente para renovar o ar interno carregado de gases danosos à saúde. Por outro lado, taxas maiores podem até provocar doenças pulmonares.

Existem duas formas para se obter maior movimentação do ar interior de uma construção: ventilação natural e ventilação artificial.

### 4.1. Ventilação natural

A ventilação natural é devida ao movimento normal do ar em razão das diferenças de pressão causadas pela ação dinâmica do vento ou pelas diferenças de temperatura entre dois meios considerados. Muitas vezes, os dois fatores podem agir em conjunto.

#### **4.1.1. Ventilação natural dinâmica**

Diferenças de pressão da ordem de 0,05 mmca já são suficientes para causar correntes de ar apreciáveis, desde que haja caminho para elas.

Porém, um fato importante neste processo é que o vento é um fenômeno bastante variável no tempo, o que influi sobremaneira nas decisões acerca deste tipo de ventilação natural.

Considerando uma edificação submetida à ação do vento, podem ser formadas áreas distintas de pressão positiva e de pressão negativa. A pressão positiva, maior que a pressão atmosférica normal, caracteriza o impelimento ou o arremesso da massa de ar contra a edificação e a negativa, a atração da massa de ar, o que significa que, se existirem aberturas na edificação, a pressão positiva forçará a massa de ar a entrar por elas e a negativa, a sair.

Dessa forma, pode-se dizer que a ventilação natural provocada por ação do vento pode ser intensificada por meio de aberturas dispostas convenientemente, ou seja, portas e janelas locadas em paredes opostas e na direção do vento dominante.

A taxa em que a ventilação natural ocorre, depende da velocidade do vento e de sua direção, da proximidade e das dimensões de obstáculos, como montanhas ou construções, do desenho e da localização das aberturas de entrada e saída de ar.

Vale ainda evidenciar que a ventilação no interior de um volume só é eficiente se as aberturas forem locadas em paredes opostas, de modo a obter um fluxo do tipo cruzado.

Considerando o volume construído, os valores da pressão estática em volta das construções variam também com a sua geometria, além de dependerem da direção dos ventos dominantes. Em geral, numa construção retangular, a pressão é positiva no lado barlavento (de incidência dos ventos), sendo negativa nos lados restantes. Sobre telhados planos ou baixos inclinados, a pressão é geralmente negativa, mas, para telhados inclinados altos, pode ser positiva à barlavento e negativa à sotavento (lado oposto). Sempre há alguma pressão negativa ao longo ou adjacente à cumeeira do telhado de uma construção longa.

#### **4.1.2. Ventilação natural térmica**

Na ventilação natural térmica, as diferenças de temperatura produzem variações de densidade do ar no interior dos ambientes, as quais provocam diferenças de pressão e resultam no efeito de tiragem ou termossifão.

Se uma edificação dispuser de aberturas próximo do piso e do teto e se o ar do interior estiver a uma temperatura mais elevada que o ar do exterior, o ar mais quente, menos denso, tenderá a escapar pelas aberturas superiores.

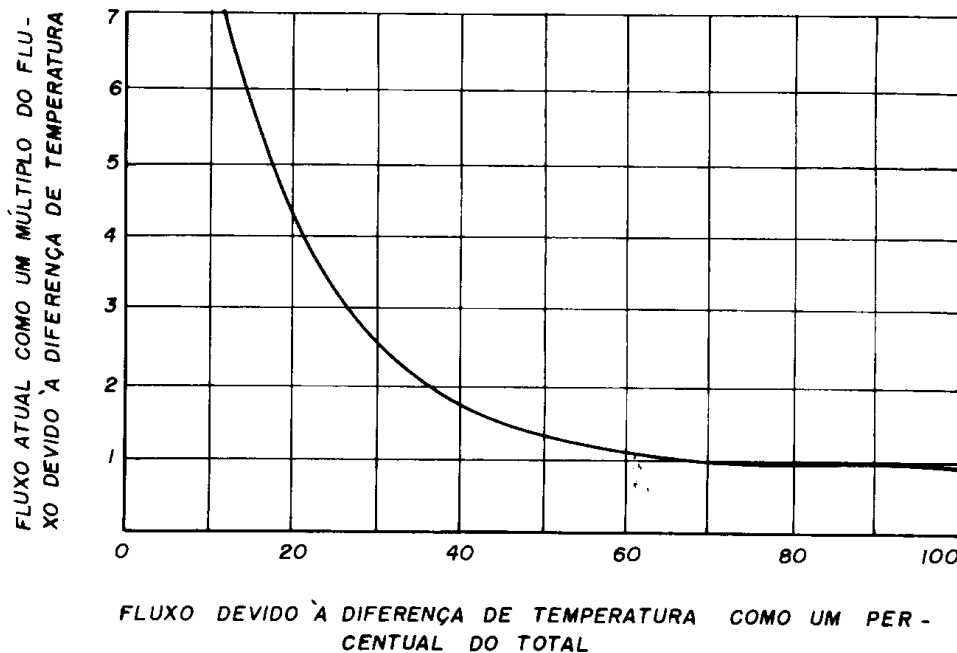
Ao mesmo tempo, o ar do exterior, mais frio, e por isso mais denso, penetra pelas aberturas inferiores, causando fluxo constante no interior do volume. Nesse processo, a localização adequada das aberturas de entrada e saída de ar, bem como o emprego de dimensões corretas, têm importância fundamental na definição da taxa de ventilação.

Vários outros fatores podem fazer variar a taxa de ventilação natural térmica em instalações para animais, como a dissipação de calor e de umidade pelos animais, e a recepção ou dissipação de calor pelos fechamentos da própria instalação.

Pode ocorrer ação conjunta do efeito chaminé e dos ventos em uma construção. Assim, se o fluxo produzido pelas forças térmicas for  $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$  e o produzido pelas forças do vento for  $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , o fluxo combinado pode ser determinado por meio da **Figura 1**, da seguinte forma:

a) soma dos fluxos igual a  $17,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , e percentagem do total que corresponde o fluxo de ar devido ao termossifão igual a  $(8,8/17,2) \cdot 100 = 51,2\%$ ; e

b) pela **Fig. 1**, o fluxo conjunto seria igual a  $1,27 \times 8,8 = 11,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**FIGURA 1** - Determinação do fluxo causado pela combinação das forças do vento e das forças térmicas.

#### 4.2. Cálculos referentes à ventilação natural

Durante a renovação do ar, ocorrem trocas de calor entre os ambientes envolvidos no processo, devido ao gradiente de temperatura entre eles. A carga térmica transferida pela ventilação pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$q = \text{Car. N. V. } \Delta T$$

sendo

- q = carga térmica da ventilação, W;
- Car = calor específico do ar, 0,26 W/ m<sup>3</sup>°C;
- N = número de renovações por hora;
- V = velocidade do ar, m/s; e
- ΔT = diferença de temperatura entre o interior e o exterior da construção °C.

De acordo com HELLICKSON & WALKER (1983), considerando as forças do vento, a taxa de ventilação no interior de uma construção pode ser determinada por

$$Q_v = E \cdot A \cdot V$$

em que

- Q<sub>v</sub> = fluxo de ar causado pelas forças do vento, m<sup>3</sup>/s;
- A = área livre da entrada de ar, m<sup>2</sup>;
- V = velocidade do ar (pode ser a média para a localidade em questão), m/s; e
- E = efetividade da abertura (0,50 a 0,60 para ventos perpendiculares; 0,25 a 0,35 para ventos diagonais; 0,35 para construções agrícolas).

Considerando as forças térmicas, a taxa de ventilação pode ser determinada por:

$$Q_{ch} = 0,128 \cdot A \cdot h \cdot (T_i - T_o)$$

sendo

- Q<sub>ch</sub> = fluxo de ar causado pelo efeito chaminé, m<sup>3</sup>/s;
- A = área de abertura menor, m<sup>2</sup>;
- h = medida a partir da metade da altura da abertura de entrada até metade da altura da abertura de saída do ar, m;
- T<sub>i</sub> = temperatura média do ar interno na altura h, °C; e
- T<sub>o</sub> = temperatura do ar externo na sombra, °C.

HELLICKSON & WALKER (1983) afirmam que a diferença de pressão pode ser convertida em diferença de temperatura, sendo a velocidade do ar na descarga determinada por

$$v = \Theta [ 2 \cdot g \cdot H \cdot (T_i - T_o) / T_i ]^{1/2}$$

em que

- v = velocidade do ar na descarga, m/s;
- Θ = fator de redução;
- g = aceleração da gravidade, m/s<sup>2</sup>;

H = diferença de altura entre entrada e saída, m;  
Ti = temperatura interna, K; e  
To = temperatura externa, K.

O fator de redução  $\Theta$  leva em conta perdas devidas à fricção do ar contra a superfície interna, a algum resfriamento do ar durante o seu trajeto e a contração do ar que ocorre na entrada (normalmente  $\Theta = 0,6$  a  $0,7$ ).

Quanto à ventilação de uma instalação para animal, o valor do fluxo de ar é geralmente conhecido (**Tabela 1**), sendo necessário determinar a área requerida.

Logo, das equações anteriores chega-se a

$$(Q / A)^2 = \Theta^2 \cdot 2 \cdot g \cdot H (Ti - To) / Ti$$

Sendo iguais as áreas de entrada e saída, a equação pode ser convertida em:

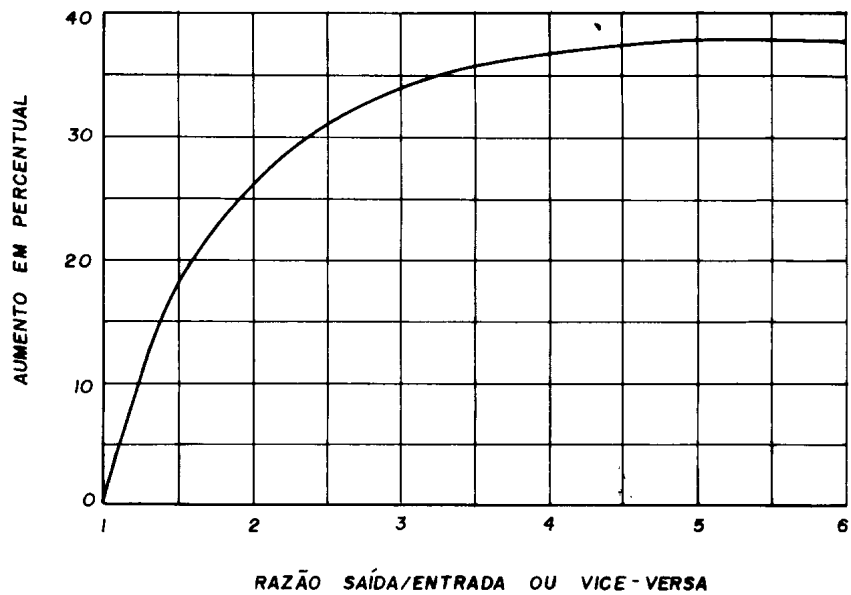
$$A = (Q / \Theta) \cdot [Ti / (2 \cdot g \cdot H (Ti - To))]^{1/2}$$

Se a área de entrada for diferente da de saída, deverá ser feito um ajuste no fluxo, com auxílio da **Fig. 2**.

**Tabela 1 - Taxas de ventilação para aves em m<sup>3</sup>/min. (Hinkle et alii, citado por HELLICKSON & WALKER, 1983)**

<b>Idade</b>	<b>Mínima (inverno)</b>	<b>Média (outono-primavera)</b>	<b>Máxima (verão)</b>
Pintinhos	0,047/ave	0,11/kg	0,21/kg
Ave adulta	0,24/ave	0,94/ave	1,9/ave





**FIGURA 2 - Aumento no fluxo causado pelo excesso da área de uma abertura com relação à outra.**

#### **4.3. Considerações a respeito das aberturas de ventilação**

É fundamental que haja diferença de nível entre as aberturas de entrada e de saída do ar e elas devem estar localizadas em paredes opostas, para que a ventilação seja eficiente. Obstáculos no interior da construção ou qualquer saliência na fachada alteram a direção do filete de ar.

Uma outra forma de direcionar o fluxo de ar é locar a abertura de saída na cumeeira do telhado, pois, como visto anteriormente, nesta região, há sempre alguma pressão negativa. Uma abertura com essas características é denominada lanternim, muito utilizada em construções rurais (Fig. 3).

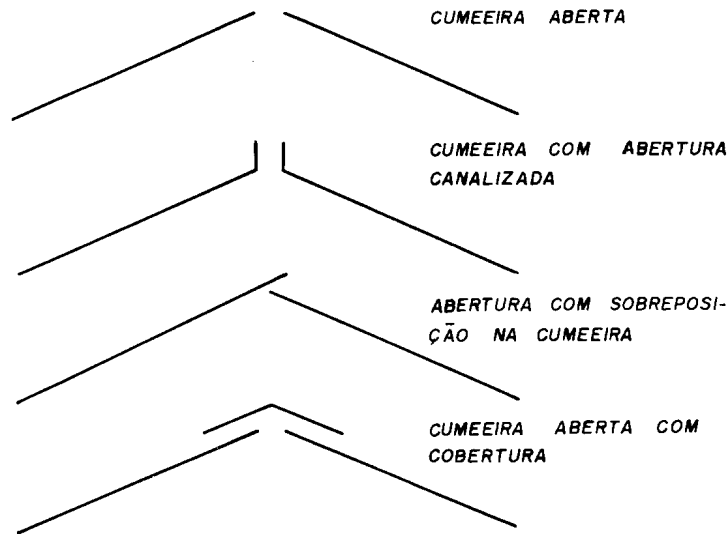


FIGURA 3 - Tipos de lanternins de construções rurais.

Resultados experimentais em galpões avícolas comumente construídos no Brasil, com cobertura de telha de cerâmica e de cimento-amianto, têm mostrado que o fluxo de ar através do lanternim é diretamente proporcional à sua área de abertura, à diferença de altura entre as aberturas de entrada e de saída de ar, à área das aberturas de entrada de ar e à diferença entre as temperaturas internas e externas. As principais variáveis do processo são a área de abertura do lanternim e a diferença entre temperaturas interna e externa, uma vez que os galpões avícolas são bastante porosos (BAËTA et alii., 1996). A vazão de ar através do lanternim pode ser estimada por

$$Q_c = [(T_i/T_e).g.A_s.(1,45 \times 10^{-5}.A_e.H + 8,78 \times 10^{-5}.C^2.L)]^{1/2} \text{ e}$$

$$Q_a = [(T_i/T_e).g.A_s.(17,51 \times 10^{-5}.A_e.H + 8,67 \times 10^{-5}.C^2.L)]^{1/2}$$

em que

$Q_c$  = vazão de ar em galpões com cobertura de telhas cerâmicas,  $m^3/s$ ;

$Q_a$  = vazão de ar em galpões com cobertura de telhas de cimento-amianto,  $m^3/s$ ;

$T_i$  = temperatura interna,  $^{\circ}C$ ;

$T_e$  = temperatura externa,  $^{\circ}C$ ;

$g$  = aceleração da gravidade,  $m/s^2$ ;

$A_s$  = área de saída de ar,  $m^2$ ;

$A_e$  = área de entrada de ar,  $m^2$ ;

$H$  = distância entre o centro da abertura de entrada e de saída do ar,  $m$ ;

$C$  = comprimento do galpão,  $m$ ; e

$L$  = largura do galpão,  $m$ .

A Fig. 4 mostra o esquema de um galpão com detalhes dos elementos de ventilação natural, do plano neutro e do diagrama de pressão estática, e a Fig.5 mostra a representação gráfica dos resultados para um galpão com cobertura de cimento amianto.

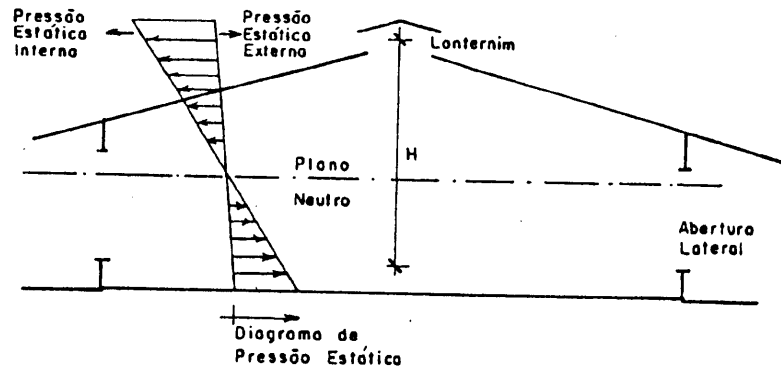


FIGURA 4 - Esquema de um galpão com detalhes dos elementos de ventilação natural, do plano neutro e do diagrama de pressão estática.

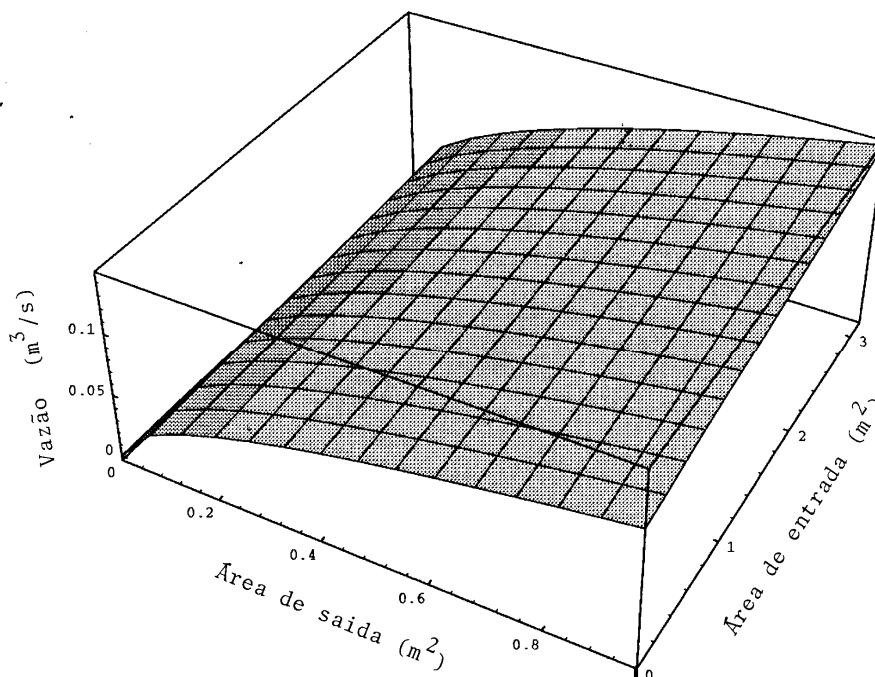


FIGURA 5 - Vazão de ar ( $m^3/s$ ) através do lanternim de um protótipo de galpão avícola com cobertura de cimento-amianto e  $C = 1,60$  m,  $L = 4,80$  m,  $H = 1,70$  m,  $T_i/T_e = 1,1^\circ C$  e  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>.

Para que o lanternim desempenhe sua função no condicionamento térmico natural, torna-se necessário que a área de abertura horizontal seja igual à área de abertura vertical e que possua dispositivo para fechamento em condições de frio.

Recomenda-se que a abertura do lanternim seja provida de cortinas com sistema semelhante ao normalmente utilizado nas laterais dos galpões, com abertura de baixo para cima, por meio de cabos de aço, com comando a distância. Com base nos resultados experimentais, um bom lanternim deve ter no mínimo uma área igual a 1/10 da área do piso.

A técnica de acrescentar aberturas na cobertura é indicada mesmo que exista o forro; nesse caso, é necessário distribuir, de forma adequada, algumas aberturas no forro.

Outro modo eficiente de reduzir a carga térmica em épocas quentes é a ventilação do ático, colchão de ar que se forma entre a cobertura e o forro, direcionando o fluxo de ar para o lanternim, por meio de aberturas feitas ao longo do beiral da construção.

#### **4.4. Ventilação artificial**

A ventilação artificial ou mecânica é adotada sempre que os meios naturais não proporcionam adequada renovação do ar ou, ainda, por segurança, quando o funcionamento da circulação natural do ar é precário.

A ventilação artificial oferece a vantagem de permitir o tratamento do ar (filtragem, secagem, umidificação), bem como a sua melhor distribuição no ambiente.

A principal vantagem do sistema mecânico de ventilação é a possibilidade de controlar a taxa de ventilação, por meio de ventilador com adequada capacidade, de entradas de ar bem localizadas e com as dimensões corretas.

A ventilação artificial pode ser local exaustora ou geral diluidora. No primeiro caso, o ar contaminado é capturado antes de se espalhar pelo recinto e, no segundo, o ar da ventilação é misturado com o ar viciado do ambiente até limites admissíveis de diluição do contaminante.

O sistema de ventilação geral diluidora é o mais utilizado em residências, em instalações para animais e em casas de vegetação. Nesse sistema, os principais componentes são os ventiladores de insuflamento, com motor de acionamento, os dutos e as bocas de insuflamento, as bocas de saída e descarga do ar.

Os cálculos referentes às instalações de ventilação mecânica consistem no dimensionamento de seus componentes e na definição da potência do motor de acionamento do ventilador, o que é feito com base nas velocidades do ar recomendadas para cada caso. Basicamente, pode ser usada a seguinte equação:

$$A = Q / V$$

em que

A = seção a ser adotada para o componente considerado, em m<sup>2</sup>;

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s; e

V = velocidade recomendada, em m/s.

#### 4.4.1. Ventiladores

Os ventiladores são usados para criar as diferenças de pressão entre o exterior e o interior da instalação, incrementando a movimentação do ar.

A energia mecânica do ventilador é fornecida pelo motor elétrico. Esse motor deve ser dimensionado para imprimir a rotação e a potência necessárias para o alcance da vazão de ar que vencerá as pressões de resistência do conjunto.

Existem no mercado diversos tipos de ventiladores que variam em sua capacidade de agir contra pressões específicas.

De modo geral, a capacidade do ventilador é proporcional à sua rotação; a sua pressão, ao quadrado de sua rotação; e a sua potência, ao cubo de sua rotação.

Pode-se observar que os ventiladores são componentes essenciais no sistema de ventilação mecânica e, por isso, além de passarem por criteriosa seleção, devem ser corretamente utilizados. Aqueles instalados em construções para animais são sujeitos a vários tipos de danos, como corrosão e exposição a poeiras.

Os ventiladores devem estar bem localizados na construção para que a eficiência do sistema seja maior, isto é, em geral devem estar no lado, à sotavento da construção, ou seja, na borda oposta à direção de onde sopra o vento, para evitar interferência do ar externo. Se por algum fator, estrutural ou de outra ordem, não foi possível localizá-los bem, devem ser providenciados ventiladores com adequada capacidade para vencer as pressões que aparecem à barlavento.

Em um ventilador devem ser consideradas as seguintes características:

- Vazão (Q): é o volume de ar que passa pela saída do ventilador, em metros cúbicos por minuto ou em pés cúbicos por minuto (cfm);
- Velocidade de saída (V): razão entre a vazão de ar na saída e a área da saída;
- Pressão devida à velocidade de saída (PvS): pressão correspondente à velocidade do ar na saída (pressão dinâmica);
- Pressão total (Pt): diferença entre a pressão total do ar na saída do ventilador e a medida da energia mecânica total, adicionada ao ar pelo ventilador;

Pressão estática (Pe): é a diferença entre a pressão total e a pressão devida à velocidade. Pode ser calculada subtraindo-se a pressão total na entrada do ventilador da pressão estática na saída do ventilador.

Para especificar um ventilador, são necessários os seguintes parâmetros:

Q = vazão de ar, em  $m^3/s$ ;

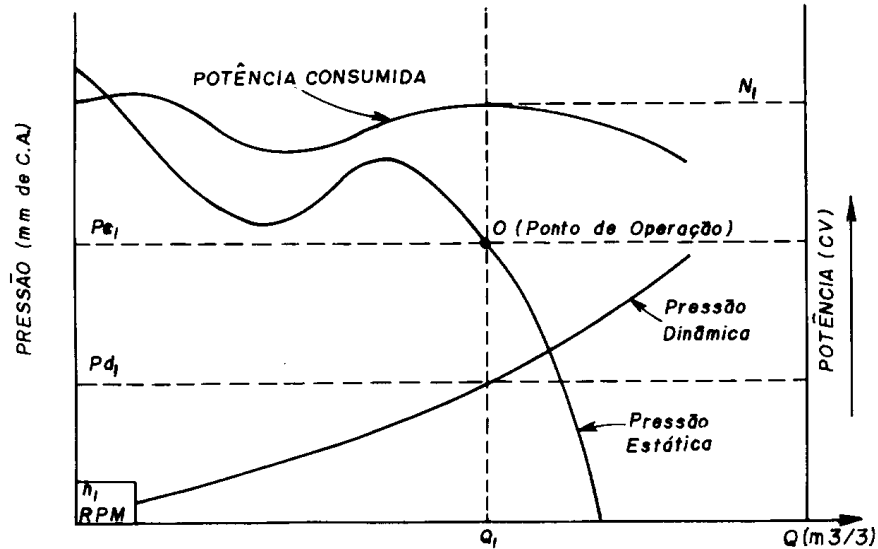
Pe = pressão estática no ponto de operação, em mmca;

Pd = pressão dinâmica no ponto de operação, em mmca;

N = potência consumida, em CV; e

n = rotação do ventilador, em rpm.

Esses dados podem ser obtidos das curvas de desempenho de ventiladores, como a apresentada na **Fig. 6**.



**FIGURA 6 - Exemplo de curva de desempenho de ventiladores.**

A pressão dinâmica (Pd) pode ser calculada por:

$$P_d = 8 \cdot Q^2 \cdot \gamma / g \cdot D^4 \cdot \pi^2$$

em que:

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

γ = peso específico do ar ao nível do mar, 1,23 kg/m<sup>3</sup>;

D = diâmetro do ventilador, em m;

g = aceleração da gravidade, m/s<sup>2</sup>.

O rendimento (η) do ventilador pode ser obtido de

$$\eta = Q \cdot P_t / 75 \cdot N$$

Em muitos casos, tem-se que usar vários ventiladores ao mesmo tempo. Para que haja máxima eficiência do sistema e para que os ventiladores não tenham seus rendimentos reduzidos, cada um deve ser operado a uma pressão estática adequada. Em pequenas instalações, o motor e o ventilador podem ser montados no mesmo eixo, enquanto nas de maior porte há a necessidade de fazer ligações por meio de correias.

Os tipos comuns de ventiladores são o centrífugo e o axial (tipo hélice). Os ventiladores centrífugos são compostos de carcaça, rotor de réguas curvas,

mancais, eixos, e entrada e saída de ar; e já os axiais, basicamente de hélices e, em alguns casos, de carcaças. Os centrífugos são utilizados em sistemas cuja pressão de resistência varia de 12 a 76 mmca e os axiais em sistemas com pressão de resistência até 6,4 mmca.

A diferença entre os dois tipos de ventiladores citados é que, nos axiais, o fluxo de ar ocorre paralelo ao eixo em que as hélices são montadas. Nos centrífugos, há corrente de ar em uma entrada central; essa corrente é forçada por ação centrífuga e se move lateralmente pelos dutos.

Para selecionar um ventilador que atenda às especificações de projeto, normalmente são utilizadas tabelas dos fabricantes, elaboradas geralmente para o padrão 1,2 kg/m<sup>3</sup> a 21,1 °C e ao nível do mar. A **Tabela 2**, sobre desempenho de ventiladores simples, serve para exemplificar esse processo de seleção.

**Tabela 2 - Desempenho típico de ventiladores com pressão estática da ordem de 25 mmca (adaptado de CURTIS, 1983)**

Velocidade (rpm)	Diâmetro (cm)	Potência do Motor (hp)	Capacidade do Ventilador (m <sup>3</sup> /m)
1725	35	1/6	39
1140	46	1/6	55
1140	60	1/4	120
794	76	1/3	163
613	90	1/3	211
695	90	1/2	252
538	105	1/2	296

Em instalações para animais, o fluxo de ar deve ser manejado para fornecer adequada velocidade do ar ao nível do corpo dos mesmos. Para que haja correta distribuição, as experiências indicam que a velocidade do ar que entra deve estar entre 2 e 10 m/s. Ventiladores mais simples operam somente em uma velocidade, mas alguns têm mais faixas, sendo os mais indicados principalmente para situações em que a temperatura externa varia muito durante o dia.

O controle do sistema de ventilação pode ser conseguido por meio de:

- termostatos, que em função da temperatura do ar em determinado ponto da instalação ativam os ventiladores;
- umidostatos, que fazem o controle pela umidade do ambiente;
- temporizador, que permitem a marcação do tempo de ação do sistema; e
- combinação entre eles.

Os termostatos e outros equipamentos sensores utilizados para o controle do sistema de ventilação devem ser localizados no centro da área ventilada, longe de qualquer objeto que afete o seu desempenho.

Outras formas de controle empregadas no sistema de ventilação são os registradores e as válvulas, que controlam o fluxo de ar, e os tubos perfurados que controlam a sua distribuição.

## 5. Sistemas de ventilação em galpões avícolas

São vários os tipos de galpões avícolas e as condições climáticas onde os mesmos se encontram localizados, originando, assim, diversas maneiras de promover a ventilação destas instalações, sendo que cada uma delas tem manejo específico para maior eficiência.

Basicamente, os **galpões avícolas**, para fins de ventilação, podem ser classificados como **abertos e fechados**.

Os **galpões abertos**, por sua natureza, são mais simples e possuem porosidade considerável, mesmo quando as cortinas se encontram fechadas.

Este tipo de galpão normalmente são empregados por seu baixo custo e por que em grande parte das regiões brasileiras, em grande parte do ano as condições climáticas locais não se apresentam nem muito quentes nem muito frias.

Contudo, ainda assim, requer uma definição sobre seu sistema de ventilação natural e artificial.

Nestes galpões, prioriza-se a ventilação natural devida ao vento e ao termo-sifão. Normalmente, em condições de calor, as cortinas são mantidas abertas, evitando-se obstáculos à ventilação natural devida ao vento; bem como o lanternim deve estar totalmente aberto para maximizar a ventilação natural devida ao termo-sifão. Vale ressaltar que, em condições de altas temperaturas, normalmente o vento é mínimo e todo o processo se apoia no efeito termo-sifão.

Em condições de calor intenso, a ventilação artificial normalmente é positiva e pode ser implementada de duas formas distintas: com as cortinas abertas e fluxo de ar transversal ou com as cortinas fechadas e fluxo de ar longitudinal, também chamada tipo túnel.

Para ventilação com cortinas abertas, os ventiladores devem ser posicionados na lateral do galpão, com fluxo de ar ligeiramente inclinado para baixo e transversal ao seu comprimento, no sentido dos ventos dominantes, posicionado à meia altura do pé direito. Normalmente tem-se utilizado um ventilador de 300 m<sup>3</sup>/min. a cada 6m de comprimento do galpão, cujo acionamento deve ser escalonado, metade deles entrando em funcionamento a 25°C e o restante a 28°C. A **Fig. 7** mostra o efeito da orientação dos ventiladores no índice térmico ambiental, conforme FERREIRA, 1996.

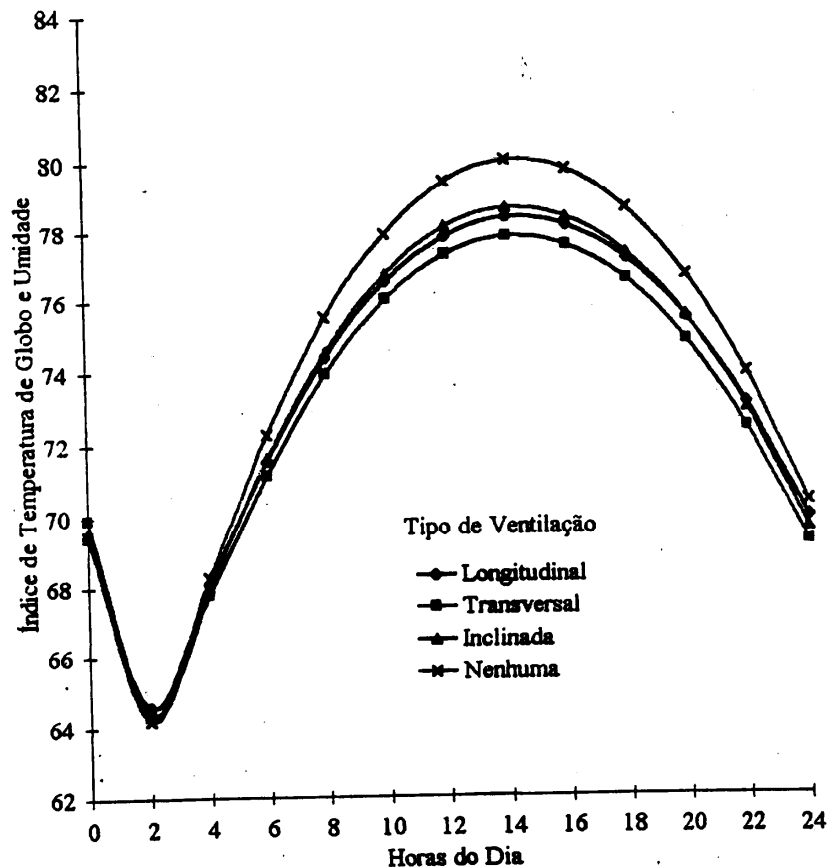
Para ventilação tipo túnel, os ventiladores são posicionados em duas linhas ao longo do comprimento do galpão, a cada 12m, em posições que podem ser alternadas, cujo fluxo de ar entra por uma extremidade do galpão e sai pela outra. Para este sistema tem-se recomendado o acionamento dos ventiladores da mesma forma anterior e o fechamento da cortinas a 28°C, quando, de fato, passa-se a caracterizar o sistema túnel de vento.

Para os dois tipos de ventilação poderá ser associado a umidificação do ar, com a finalidade de promover o resfriamento evaporativo do ar. Neste caso, a



umidificação pode ser feita por nebulização, dispendo linhas de bicos ao longo do comprimento do galpão ou empregando ventiladores nebulizadores ou equipamentos resfriadores evaporativos com paredes porosas. Em todos os casos, recomenda-se o acionamento da umidificação do ar para temperaturas acima de 28°C e umidade relativa interna inferior a 80%.

A **Fig. 8** mostra posicionamentos de ventiladores e sistemas de umidificação do ar para ventilação convencional e tipo túnel.



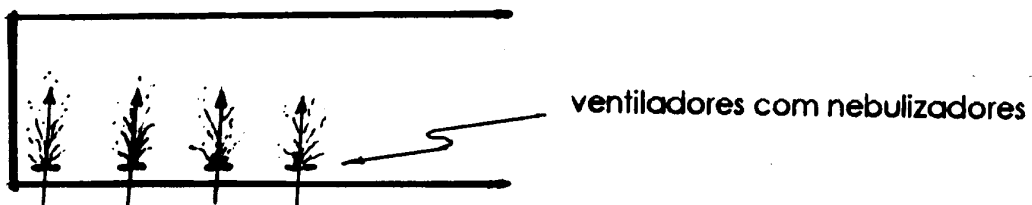
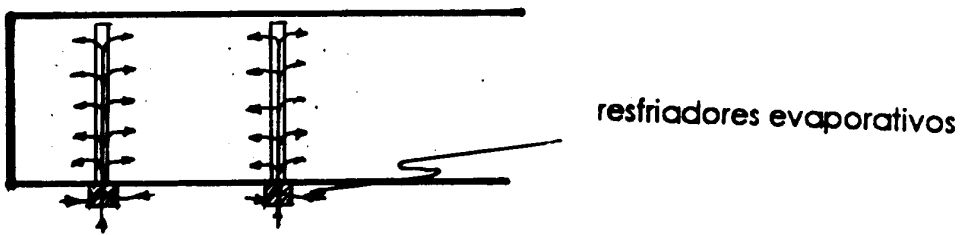
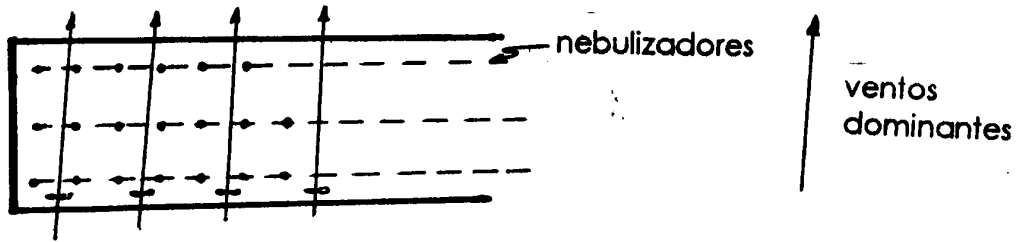
**FIGURA 7** - Influência do posicionamento do ventilador no ambiente térmico animal.

Já os **galpões fechados**, são mais complexos, de maior custo, e normalmente requerem ventilação forçada e resfriamento evaporativo. A ventilação pode ser positiva ou negativa, sendo a última a mais empregada, e com fluxo de ar tipo túnel. Os ventiladores são normalmente maiores e posicionados nas extremidades dos galpões. Neste sistema, a umidificação do ar para resfriamento evaporativo, tem sido feita com a entrada do ar através de material poroso, continuamente umedecido, posicionado verticalmente na extremidade do galpão.

Alguns galpões combinam a ventilação lateral até certa temperatura ambiental, por exemplo 28°C, e o sistema túnel a partir deste valor.

A **Fig. 9** ilustra um destes galpões mencionado.

● convencional



● tipo túnel

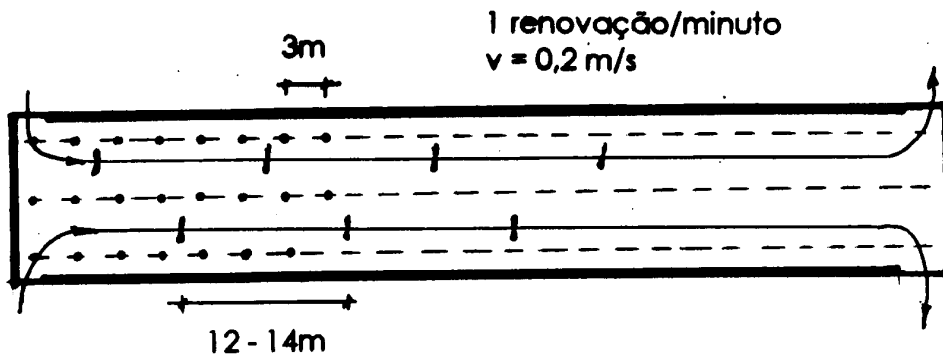


FIGURA 8 - Esquematização de galpão convencional com ventilação lateral e bicos nebulizadores ou com caixa de resfriamento evaporativo e duto de distribuição de ar ou ventiladores com umidificadores acoplados; e galpão com ventilação tipo túnel.

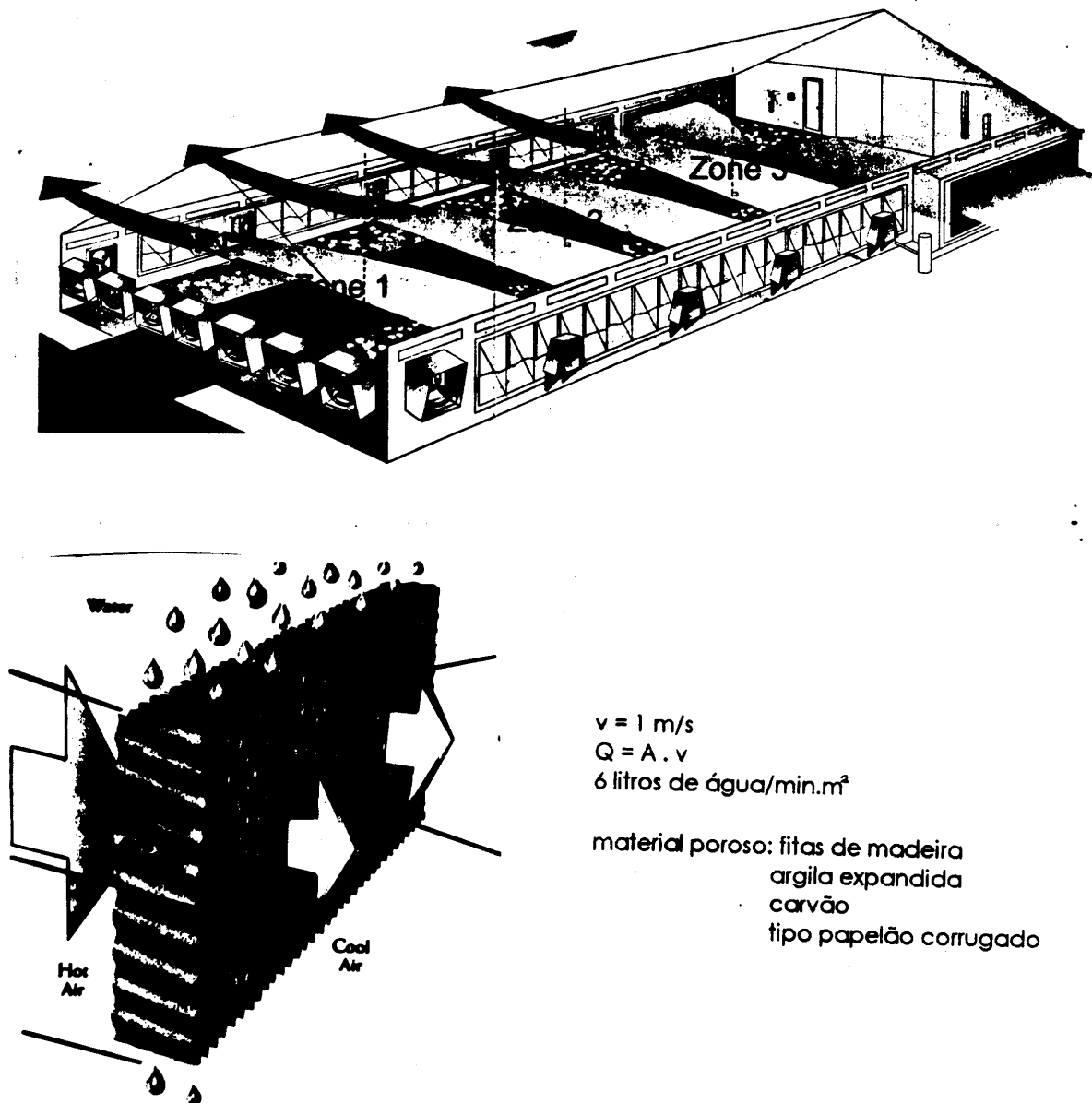


FIGURA 9 - Galpão tipo fechado, com ventilação tipo túnel com entrada de ar através de material poroso umedecido em uma das extremidades e, também, com possibilidade de ventilação lateral.

## 6. Referências bibliográficas

- ANDERSON, B. & RIORDAN, M. *The solar home book - heating, cooling and designing with the sun*. Harrisville, New Hampshire, Cheshire Books, 1976. 297 p.
- BAÊTA, F. C. & SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais - Conforto animal*. Viçosa, MG, Editora UFV, 1997. 246p.

- BAÊTA, F. C.; DANTAS, F. F.; CECON, P. R.; PASSOS, E. F. *Estudo do termossifão em galpões para frango de corte com cobertura de telhas cerâmicas e de cimento-amianto*. Engenharia na Agricultura, UFV, 1996. Vol. 5, n. 14. 16p.
- CAMPOS, A. T. *Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa - MG*. UFV, 1986. 66 p. (Tese de M.S.).
- CENA, K. & CLARK, J. A. *Bioengineering, thermal physiology and comfort*. Poland. Thecnical University of Wroclaw, 1981. 289 p.
- COSTA, E. C. *Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural*. São Paulo, Edgard Blücher, 1982.
- CURTIS, S. E. *Environmental management in animal agriculture*. AMES. The Iowa State University, 1983. 409 p.
- ESMAY, M. L. *Principles of animal environment*. Environmental Engineering in Agriculture and Food Series. The AVI Publishing Company, Inc. 1969. 325 p.
- FERREIRA, J. H. Posicionamento de ventiladores em galpões para frangos de corte. UFV, 1996. 68p. (Tese de M.S.)
- GATES, D. M. Physical environment. In: *Adaptation of domestic animals*. Lea & Febiger. Philadelphia, 1968. p. 46-60.
- GOMES, A. L. *Cortinas de proteção contra os ventos*. Angola, Instituto de Investigação Agronômica de Angola, 1972. n. 29, 15 p.
- HELLICKSON, M. A. & WALKER, J. N. *Ventilation of Agriculture Structures*. ASAE, 1983. 372P.
- HOLMAN, J. P. *Transferência de calor*. Trad. por Luiz Fernando Milanez. São Paulo, MacGraw-Hill do Brasil, 1983. 639 p.
- INCROPERA, F. P. & DEWITT, D. P. *Fundamentals of heat and mass transfer*. USA, John Wiley & Sons, 1981. 802 p.
- INGRAM, D. L. & MOUNT, L. E. *Man and animals in hot environments*. New York, Springer-Verlag, 1975. 185 p.
- KRAVCHENKO, A. & GONÇALVES, V.A. Influência dos materiais de cobertura na temperatura interna das construções. *Anais Esc. Agron. Veter., UFMG*, 10 (1): 27-38, 1980.
- MATON, A.; DAELEMANS, J.; LAMBRECHT, J. *Housing of animals*. Elsevier Science Publishers B.V. Netherlands, 1985. 458 p.
- MÜLLER, P. B. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. 3 ed. rev. e atual. Porto Alegre, Sulina, 1989. 262 p.
- NAAS, I. A. *Princípios do conforto térmico na produção animal*. São Paulo, Ícone Editora, 1989. 183 p.
- RIVERO, R. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre, D.C. Luzzatto Editores, 1986. 204 p.
- ROSA, Y. B. C. J. *Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão, para Viçosa, MG*. UFV, 1984. 77 p. (Tese de M.S.).
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. *Microclimate: the biological environment*. New York, Wiley-Interscience Publication, 1983. 495 p.
- TINÔCO, I. F. F. *Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte*. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 1988. 92 p. (Tese de M.S.).
- VAQUERO, E. G. *Projeto e construção de alojamento para animais*. Lisboa, Portugal, Litexa, 1981. 237 p.

## PLANNING BROILER HOUSING FOR ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS

*James Donald*

Professor – Extension Engineer  
Auburn University  
Auburn, Alabama, USA  
email: [jdonald@acesag.auburn.edu](mailto:jdonald@acesag.auburn.edu)

### Introduction

In recent decades, the worldwide broiler industry has seen significant improvements in poultry genetics and nutrition. Taking advantage of the increased performance potential of our genetically improved and better-fed birds requires that optimum temperature and air quality be maintained in the broiler house. The worldwide industry trend, therefore, is toward adoption of advanced environmental control systems that make possible much closer management of in-house air temperature and other conditions. The exact kind and degree of environmental control that is appropriate, however, varies from one locale to another, depending both on the local climate and on local market or other economic conditions. Planning a successful broiler operation requires careful attention to these factors.

In the U.S., market economics demand high efficiency of production, and almost all broiler houses are now built and insulated specifically to accommodate closed-house negative-pressure fan ventilation systems, including tunnel ventilation and evaporative cooling setups in states with warm to hot summers. We also are seeing U.S. producers increasingly employ electronic controllers to ensure that ventilation and heating systems are managed to keep temperature and other air quality conditions as close to optimum as possible. In other parts of the world, production continues to be successfully carried on in a variety of housing configurations, including open-sided houses using only natural ventilation, or natural with some fan assistance (stirring or mixing fans). This simpler type of housing configuration is most likely to be seen where climate is favorable and economic conditions less developed.

In most parts of the world, however, any gains in efficiency are rewarded in the marketplace and more than repay the investment in technology to actively control the in-house environment, not letting in-house conditions depend on the chances of outside weather. Nevertheless, it must be recognized that any particular broiler operation must fit the requirements of its particular locale. Local weather and local economic conditions, including such factors as the availability and costs of management personnel, labor, equipment and building materials, are crucial in determining the type of housing configuration needed for success.

The scope of this presentation excludes in-depth economic analysis. Included are the basic considerations in planning broiler housing for environmental controls, as related primarily to climatic or weather requirements and with general reference to costs and returns. Topics covered include the

benefits that can be expected from maximizing house environmental control capability, a review of how climatic conditions affect environmental control requirements, and an outline of corresponding ventilation system options. The paper concludes with discussion of the importance of insulation in all climates and in all types of broiler housing.

## **Benefits of environmental control for growing broilers**

Birds most efficiently convert feed to meat when they are provided with optimum temperature and air quality conditions. Temperature is the especially critical factor. Within a fairly narrow "comfort zone" of temperatures, birds can use the most of their feed energy for growth, and the least energy on "maintenance" functions – operating their internal organs, breathing, moving around, etc. If the temperature is too low, the birds will increase their feed intake, but will have to use more and more of that feed energy to keep their bodies warm. When temperature goes too high, they reduce their feed intake to limit heat production. In either case, the efficiency by which the birds convert feed to meat is hurt, along with returns to the producer.

Fig. 1 shows the typical comfort zone temperatures for growing birds, assuming moderate relative humidity and minimum air movement. The central line is the target ideal temperature. If temperature deviates above or below the comfort zone for any length of time, performance will be significantly affected. Also, rapid temperature fluctuations up and down, even if brief, will also hurt performance.

The economic losses likely to occur from consistently maintaining birds at too high or too low temperatures are graphically represented in Fig. 2. The cents-per-bird reductions in grower returns are based on a computer simulation study of temperature effects on feed efficiency, given specified costs of feed and the selling price per pound. Since costs and selling prices vary from time to time and from one location to another, the exact "cost of being wrong" on house temperature will also vary. However, the principle that relatively small temperature differences can have a significant effect on returns to the grower has been well confirmed by experience under U.S. conditions.

Bird performance is more quickly hurt by high than by low temperature. For example, Fig. 2 shows the cost of being consistently too high by eight degrees F (4,5°C) is about half again as much as the cost of being consistently too low by the same number of degrees. Note that the study is based on, and loss figures are given solely for, the growing stage after the target temperature has leveled off. Since maintaining optimum temperature is even more critical in the brooding phase of a growout, the actual "cost of being wrong" would be even higher for an entire growout.

## Major climatic factors affecting house environmental control

Considering the temperature requirements outlined above, it is clear that a moderate to relatively cool climate, with normal temperatures close to but not above the comfort range for mature birds, should be ideal for poultry production. On a per degree difference basis, it is much easier and more economical to provide supplemental heat to raise temperature than to provide cooling. Beyond the first few weeks of age, birds begin to produce excess heat that helps keep themselves and the house warm. And, as seen above (Fig. 2), feed efficiency suffers more from too high than from too low temperatures.

Thus, the ideal climate would be one where dry-bulb air temperature rarely goes above the 70's F (low 20's C), at moderate 50% to 60% relative humidity. In this situation, little or no active environmental control would be needed in a house beyond curtain sidewalls, and possibly supplemental heat. Another relevant climatic factor is prevailing wind. Wind effects on modern fan-powered ventilation systems are minimized, but prevailing daytime winds of 10 miles per hour (5 meters per second) or above can provide cooling effects that allow birds to stay comfortable in temperatures 10°F (5,5°C) or more higher than they otherwise could tolerate.

Perfectly ideal locations are of course rare. Weather data are now available worldwide for all major airports and most cities and even towns. Such data make it possible to judge the climatic suitability of most locations and determine the kind of equipment that would be needed to maintain optimum in-house conditions. For a given location and within certain limits, the more the mean temperature readings vary from the ideal (especially on the high side), the more in-house environmental control is needed and will pay off in improved feed efficiency. For cooler than ideal climates, lower fan ventilation capacity is needed than for warmer climates.

In planning broiler housing for locales with warm to hot summers, a particularly important kind of weather information needed is for high temperatures and coincident relative humidity. This information is usually given as dry-bulb and corresponding wet-bulb air temperatures. Some examples for various locations are shown in Table 1. Knowing the percentage of time during the warm season that temperatures are likely to rise above a given point is very helpful in determining the performance benefits that a tunnel ventilation setup is likely to provide. Where average warm-season temperature highs range consistently near 90°F (32,2°C), tunnel ventilation is usually found appropriate. If air temperatures are consistently higher than this, evaporative cooling will be required to keep birds in their comfort range for best performance. Knowing the relationship between high temperature and relative humidity, or the spread between daytime dry-bulb and wet-bulb temperature (the "wet-bulb depression") is very important for determining whether evaporative cooling can be used effectively.

The theoretical maximum temperature reduction that can be achieved by evaporative cooling is determined by the wet-bulb depression – the difference between the dry-bulb air temperature and that measured by a sling psychrometer. In general, we consider that for 90°F (32,2°C) temperatures,

adequate evaporative cooling potential is provided by a 20 degree F (11.1 C) wet-bulb depression. As a rule of thumb, this can be estimated by the day-night temperature swing. In other words, if the difference between the daytime high temperature and the nighttime low is at least 20 degrees F (11.1 C), then evaporative cooling can offer significant cooling benefits and may be economically justifiable. Figure 3 illustrates typical day-night temperature and relative humidity swings, showing how when temperature goes up, relative humidity goes down. As rule of thumb, a temperature increase of 20 degrees F (11.1 C) will reduce relative humidity by half.

**Table 1. Cooling-Need Data for Selected Locations (Warmest six consecutive months)**

Location	1%	MCWB	2.5%	MCWB	MDR	Hours ≥26.7°C(≥80°F)
	°C/°F	°C/°F	°C/°F	°C/°F	°C/°F	
Santiago, Chile	32.2	19.4	31.1	18.9	17	720
	90	67	88	66	31	
Ascuncion, Paraguay	38.3	25.0	37.2	24.4	13	1871
	101	77	99	76	24	
Montgomery, Alabama USA	35.6	24.4	35	24.4	11.7	1611
	96	76	95	76	21	

Interpretation: 1% – dry-bulb temp is higher than this only 1% of the time.

MCWB – mean coincident wet-bulb temperature

2.5% – dry-bulb temp is higher than this only 2.5% of the time

MDR – mean daily temperature range, low to high

Hours – total hours when temperature is at or above 26.7°C (80°F)

Source: John R Watt and Will K Brown, *Evaporative Air Conditioning Handbook*, 3rd ed, The Fairmont Press, Lilburn GA (USA), 1997

In practice, no evaporative cooling system can achieve the theoretical maximum temperature reduction. Typical cooling systems operate at efficiencies ranging from around 50% to as much as 80%. For example, if the wet-bulb depression is 20 degrees F (11.1 C), a 50%-efficient system will provide 10 degrees F (5.6 C) of cooling, whereas an 80%-efficient system will reduce air temperature by about 16 degrees F (8.9 C).

Producers in many areas previously thought of as too humid have found that investment in evaporative cooling technology is cost-effective. Table 1 shows data for Montgomery, Alabama, for example, in the heart of the hot and humid U.S. Southeast, as fitting the criteria for effective use of evaporative cooling, with a mean daily temperature range of 21 degrees F (11.7 degrees C). Poultry production, primarily broilers, has with the aid of tunnel ventilation and



evaporative cooling become the number one agricultural commodity in the state of Alabama.

In truly tropical areas, where both temperature and humidity are very high during the day, evaporative cooling is generally not practical, and commercial broiler production may not be feasible except with lower bird stocking rates in tunnel-ventilated houses, or in naturally-ventilated, open-sided housing.

## Ventilation methods for best environmental control

The most effective environmental control currently available for commercial poultry production is provided by completely-enclosable housing ventilated by three distinct but overlapping ventilation systems or setups: a *minimum ventilation* system for cool to cold weather, *tunnel ventilation* for warm to hot weather, and a *transitional ventilation* setup for in-between, moderate weather conditions. Such housing usually incorporates curtain sidewalls primarily as a fail-safe mechanism in case of power failure. In hotter climates, evaporative cooling is typically incorporated with tunnel ventilation, and if winters are very mild the minimum-ventilation fans may be omitted. Each of these ventilation setups can be operated manually or by conventional thermostat controls, but are more efficiently operated by modern electronic controllers.

## Minimum ventilation

Although poultry house ventilation is most often considered in terms of heat dissipation, some at least minimum rate of ventilation is essential at all times to provide fresh air, remove toxic gas build-up, and especially, to keep in-house humidity from rising too high for bird comfort. This ventilation rate must be maintained even in the coldest weather, when there is no need to remove excess heat from the house. Minimum ventilation is therefore most often operated by a timer, with thermostat controls bringing on additional fans if and when the in-house temperature rises to the point where excess heat must be removed.

The most effective minimum ventilation setup is provided by negative-pressure exhaust fans mounted on sidewalls, creating a partial vacuum inside the house that draws outside air at high velocity through inlets mounted high along the walls. With proper static pressure (partial vacuum) achieved, the fast-moving inlet air comes in evenly through all inlets and mixes with in-house air to be warmed before contacting birds. Fig. 4 shows the desired equally-distributed airflow pattern provided by a good minimum ventilation system.

Inlets may be curtain cracks, fixed board or adjustable. As illustrated in Fig. 5, the adjustable board or louver type inlets do a far better job of directing incoming air high across the ceiling of the house for tempering before it contacts birds. These relatively inexpensive inlets are installed along the top of the house walls above the curtain. Retrofitting an existing house may be difficult, but in even moderately cool climates, no new housing with negative-pressure fans should be built without these adjustable inlets.

To provide best uniformity of air distribution during minimum ventilation, it is imperative that a static pressure inlet controller be used with the adjustable louver type inlets. The controller automatically adjusts inlet openings to maintain desired static pressure as the number of fans running or other conditions change. This adjustment is difficult or impossible to do manually. When outside air temperature is very cold, higher static pressure should be maintained, to ensure that incoming air enters at high enough velocity to achieve mixing with inside air before contacting birds. When outside conditions are milder, minimum ventilation can be operated at slightly lower static pressure.

Producers using or contemplating conversion of older housing to negative-pressure systems should be aware that house tightness is essential to good negative pressure ventilation (including tunnel ventilation, below). Any holes, cracks or other unintended openings make it much more difficult to achieve the needed partial vacuum in the house, and disrupt the intended air distribution and flow pattern by allowing air to enter from the wrong places.

## **Tunnel ventilation**

Where temperatures reach or exceed 85-90°F (30-32°C) for any significant amount of time, the ventilation system must provide cooling. What is known as "wind-chill" cooling is accomplished by installing large exhaust fans at one end of a house and large air inlets at the other, so as to move air across the birds at high velocity. This "tunnel" type of negative-pressure ventilation creates effective temperatures felt by the birds some 10 to 15 degrees F (5 to 8 C) lower than the actual dry-bulb air temperature, as shown in Fig. 6. Tunnel ventilation systems are generally designed for one air exchange per minute, with in-house air velocities of 400 to 500 feet per minute (2 to 2.5 meters per second). The rapid air exchange rate is necessary to exhaust the heat and moisture produced by mature birds during hot weather. The high velocity of the air is necessary to achieve the wind chill effect. High air exchange rates alone, without the high velocities, will not produce the desired cooling effects.

The economic advantage of tunnel ventilation is that birds are kept eating and growing at temperatures which otherwise are associated with poor performance. Fig. 7 shows increases in heat loss and weight gain as air velocity is increased during warm weather for fully-feathered birds. Caution must be exercised to avoid exposing especially younger birds to high wind velocities that may provide too much cooling. Operators must keep in mind that at wind speeds of 200 feet per minute (1 meter per second) or higher the birds will be experiencing temperatures 5 to 15 degrees F (2.8 to 8 C) lower than the temperature registered on an in-house thermometer. On the other hand, it must be realized that wind speed alone cannot be expected to provide cooling at temperatures reaching 95°F (35°C) or above. At these temperatures, the wind-chill effect is lost, and birds may even gain heat instead of losing heat, unless evaporative cooling is provided to lower the actual air temperature.

## Tunnel ventilation with evaporative cooling

As previously mentioned, producers in many areas have found that investment in evaporative cooling technology is cost-effective, even in climates thought of as very hot and humid, such as the Southeastern U.S. In-house sprinklers and foggers have been effectively used for some time in naturally-ventilated houses, especially those using stirring fans, and also in conjunction with tunnel ventilation. Pad-type tunnel systems, however, have been found much more efficient, and are now commonly seen, in both fogger-on-pad and recirculating designs. Where water quality is at all questionable, fogging nozzles are much more likely to clog, and recirculating systems are preferable in this case. Typically, six-inch recirculating wetted pads are installed over the tunnel air inlets. To work properly, such installations must be carefully engineered. Because the pads offer some resistance to air flow, the total air inlet area must be larger than for tunnel ventilation alone. Further, adequate air velocity through the house must be maintained while at the same time air velocity *through the pads* (which will be different) must be tailored to the design requirements of the pad system. Fig. 8 shows a broiler house tunnel system with pad cooling typically seen in the Southeastern United States.

## Transitional ventilation

One of the main advantages being realized by United States producers with adjustable-inlet negative pressure systems and tunnel ventilation is a hybrid negative-pressure technique called transitional ventilation. During times of seasonal change between very hot and very cold weather, and often during the transition from the brooding to the growing phase, these producers are using the adjustable sidewall inlets with one or more of the large tunnel fans for heat removal and maintenance of proper temperature and air quality. This "transitional" ventilation setup, illustrated in Fig. 9, allows convenient, close and consistent control of the in-house environment, avoiding the fluctuations that occur when a house is simply opened up to outside conditions.

The transitional setup is especially useful in autumn and spring, when there is often a large swing between warm daytime and cool nighttime temperatures. Days and nights like this also occur from time to time in other seasons. The problem under these conditions is that even though we continue to need to remove heat from the house (assuming fully-feathered birds), moving cold air directly over the birds can and does produce chill stress and seriously reduces performance. The solution is to change to sidewall inlet ventilation, closing the tunnel inlets and using up to half of the installed tunnel fans to bring air in through adjustable-board sidewall inlets. This arrangement allows for bringing much more fresh air through the house than in the minimum ventilation mode (sidewall inlet/sidewall exhaust fan), thus moving more heat build-up out of the house. But using the sidewall inlets promotes good air mixing and keeps the cooler outside air from flowing directly over and chilling the birds.

The transitional ventilation setup fills the gap between cold-weather minimum and hot-weather maximum (tunnel) ventilation.

## Environmental control system management

Since outside wind conditions have little or no effect on properly designed negative-pressure systems, producers are able to gain control of the building environment by controlling airflow rates, durations and flow patterns through fan selection, inlet placements, and opening sizes. A corollary to this, however, is that much closer monitoring and adjustments of equipment is required in such an enclosed environment. At least some degree of automatic control through thermostats and static pressure sensors is usually needed, along with knowledgeable and careful management in setting timers and control setpoints properly, and with frequent monitoring to assure correct system functioning.

Properly designed and managed electronic control systems can very significantly improve the consistency of the in-house environment, minimizing in-house temperature fluctuations. Maintaining consistent temperature conditions is the key to achieving top bird performance. Fig. 10 illustrates the dramatic improvement in temperature control made possible by a modern electronically-controlled ventilation system.

## Importance of insulation in all climates

While installing insulation has long been standard practice in temperate to cold climates, the need for insulation has only fairly recently begun to receive widespread recognition among warm-climate producers. It is extremely important for producers and industry personnel in warmer climates to realize that birds must be protected from heat stress caused by solar heat gain through the roof. Under-roof insulation is essential in both open-sided and fan-ventilated poultry houses. If birds are kept in uninsulated houses in hot weather, even with the best ventilation system, bird performance is likely to be very poor and mortality rates of 10% to 15% or even higher should be expected. Research in the Southeast U.S. in conventionally built fan-ventilated poultry houses, identical except for having or not having insulation in the roofs, has shown the following mortality rates for market-size broilers when outside average maximum temperature was only 91°F (32.8°C):

	inside <u>max. temp.</u>	mortality <u>rate</u>
House with insulated roof	92°F/33.3°C	0.5%
House with no roof insulation	99°F/37.2°C	14.3%

Losses are likely to be even higher in lower-latitude conditions, where the sun will be more directly overhead and air temperatures higher.

## Function of insulation in hot vs cold weather

The function of insulation under cold-weather conditions is to reduce heat loss from the house, whether the heat is produced by the birds or by supplemental heaters. In cold weather, heat is lost through both the roof and walls. In warm to hot weather, any heat loss from the house is generally beneficial. The problem is that the house can gain heat instead of losing heat, if the sun strikes uninsulated walls or roof. The function of insulation in hot weather, then, is to lower the rate of heat gain from the outside into the house and into the birds.

Typically, almost all hot-weather heat gain is through the roof, and the mode is primarily by radiant heat transfer (rather than by conduction, which is more involved in cold-weather conditions). Radiant heat transfer is a form of electromagnetic radiation in which heat moves from a warm object to a cooler one through the air but without warming the air. The sun, fires, and heaters with glowing elements (such as brooders) are all radiant heaters. The source of radiant heat does not, however, have to blaze or even glow. Any object warmer than another one in sight will radiate heat to the other one, either by visible or infrared rays. Radiant heat may be beneficial, as with chicks kept warm by radiant brooders, or it may be disastrous – typically for larger birds receiving radiant heat from an uninsulated or poorly insulated roof.

## Need for under-roof insulation

Sheet metal roofs on houses may easily be heated to 150°F (65.6°C) or higher in summertime, even at fairly high latitudes. Research in the Southeast U.S. has shown that a sun-heated and uninsulated weathered galvanized roof will radiate heat into a poultry house at from 30 to 35 Btu's per hour per square foot (340 to 398 kJ/hr/m<sup>2</sup>) during the hot part of the day, with the maximum usually occurring in the early afternoon. This amount of heat gain, totaling about 700,000 Btu's per hour (739,000 kJ/hr) for a typical broiler house, is greater than the excess bird heat that would be produced in this house when fully stocked with fully-feathered birds. Since standard, well-designed ventilation systems are sized primarily to handle excess bird heat, an uninsulated roof can impose a heat load twice as large as the ventilation system can handle.

The solar heat load is especially dangerous for birds because it transfers heat not to the inside air but directly to objects below the roof – the birds. The particular danger of radiant heat was shown in research conducted in the U.S. mentioned above. In two environmentally controlled chambers with and without simulated roof radiation, with air temperature in both chambers controlled at 105°F (41°C) and the same relative humidity, the bird death rate was 40% in the chamber with simulated roof radiation, almost twice the mortality rate in the chamber without radiant heat (22%). This test indicates that the effects of direct radiant heat are much more severe than the same heat load without radiation.

Placing insulation under the roof blocks the downward heat radiation and converts the heat transfer mode from mostly radiation to mostly conduction (at a slow rate) through the insulating material. Because of the heat transfer mode conversion, the exact effects are difficult to calculate, although easily seen in field experience. Installing 2 inches (5 cm) of extruded polystyrene insulation in the roof of the above example house can be expected to reduce the heat load from the roof from 700,000 Btu's per hour (739,000 kJ/hr) to only about 70,000 Btu's per hour (73,900 kJ/hr). This is an amount of heat gain that a ventilation system can be expected to handle.

Even though insulation is fairly costly in some parts of the world, added ventilation or evaporative cooling capacity is not the solution to the problem of solar heat gain. In hot climates, installing under-roof installation to prevent exposure of birds to radiant heat in the first place is certain to yield a much better cost-benefit ratio than oversizing ventilation or cooling systems in an attempt to lessen the effects of the extra radiant heat load.

## Selecting insulation materials

Availability and cost of insulation materials vary considerably in different parts of the world. For any given insulation material, the actual insulating value is likely to vary from one manufacturer or even one batch to another, and selection should be made on the basis of a stated and if possible certified insulation value for the particular product. Fig. 11 shows the comparative insulating values of some commonly available insulating materials.

For warm to hot climates, under-roof insulation of at least the equivalent of 1.5 inches (4 cm) of aged polyurethane foam board or 2-inch (5 cm) polystyrene beadboard is recommended. Insulation value is somewhat higher if the insulation board has reflective covering on one or both sides. A convenient way to add insulation to existing buildings is spray-on polyurethane foam, which has about the same insulating value per unit of thickness as polyurethane foam board. Care must be taken to achieve adequate thickness. If dropped ceilings are installed, they should be insulated, which is conveniently done with three inches (8 cm) of blanket, batt, or blown-in mineral wool or fiber glass materials.

Foil-type reflective insulation is widely advertised as an ideal solution to the problem of radiant heat gain in poultry houses. Although the principle of reflecting radiant heat is valid, side-by-side tests of these materials in the United States have shown them to be much less effective than conventional insulation when used alone in poultry houses. A major reason for this is that they lose a significant amount of their initial insulating value within a few years because of dust accumulation. Other factors contributing to their lack of acceptance in the U.S. are that they are usually difficult and costly to install properly (so as to achieve their advertised insulating values), and often lack durability. It should be said that installing foil-type reflective material is preferable to leaving the underside of a metal roof exposed. However, alternatives should be carefully considered. Reflective materials alone provide much less protection against radiant heat gain than conventional insulating materials, even when these appear

to be very expensive. Reliance on reflective insulation alone is not recommended unless no other kind of insulation is available.

Reflective roof coatings or white paints can provide some benefit but are not nearly as effective as under-roof insulation because they can reflect only a part of the sun's radiation. So-called reflective roofs will still absorb solar heat and re-radiate this heat downward into the house. Similar to foil-type reflective insulation, reflective coatings or paints are preferable to leaving a dark metal roof exposed. Used alone, however, they do not provide adequate protection from solar heat gain.

## **Conclusion**

Advances in environmental control technologies now enable poultry producers around the world to maintain more nearly optimum house temperature and air quality for best bird performance under a very wide range of outside conditions. Broiler housing must be planned with careful regard to constraints imposed by prevailing local weather conditions. Environmental control configurations which currently are most relied on to help meet bird requirements are negative-pressure fan systems using adjustable inlets for cold weather; tunnel ventilation for hot weather, with pad-type evaporative cooling added for very hot conditions; and the hybrid transitional ventilation technique for moderate "in-between" weather. Adoption of electronic controls makes these newer ventilation techniques even more effective. It must be recognized that successful adoption of new technology developed in other parts of the world requires careful consideration of all relevant factors, including local climate and economic conditions, and local customs and practices. One of the basic requirements for successful poultry production is adequate under-roof insulation, which is needed in warm and cool climates, but is especially important where modern closed-house environmental control systems are installed in warm to hot locales. Where the new environmental control technologies are appropriate for local climatic and economic conditions and are carefully planned out, they are providing significant advantages to growers striving to meet the high levels of production efficiency increasingly demanded in both local markets and the growing global market.

## References

- BOTTCHER, R. W.; L. B. DRIGGERS; G. R. BAUGHMAN and P. BISESI. 1992. Field evaluation of reflective bubble-pack insulation in broiler housing. American Society of Agricultural Engineers, Applied Engineering in Agriculture series, May 1992, Vol 8, no. 3.
- DONALD, JAMES O. 1998. Environmental control options for poultry housing under different climatic conditions. Paper presented at the 4th International Seminar on Poultry Production and Diseases, May 20-23, 1998, Santiago, Chile.
- DONALD, JAMES O. 1998. Trends in environmental control for poultry housing. Paper presented at the 3rd International Poultry Science Seminar, Buenos Aires, Argentina, May 27-29, 1998.
- DONALD, JAMES O. 1997. Managing minimum ventilation, Poultry Ventilation Pointers factsheet series, Auburn University, Auburn AL (USA).
- DONALD, JAMES O. 1997. Managing transitional ventilation, Poultry Ventilation Pointers factsheet series, Auburn University, Auburn AL (USA).
- DONALD, JAMES O. 1996. Poultry Ventilation Basics. Auburn University, Auburn AL (USA).
- CZARICK, MICHAEL AND BOBBY L. TYSON. 1990. Reflective roof coatings on commercial laying houses. Paper no. 904512 presented at International Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Chicago IL, December 1990.
- MIDWEST PLAN SERVICE. 1990. Mechanical Ventilating Systems for Livestock Housing, MWPS-32. Iowa State University, Ames, Iowa 50011 (USA).
- MIDWEST PLAN SERVICE. 1990. Heating, Cooling and Tempering Air for Livestock Housing, MWPS-34. Iowa State University, Ames, Iowa 50011 (USA).
- NORTH, MACK O. and DONALD D. BELL. 1990. Commercial Chicken Production Manual, 4<sup>th</sup> ed., Chapman & Hall, New York, NY (USA).
- REECE, F. N.; J. W. DEATON and F. W. HARWOOD. 1976. Roof insulation and its effect on broiler chicken mortality. American Society of Agricultural Engineers, Transactions 19:733-736.
- VENG, NIELS. 1996. Hot climate ventilation, where to use tunnel. Paper presented to World Poultry Science Association, New Delhi, India, September 1996.
- WATHES, C. M.; B. D. GILL; D. R. CHARLES and H. L. BACK. 1981. The effects of temperature on broilers: A simulation model of the responses to temperature. British Poultry Science, 22: 483-492.
- WATT, JOHN R. and WILL K. BROWN. 1997. Evaporative Air Conditioning Handbook, 3rd ed, Fairmont Press, Lilburn GA (USA).



## List of figures and tables

- Table 1. Cooling-Need Data for Selected Locations (Warmest six consecutive months).
- Figure 1. "Comfort zone" temperatures for optimum performance of growing birds.
- Figure 2. Cost of consistent deviations from optimum temperature for growing (non-brooding phase) birds.
- Figure 3. Typical inverse relationship of summertime temperature and relative humidity.
- Figure 4. Air flow distribution during minimum ventilation, showing that with adequate static pressure, air flows in evenly and at same velocity through all air inlets.
- Figure 5. Incoming air flow patterns during minimum ventilation using different types of inlet, showing advantage of adjustable louver inlets in directing air at high velocity toward center of ceiling area.
- Figure 6. Effective air temperature versus air velocity for typical mature fully-feathered broilers at outside air temperature of 90°F (32.2°C).
- Figure 7. Increases in heat loss and weight gain for fully-feathered birds as air velocity increases.
- Figure 8. Typical tunnel-ventilated broiler house equipped for evaporative cooling.
- Figure 9. Transitional ventilation setup: tunnel fans draw air through sidewall inlets, with tunnel air inlets closed.
- Figure 10. In-house temperatures as actually monitored for conventionally-ventilated versus environmentally controlled commercial broiler houses in the month of November in Alabama, Southeastern U.S.A.; target temperature indicated by central stair-step line.
- Figure 11. Comparative insulating values by thickness for common insulating materials.

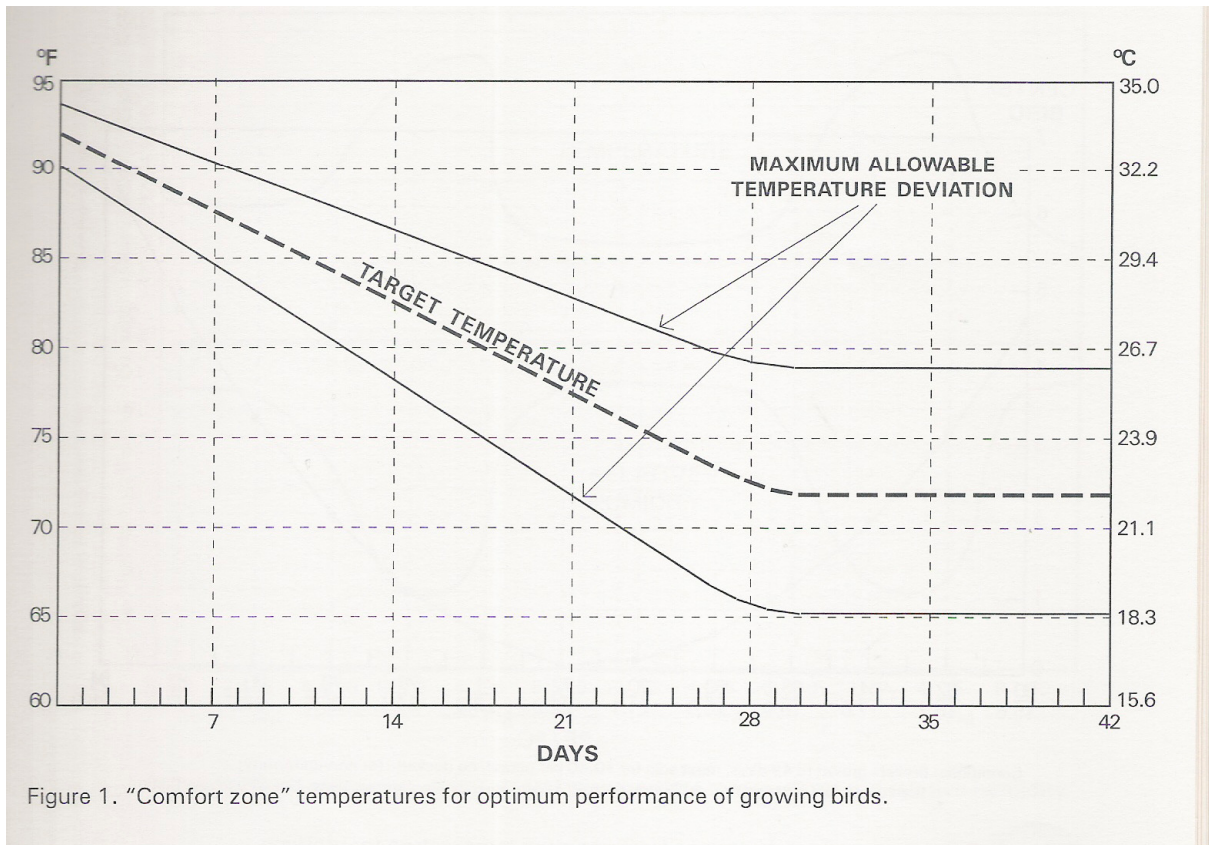
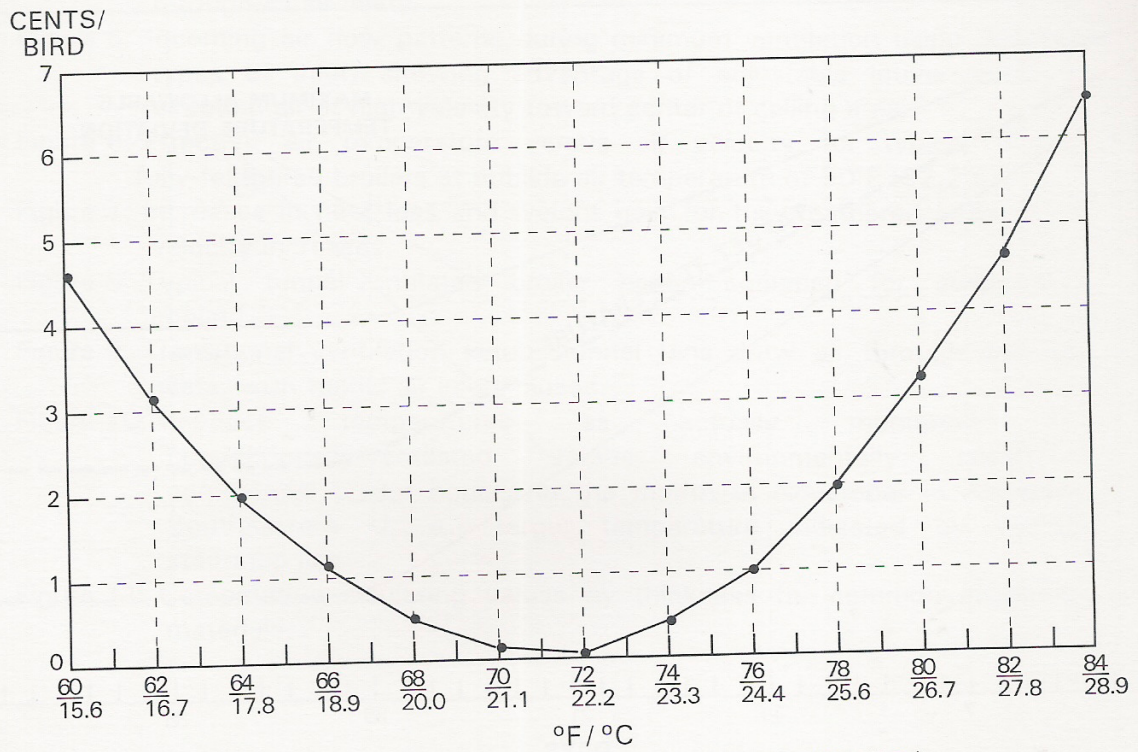
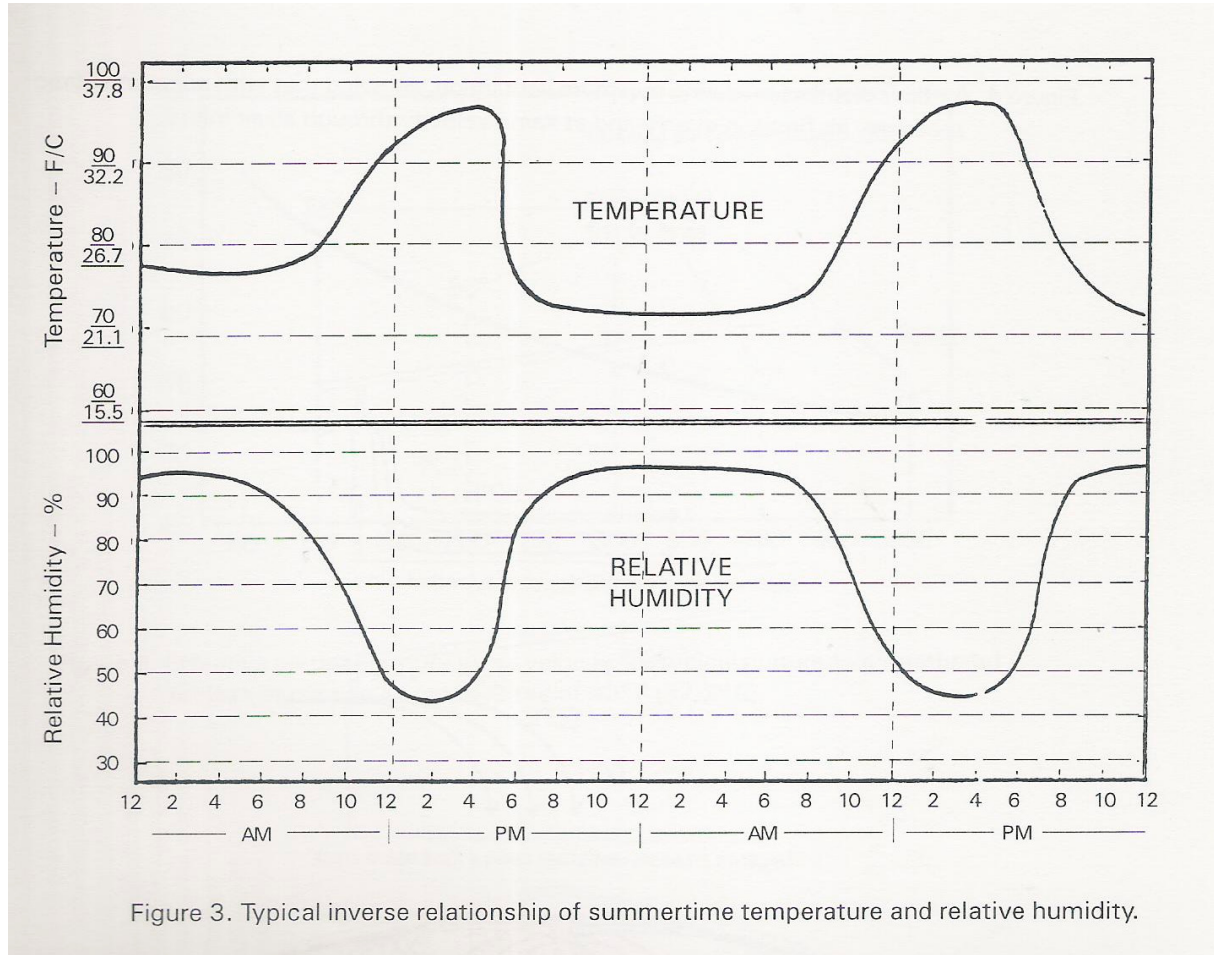


Figure 1. "Comfort zone" temperatures for optimum performance of growing birds.



Conditions: Broilers grown to 49 days, meat sold for \$0.40 per pound, no dockage for non-uniformity;  
feed costs \$278/ton starter, \$270/ton grower, \$258/ton finisher. . Source: Veng, Hot climate ventilation.

Figure 2. Cost of consistent deviations from optimum temperature for growing (non-brooding phase) birds.



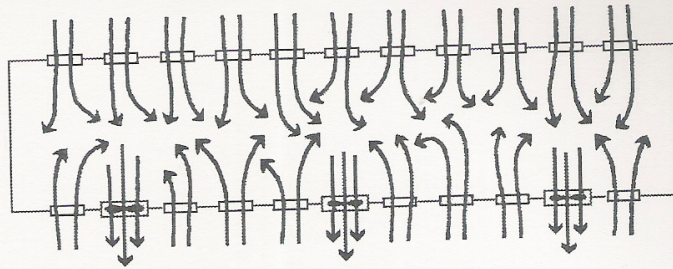


Figure 4. Air flow distribution during minimum ventilation, showing that with adequate static pressure, air flows in evenly and at same velocity through all air inlets.

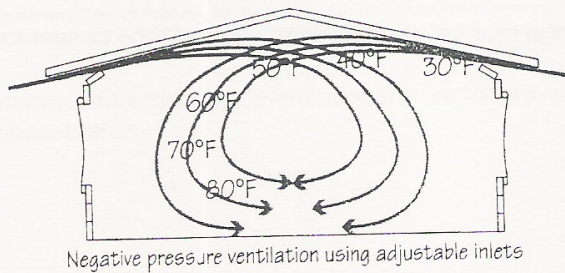
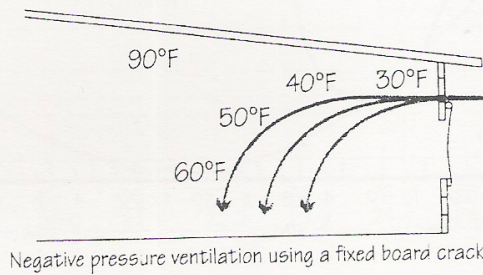
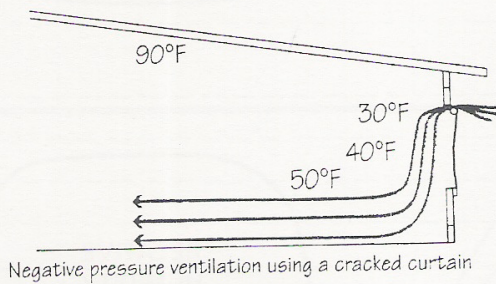


Figure 5. Incoming air flow patterns during minimum ventilation using different types of inlet, showing advantage of adjustable louver inlets in directing air at high velocity toward center of ceiling area.

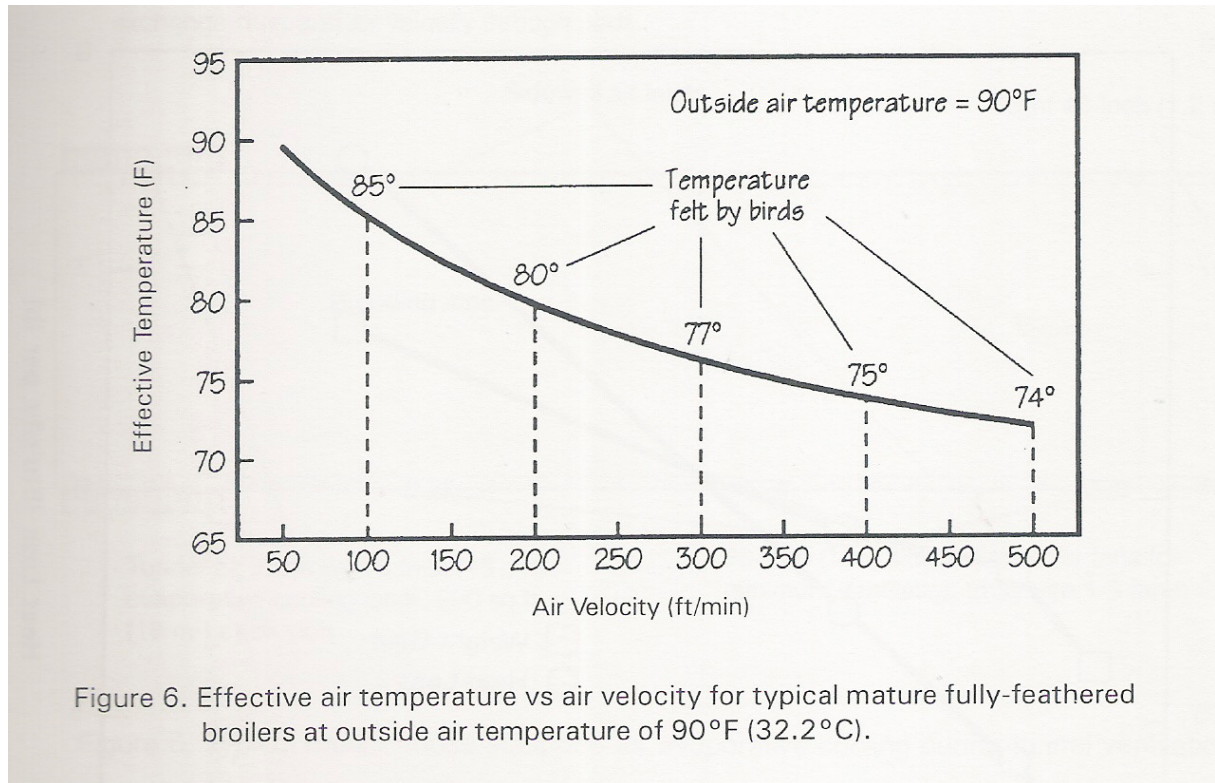


Figure 6. Effective air temperature vs air velocity for typical mature fully-feathered broilers at outside air temperature of 90°F (32.2°C).

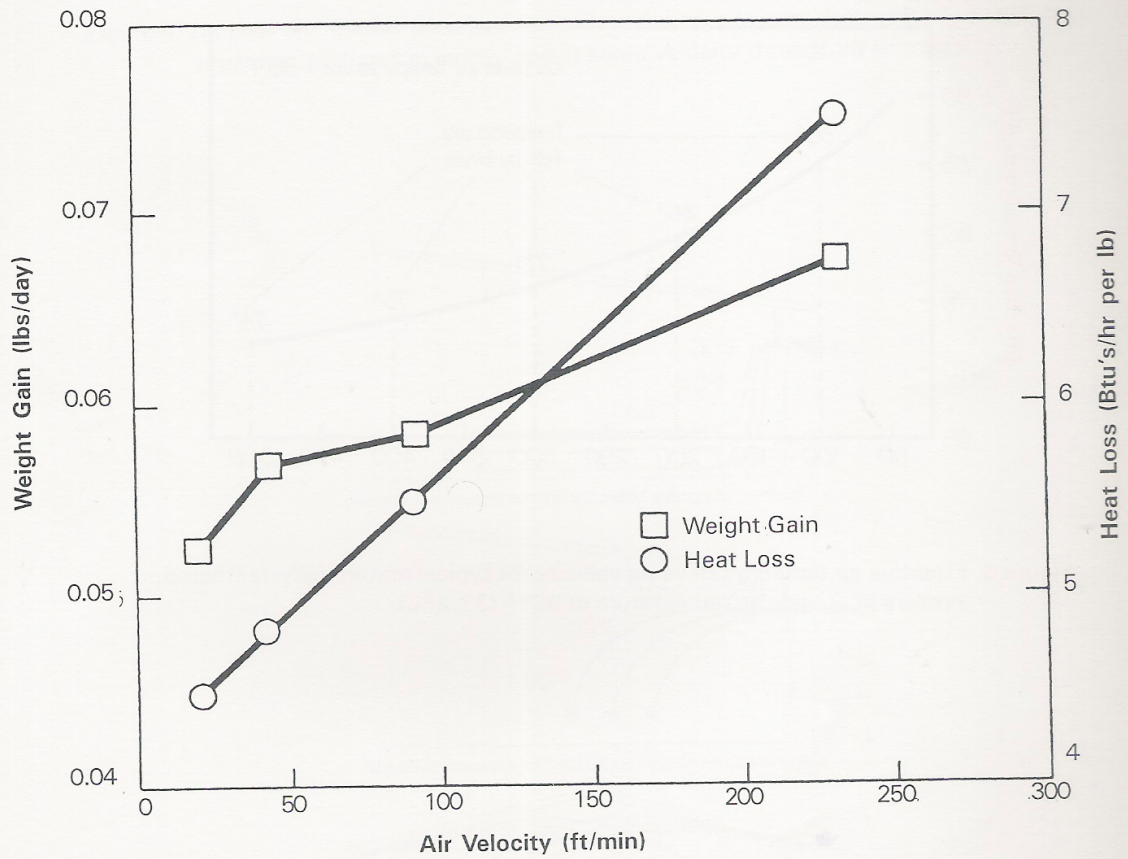


Figure 7. Increases in heat loss and weight gain for fully-feathered birds as air velocity increases.

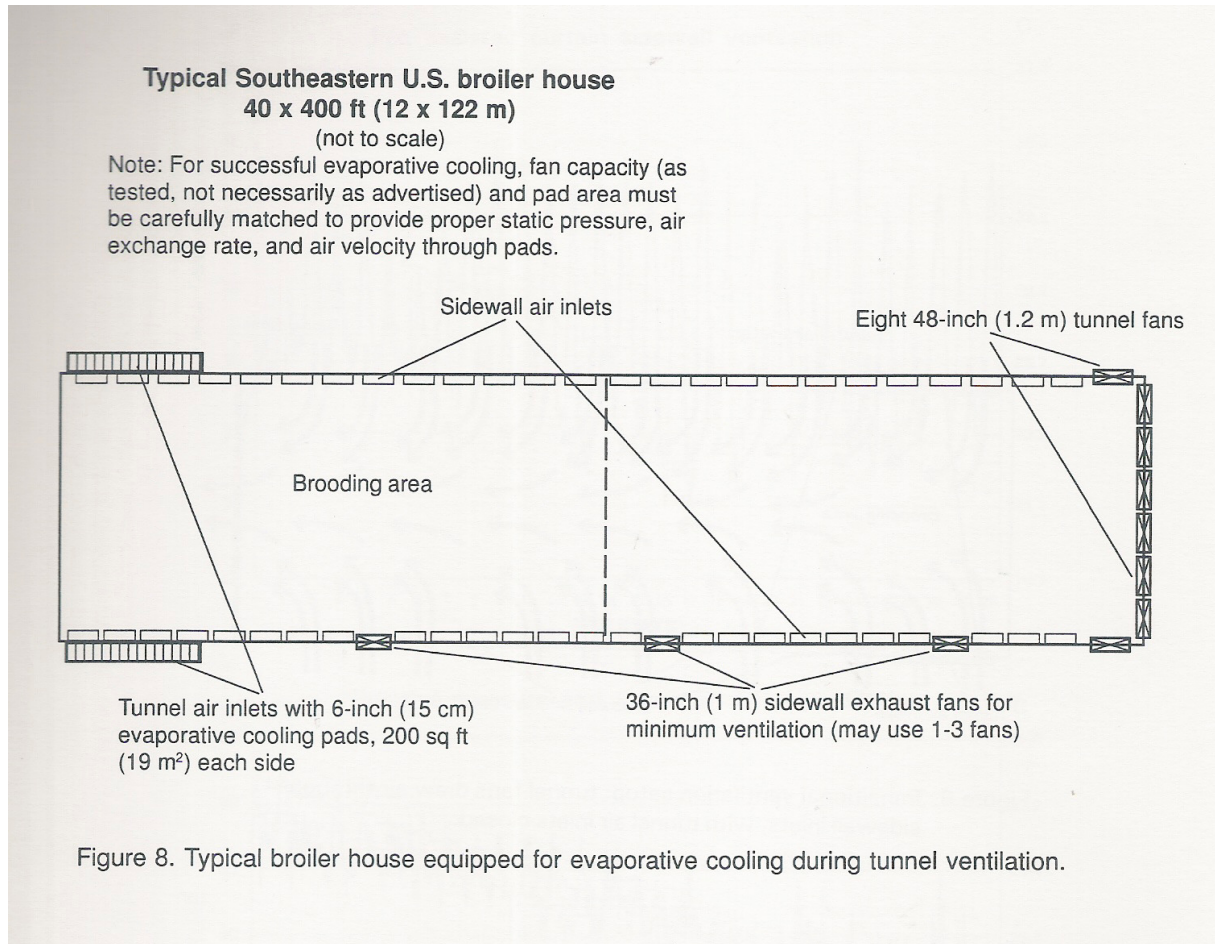


Figure 8. Typical broiler house equipped for evaporative cooling during tunnel ventilation.



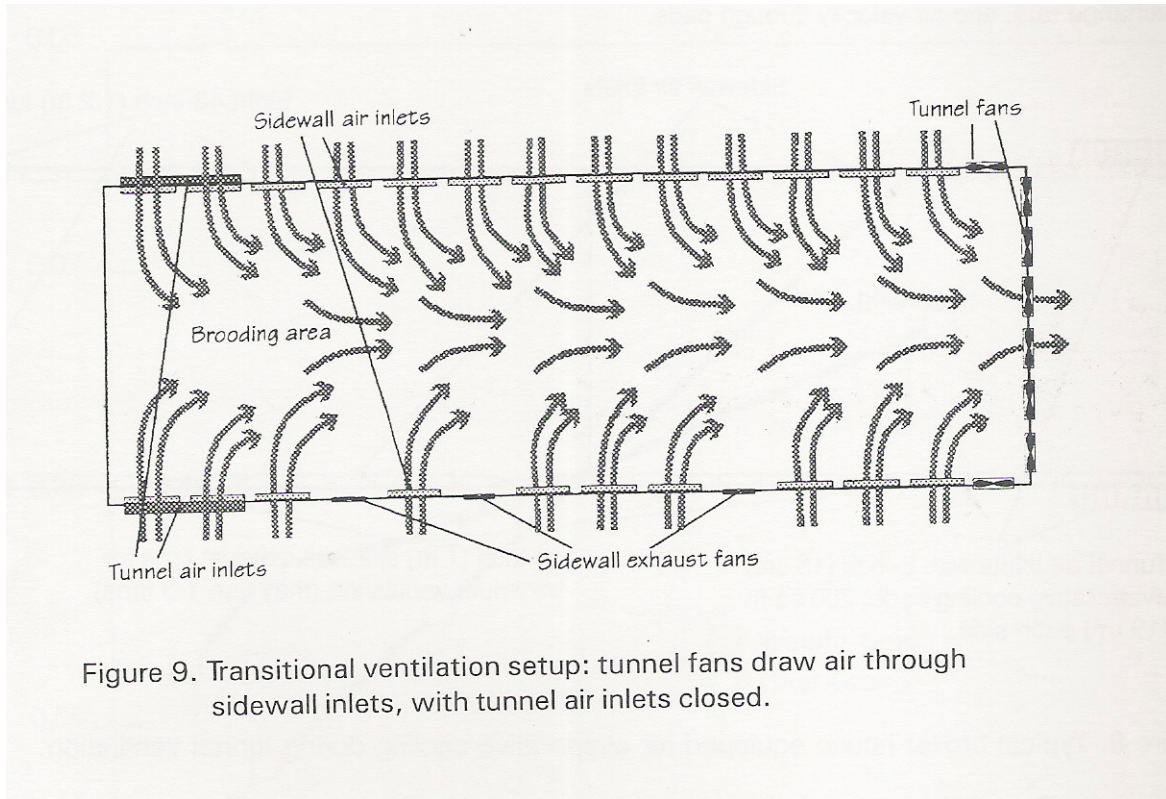


Figure 9. Transitional ventilation setup: tunnel fans draw air through sidewall inlets, with tunnel air inlets closed.

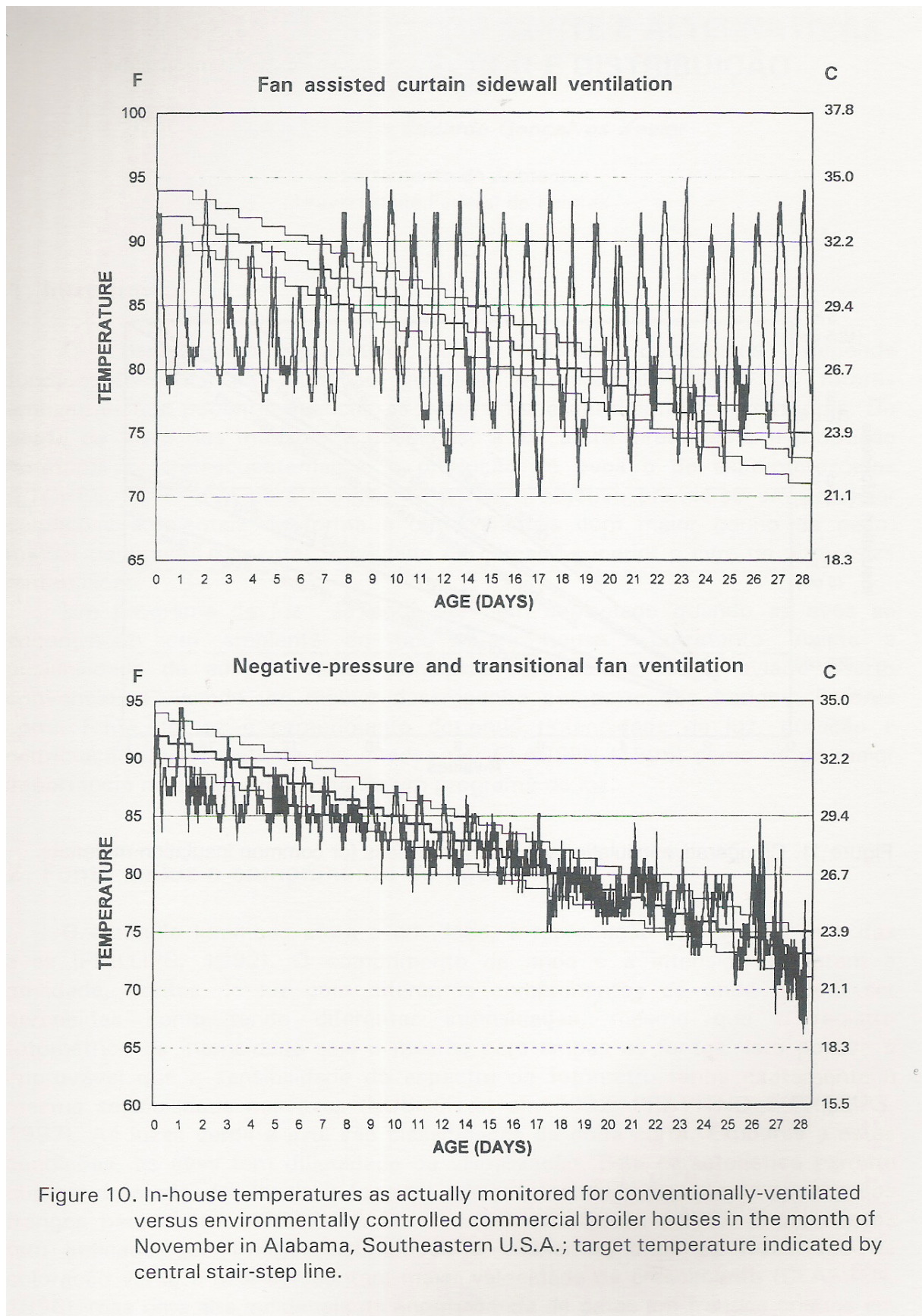


Figure 10. In-house temperatures as actually monitored for conventionally-ventilated versus environmentally controlled commercial broiler houses in the month of November in Alabama, Southeastern U.S.A.; target temperature indicated by central stair-step line.

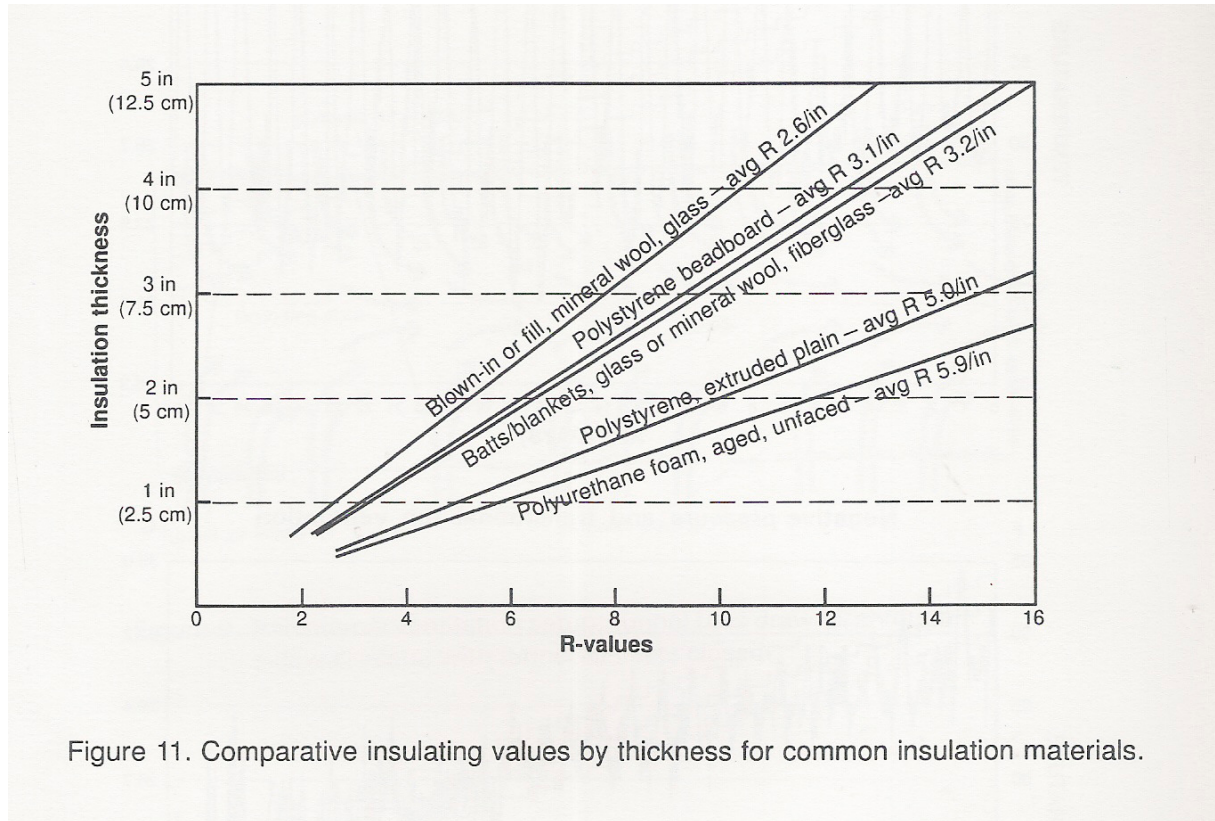


Figure 11. Comparative insulating values by thickness for common insulation materials.

# **LUZ: CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PROGRAMAS EM AVIÁRIOS DE CORTE E ALTERNATIVAS PARA A INTENSIDADE, COR E DISTRIBUIÇÃO**

*Fernando Rutz e Eduardo Gonçalves Xavier*

Departamento de Zootecnia  
Universidade Federal de Pelotas

## **1. Introdução**

O desempenho produtivo dos animais domésticos depende fundamentalmente da interação genótipo e ambiente. Dentre os fatores ambientais que podem influenciar as aves, a luz é um dos mais importantes. Do ponto de vista das matrizes e poedeiras, a luz afeta diretamente a produção hormonal e, conseqüentemente, a produção de ovos e de espermatozoides (ETCHES, 1996). Já para frangos de corte, o objetivo prende-se em propiciar condições ambientais de forma a obter animais com maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, qualidade de carcaça superior e livre de alterações metabólicas.

Um programa de luz só pode ser bem controlado quando as aves se encontrarem em ambiente do tipo "Dark house". Entretanto, existe a possibilidade de adaptar certos princípios para condições de aviário aberto convencional visando um melhor desempenho por parte dos frangos. Fatores como fonte de luz e comprimento de onda, intensidade de luz, duração e distribuição do fotoperíodo são citados por CLASSEN (1996) como os de maior importância no estabelecimento de um programa de luz.

## **2. Fonte de luz e comprimento de onda**

O estímulo luminoso afeta a atividade, a reprodução e o crescimento das aves (PHILLIPS, 1992). O comprimento de onda e a intensidade afetam a atividade. Fontes de luz com diferentes comprimentos de onda podem ser percebidas como tendo diferentes intensidades, mesmo que o registro fotométrico de intensidade seja o mesmo para ambas as fontes. Isto porque é improvável que a sensibilidade do espectro do fotômetro tenha exatamente a mesma sensibilidade nas aves (NUBOER et al., 1992; PRAYITNO e PHILLIPS, 1997). As luzes verde e azul são classificadas de onda curta. Expostas a estas condições, as aves tem dificuldade de visualização. Esta característica permite que em determinados locais, a luz azul seja recomendada quando da apanha dos frangos para abate (NORTTH & BELL, 1990; CLASSEN, 1996). Experimentos tem indicado que frangos submetidos a ambientes onde as luzes são de coloração verde e azul apresentam maior velocidade de crescimento (CLASSEN, 1996), mas uma alta incidência de anormalidade de patas em frangos criados em

luz azul foi observada (PRAYITNO et al., 1997). Já as luzes laranja e avermelhada, consideradas de amplo comprimento de onda, propiciam uma aceleração da maturidade sexual. Além disso, a luz vermelha reduz o canibalismo, devido a dificuldade da ave enxergar o sangue em outros animais lesionados (SCHUMAIER et al., 1968). Em perus, a luz azul propicia a redução na atividade comparativamente à luz branca, verde, ou vermelha (LEVENICK & LEIGHTON, 1988). PRAYITNO et al., (1997) conduziram experimentos para investigar se a manipulação do comprimento de onda e da intensidade de luz poderia ser usado para aumentar a atividade e reduzir problemas locomotores em frangos de corte. Os autores observaram que o ato de caminhar, permanecer parado, beber, a agressão e o ato de esticar as asas aumentava com a intensidade da luz vermelha, mas não com a luz azul. Estas características observadas com a luz vermelha são consistentes com os trabalhos de NEWBERRY et al. (1988), que usaram luz branca. A luz branca contém uma alta proporção de comprimentos de onda longos. A falha do aumento da intensidade de luz azul em aumentar o período parado ou caminhando sugere que a percepção do comprimento de onda longo pela pineal é fundamental para afetar a atividade. Comprimentos de onda longos penetram na cavidade craniana mais do que comprimentos de onda curtos e estimulam o desenvolvimento reprodutivo (BENOIT, 1964; HARTWIG & van VEEN, 1979). Este aumento na penetração pode explicar os efeitos na atividade, porque em muitos animais o aumento na atividade para o acasalamento é parte essencial para o desenvolvimento reprodutivo (PRAYITNO et al., 1997). Além disso, o uso de luz vermelha brilhante aumentava consideravelmente o período em que as aves permaneciam caminhando e se alimentando, particularmente quando aplicado durante o período inicial de crescimento. Os autores concluíram que criar aves de corte em luz vermelha brilhante aumentava a atividade, o que reduzia problemas locomotores no período final de crescimento. Além disso, é preferível fornecer estímulo de luz no início do período de crescimento dos frangos.

As fontes luminosas usadas na avicultura, quer seja luz fluorescente ou incandescente, são eficientes desde que adequadamente utilizadas, uma vez que apresentam amplo espectro. A eficiência de lâmpadas fluorescentes pode ser mantida somente quando a temperatura do ar encontrar-se entre 21 e 27°C. A eficiência é reduzida com temperaturas abaixo ou acima deste intervalo ótimo. Em temperaturas entre -1,1 e 4,4° C, por exemplo, ocorre somente em torno de 60% da produção máxima (NORTH & BELL, 1990). Ainda assim aqueles autores indicam que, na maior parte dos casos, a luz fluorescente é satisfatória para aviários. Quando utilizadas, a intensidade de luz deveria ser semelhante a recomendada para lâmpadas incandescentes. CLASSEN (1996) recomenda intensidade de 20 lux durante os primeiros 7 dias de vida e 5 lux posteriormente para frangos de corte. As lâmpadas devem ser colocadas a uma altura o mais próximo possível das aves, sem contudo interferir na atividade do tratador. Esta altura deve ficar entre 2,1 a 2,4 m do piso. NORTH & BELL (1990) ainda recomendam que cada watt da lâmpada deveria cobrir 0,37 metros quadrados de piso para propiciar 10 lux de luz. Isto é obtido com a utilização de refletores a uma altura de 2,1 a 2,4 metros acima do piso. A altura e a distribuição das lâmpadas deve ser de tal forma a usar lâmpadas preferencialmente não

superiores a 60 watts. Quando lâmpadas com intensidade acima de 60 watts são utilizadas, a distribuição da luz é menos uniforme e requer mais eletricidade para iluminar o aviário.

Comparando diferentes fontes de luz, ZIMMERMANN (1988) não detectou alteração no ganho de peso dos frangos recebendo ambiente com luz fluorescente, comparado com incandescente. Já SCHEIDELER (1990) observou que o tipo de lâmpada não apresentou efeito sobre o desempenho produtivo dos frangos, mas afetou a intensidade e o consumo de energia elétrica. A luz fluorescente baixou o custo da energia elétrica consumida, sem qualquer efeito prejudicial no desempenho dos frangos, comparativamente a luz incandescente de baixa voltagem. BOSHOUWERS e NICAISE (1992) submeteram frangos de corte a ambientes contendo luz fluorescente com capacidade de 100 Hz a 2600 Hz e luz incandescente. Os autores concluíram que a fonte de luz afetou a atividade física e o gasto energético. Interessante salientar que o gasto energético não acompanhou fielmente a atividade. Maiores gastos foram observados em aves submetidas a luz incandescente, comparativamente a luz com alta fluorescência, estando de acordo com os dados de atividade física. Entretanto, a baixa atividade em aves expostas a baixa luz fluorescente foi acompanhada por maiores gastos de energia. Apesar da baixa atividade, o maior gasto energético pode ser explicado pelo incremento do estado de medo e alerta, com concomitante maior gasto de energia, resultante de uma alta atividade tônica muscular. Tendo em vista que em condições de climas quentes, é desejável reduzir a atividade das aves, a luz fluorescente pode apresentar uma vantagem sobre a luz incandescente. O peso corporal foi superior nas aves expostas a luz incandescente, possivelmente por estimular o consumo alimentar.

### **3. Intensidade da luz**

Frangos devem receber luminosidade com intensidade tal que lhes permita o deslocamento para comedouros e bebedouros. Conforme mencionado anteriormente, durante os primeiros 7 dias, a intensidade deve ser de 20 lux, enquanto que posteriormente, a intensidade mínima deve ser de 5 lux. Assim, exceto em casos extremos, o efeito da luz sobre frangos é mínimo. Entretanto, a intensidade da luz pode afetar o comportamento dos frangos. Luz mais intensa propicia aumento de atividade pelas aves (NEWBERRY et al., 1985), razão pela qual é recomendado aumento da intensidade durante o período inicial de vida dos pintos. Pelo mesmo aumento da atividade, a alta intensidade de luz poderia ser potencialmente usada para reduzir a incidência de problemas de patas em frangos de corte (NEWBERRY et al., 1988), tais como deformidade angular da tíbia e tarso, jarrete inchado e discondroplasia tibial (CLASSEN et al., 1991). Quando possível, existe a recomendação de oferecer breves períodos de luz mais intensa. Esta prática estimula o exercício nas aves, reduzindo os riscos de problemas ósseos e estimula o sistema cardiopulmonar. Além disso, a alta intensidade luminosa induz ao canibalismo. Já a luz de menor intensidade é capaz de controlar o canibalismo. A luz de baixa intensidade propicia um aumento na eficiência alimentar, consequência de menor atividade e de um menor desperdício de ração (CLASSEN, 1996).

#### 4. Duração e distribuição do fotoperíodo

Dependendo do tipo de aviário disponível, o programa de luz a ser adotado pode ser contínuo ou intermitente. O objetivo maior é propiciar que os frangos tenham acesso ao alimento durante o dia inteiro.

#### 5. Fotoperíodo contínuo

O fotoperíodo contínuo compreende um programa de luz contínua (24L:0E), quase contínua (23L:1E, 16L:8E), ou com períodos mais longos de escuridão (12L:12E). Os fotoperíodos contínuos de longa duração tem sido utilizados pela indústria de frangos de corte, uma vez que permitem o acesso uniforme a ração durante todo o dia (CLASSEN, 1992). Isso propicia condições para o máximo consumo e ganho de peso ao estimular a ingestão de alimentos pela ave. Frangos de corte tem como hábito fazer várias refeições, consumindo pouco em cada uma delas (SYKES, 1983). Um exemplo disso foi dado por SAVORY (1976), que submeteu frangos de corte a um fotoperíodo contínuo e observou que as aves consumiam 3 a 6% do seu consumo diário por hora. A duração da escotofase determina o comportamento alimentar durante o escuro. Quando o fotoperíodo for de 12 horas (SAVORY, 1976) ou 14 horas (BUYSE et al., 1993), a ingestão de ração ocorre exclusivamente durante o período luminoso, com o pico de consumo ocorrendo durante a primeira hora de claridade. Um fotoperíodo menor está associado a uma menor ingestão de alimentos, menor velocidade de crescimento e redução de problema de patas das aves. Geralmente, frangos consomem ração durante o período de luz, mas podem consumir durante períodos de escuridão, caso o fotoperíodo for muito curto. Para CLASSEN (1996), retardar a velocidade de crescimento dos frangos requer um fotoperíodo inferior a 12-16 horas.

RENDEN et al. (1992) não demonstraram consistência em piora no desempenho de frangos de corte submetidos a 16 horas de luz/dia. Em um experimento não foi demonstrado diferença no peso corporal aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias entre aves recebendo 23L:1E e 16L:8E. Em outro ensaio, o peso corporal foi reduzido entre 7 e 42 dias nas aves que receberam 16L:8E. Neste experimento, aves submetidas a 23L:1E apresentaram menos problemas de calos de peito e maiores problemas de patas e de clavículas quebradas. É importante enfatizar que calos no peito são formados por contato do peito no solo e subsequente lesão. A diferença entre os programas de luz pode estar associada ao fato das aves submetidas a 16L:8E serem expostas a períodos mais longos de escuro, favorecendo o descanso.

STANLEY et al. (1997) estudaram a relação entre a idade dos frangos e a resposta a fotoestimulação. Os autores concluíram que frangos de corte apresentam bom desempenho de 1 a 4 semanas de idade só com fotoperíodo natural. Luz suplementar (23L:1E) deve ser fornecida somente a partir da quarta semana de vida.

## 4.2. Fotoesquema contínuo-intermitente

Recentemente, RENDEN et al. (1996) avaliaram fotoesquemas para frangos de corte: 1) 23L:1E, 2) 16L:8E, 3) 16L:3E:1L:4E e 4) 16L:2E:1L:2E:1L:2E. Os autores observaram um efeito do fotoesquema sobre o ganho de peso, mas não sobre a eficiência alimentar aos 49 dias de idade. O peso da carcaça foi maior nas aves recebendo o fotoesquema 4 e menor naquelas submetidas ao fotoesquema 2. Aves expostas ao fotoesquema 2 apresentaram maior produção de coxa. A gordura abdominal, as asas e as sobrecoxas não foram afetadas pelos fotoesquemas. Geralmente, a inclusão de uma hora de luz durante a noite, dentro de um programa de luz, resulta em aumento da taxa de crescimento com um mínimo risco para a saúde das aves (CLASSEN, 1996).

## 4.3. Fotoperíodo intermitente

Os programas de luz intermitentes se caracterizam por apresentar períodos repetidos de luminosidade e de escuridão dentro de 24 horas. Comparativamente a programas de luz contínuos, frangos submetidos a sistema intermitente geralmente apresentam maior produtividade, redução de problemas de patas e menor incidência de morte súbita.

BUYSE et al. (1996) avaliaram a deposição de gordura abdominal, a eficiência de retenção de proteína dietética e o desempenho produtivo de frangos de corte submetidos a um programa de luz intermitente (1L:3E) ou aproximadamente contínuo (23L:1E). O sistema de luz intermitente propiciou redução da deposição de gordura abdominal aos 28 e 41 dias de idade. Daí infere-se que houve uma postergação na deposição de tecido adiposo devido a uma alteração na trajetória da curva de crescimento imposta pela luz intermitente. Mister se faz salientar que esta postergação é temporária, uma vez que diferenças no conteúdo do tecido adiposo desaparecem quando as aves submetidas a luz intermitente alcançam maior peso corporal (BUYSE et al., 1994). PLAVNIK e HURWITZ (1985) também registraram uma redução no conteúdo do tecido adiposo de frangos submetidos a uma restrição temporária no consumo de energia a uma idade precoce. CARTWRIGHT et al. (1986) observaram que esta redução no conteúdo adiposo ocorria devido a uma redução no número de adipócitos e não no seu tamanho.

Aves expostas a fotoperíodo intermitente apresentaram maior retenção de nitrogênio. BUYSE et al. (1994) registraram que frangos recebendo programa de luz intermitente apresentaram maior eficiência na retenção de N e depositaram menos gordura, resultando em maior relação proteína:gordura. BUYSE et al. (1996) também indicaram que a melhora na eficiência de retenção de N ocorria em função de uma redução na sua excreção. O aumento da eficiência de retenção de N e maior deposição protéica em frangos submetidos a luz intermitente, especialmente durante o período de ganho compensatório, pode ser atribuído a maior concentração do hormônio do crescimento e de IGF-1 (KHUN et al., 1996). Tendo em vista a melhora na eficiência alimentar e na eficiência de retenção de N, pode ser inferido que um fotoesquema intermitente pode amenizar a poluição ambiental, devido a uma redução na eliminação de N.



Comparando fotoesquema contínuo com intermitente, BUYS et al. (1998), concluíram que o sistema intermitente reduzia a incidência de ascite. Este resultado pode ser explicado por diferentes mecanismos. Primeiro, tem sido demonstrado que com fotoesquema intermitente, a produção de calor e o consumo de oxigênio são significativamente inferiores durante os períodos de escuro (BUYSE et al., 1994). Tendo em vista que a falta de oxigênio tem sido estabelecida como sendo a causa primária de desenvolvimento de ascite, o menor consumo de oxigênio nas aves expostas ao sistema intermitente poderia reduzir a incidência de ascites. Um segundo mecanismo poderia alterar o padrão da curva de crescimento dos frangos expostos aos dois sistemas de luz. DECUYPERE et al. (1994) demonstraram que a incidência de ascite é muito mais elevada em linhagens de frangos de corte de crescimento mais acelerado. Embora frangos de corte expostos a luz intermitente alcançaram o mesmo peso corporal final (42 dias de idade) que os submetidos a luz contínua, aqueles expostos a luz intermitente apresentaram crescimento retardado já na segunda semana de idade, seguido por um ganho compensatório a partir de então. Esta diferença na taxa de crescimento resulta em um padrão de crescimento mais côncavo, quando comparado com luz contínua. Conforme mostrado por BUYSE et al. (1994), a produção de calor, e portanto as exigências de oxigênio por quilo de peso metabólico são maiores a 2 semanas de idade, o que indica uma enorme demanda metabólica. Esta demanda metabólica predispõe as aves ao desenvolvimento da ascite. O acúmulo de fluido no pericárdio e no abdômen caracteriza-se por ser a etapa final da cascata de eventos que induzem a ascite. A predisposição para o desenvolvimento da síndrome já ocorre durante as primeiras semanas do período de crescimento. É exatamente durante este período inicial que a taxa de crescimento, e assim, da exigência de oxigênio dos frangos submetidos a luz intermitente são reduzidas, o que ameniza a carga metabólica e, portanto, o desenvolvimento da ascite.

#### **4.4. Fotoperíodo crescente**

CLASSEN (1991) comentou sobre a utilização de fotoperíodos para estimular respostas fisiológicas em frangos de corte. Tratam-se de fotoesquemas com o oferecimento crescente de luz que resultam em redução de problemas de patas e de ascite em 55 e 40%, respectivamente (CLASSEN, 1996). Estes fotoperíodos seriam inicialmente curtos, aumentando posteriormente durante a vida da ave. Tais programas tem sido fundamentalmente similares, onde as aves recebem diversos dias de luz aproximadamente contínua (23L:1E), de forma que os pintos encontrem alimentação e água, seguido por uma diminuição no fotoperíodo (6L:18E) e daí para um aumento gradual ou repentino para um programa aproximadamente contínuo (23L:1E) a 14 ou 21 dias (ROBINSON et al., 1988; CHARLES e CLASSEN, 1989; CLASSEN e RIDDELL, 1989, 1990; CLASSEN et al., 1991; RENDEN et al., 1991; CHARLES et al., 1992; BLAIR et al., 1993; RENDEN et al., 1993). Um fotoperíodo curto durante um determinado tempo visa reduzir o consumo alimentar e o ganho de peso no período correspondente, mas sem afetar o desenvolvimento esquelético. O esqueleto pode então ser mais capaz de sustentar um rápido aumento no ganho de peso

quando o fotoperíodo é subseqüentemente aumentado. Programas de luz crescentes e de alta intensidade foram previamente testados em perus (HESTER et al., 1983, 1986) e foram responsáveis pela redução da incidência de anormalidades nas patas, quando comparados com programas de luz de baixa intensidade e decrescentes. Maior atividade e encurtamento de ossos longos podem ter contribuído para tal, mas outros trabalhos (HESTER et al., 1985) não obtiveram sucesso em reduzir os problemas de patas, apesar da maior atividade dos frangos e do menor comprimento dos ossos tarso-metatarso. Um efeito benéfico adicional de programas de fotoperíodos crescentes é que o período escuro é mais longo quando as aves são jovens, portanto, mais prováveis de se beneficiarem dos períodos de descanso e sono.

#### **4.5. Fotoperíodo decrescente - crescente**

Segundo CLASSEN (1996), através do manejo de luz é possível reduzir problemas ósseos e de outras formas de mortalidade associadas ao crescimento, mantendo altos níveis de produtividade nos frangos. A princípio, o uso de dias curtos no início do período de criação de frangos propicia a redução na ingestão de ração e da taxa de crescimento e, conseqüentemente, com todos os problemas associados com o crescimento acelerado. O fornecimento de fotoperíodos mais longos em etapas mais tardias da fase de crescimento dos frangos resulta em ganho compensatório, fazendo com que as aves alcancem peso semelhante ao das submetidas a fotoperíodo contínuo. Aparentemente, a testosterona provoca o crescimento compensatório. Este sistema de luz é denominado de decrescente - crescente e é responsável pelos benefícios acima, estando composto pelas seguintes fases:

- 1- vários dias de luz constante para permitir que os pintos de um dia possam adaptar-se ao local;
- 2- uma redução a 6 horas de luz (6L:18E); e
- 3- um aumento gradual a um regime de luz constante (23L:1E ou 24L:0E).

#### **4.6. Comparação com outros sistemas de luz**

CLASSEN (1996) indica que o sistema de luz crescente propicia uma menor velocidade de crescimento inicial dos frangos do que o contínuo. Entretanto, ao alcançar 40 dias, o peso deve ser equivalente, podendo ser ainda superiores caso os animais serem levados até idades mais avançadas. Por outro lado, o sistema de luz crescente propicia uma redução na incidência de problemas de patas e de morte súbita de 55% e 40%, respectivamente. Embora de natureza variável, aves expostas ao sistema de luz crescente tendem a desenvolver menos o peito, mas por morrerem menos, a menor produção é compensada.

Comparativamente ao sistema de luz intermitente, o sistema de fotoperíodo crescente propicia uma menor incidência de enfermidades ósseas e mortalidade. Neste particular, o sistema de luz contínuo caracteriza-se por ser o pior de todos.

#### **4.7. Precauções antes do envio ao abate**

Frangos criados sob fotoperíodo constante tendem a ser menos ágeis que aqueles submetidos a fotoperíodo crescente, portanto, deve-se ter mais cuidado durante a apanha das aves. Para minimizar este efeito, é recomendado a exposição a luz contínua durante 5-7 dias antes do envio ao frigorífico. Caso a apanha não seja um problema, pode-se fornecer 8-10 horas de escuridão antes do envio das aves ao abatedouro. Tal medida pode reduzir ligeiramente a mortalidade (CLASSEN, 1996).

#### **4.8. Utilização do efeito do amanhecer, entardecer e do aumento da intensidade**

CLASSEN (1996) comenta que a transição gradual do período de escuridão para o período de luz apresenta efeitos benéficos sobre o comportamento das aves. Acender as luzes após um longo período de escuridão faz com que os frangos apresentem uma alta atividade, podendo criar um tumulto no aviário. O mesmo ocorre quando as luzes são apagadas. Tanto o entardecer como o amanhecer são orientadores para as aves de maneira que a transição não seja tão estressante. Um período de transição de 50 minutos pode ser incorporado em qualquer programa de iluminação.

#### **4.9. Explicações para o efeito fotoperíodo**

Em uma revisão sobre o assunto, CLASSEN (1996) procurou elucidar o efeito do fotoperíodo sobre o desempenho e metabolismo dos frangos de corte.

##### **4.9.1. Ganho de peso**

O ganho de peso inicial de frangos de corte diminui ao utilizar períodos breves e constantes de luz, ao utilizar períodos crescentes de luz e ao utilizar sistema de luz intermitente. Uma redução no ganho de peso durante os primeiros períodos de desenvolvimento dos frangos tem resultado em redução das enfermidades ósseas e de outras causas de mortalidade. Este fenômeno também ocorre com a restrição alimentar durante a fase inicial de crescimento. Portanto, a redução na taxa de ganho de peso, associada ao aumento de iluminação exerce uma grande influência sobre a saúde dos frangos.

#### **4.9.2. Atividade**

Um aumento na atividade física geral é característico de aves expostas a períodos de escuridão. Em muitos casos a isto é atribuído a redução no problema de patas. Entretanto, a quantidade mínima de exercício físico ainda não foi determinado. Esta poderia ser a causa do menor problema de patas em aves expostas a programa de luz crescente.

#### **4.9.3. Alterações no metabolismo**

Um determinado período de escuridão parece ser necessário e benéfico para os frangos de corte, tendo em vista os processos metabólicos que ocorrem durante o ciclo circadiano. Aparentemente, os frangos deveriam receber um mínimo de 8-10 horas de escuridão a cada 24 horas. Para os frangos, o período de sono deve ser importante, pois isto refletirá diretamente no gasto de energia, crescimento, adaptabilidade e bem estar das aves. Caso expostos a períodos de iluminação constante, os frangos de corte comem em intervalos freqüentes, o que indica que não dormem durante um período contínuo de horas. Alguns autores afirmam que frangos expostos a iluminação contínua tornam-se hipercinéticos, o que certamente se refletirá na sua saúde.

#### **4.9.4. Hormônios androgênicos**

Frangos de corte expostos a programa de luz crescente apresentam um aumento na produção de hormônios sexuais. Isto pode ser observado no tamanho da crista e dos testículos. Entretanto, o efeito do aumento do período de luz sobre os problemas de patas e mortalidade pode ser observado já aos 21 dias, enquanto que o aumento na produção de androgênios só ocorre posteriormente. Assim, parece que estes hormônios não são o mecanismo para explicar a melhor condição das aves submetidas ao sistema de luz crescente.

### **5. Considerações finais**

CLASSEN (1996) faz os seguintes comentários sobre a utilização de programas de luz para frangos de corte:

- O manejo da luz é um fator importante na produção de frangos de corte.
- A luz azul ou de baixo comprimento de onda é importante para o manejo das aves, embora não tenha um efeito direto sobre a produção das mesmas.
- A intensidade de luz é importante sobre certos comportamentos e resulta em artifício útil em aviários de ambiente controlado.

- Frangos de corte submetidos a longos períodos de escuridão apresentam melhor estado metabólico. O uso de luz contínua ou semi-contínua deve ser questionado.
- Aumentos periódicos na intensidade luminosa e a adaptação dos efeitos do amanhecer e entardecer aparecem como outras formas de manejo de luz que podem trazer benefícios adicionais.

### Programas de luz utilizados no Brasil

O esquema de luz utilizado para frangos de corte difere entre as empresas. A seguir serão ilustrados programas de luz utilizados por algumas delas:

**Tabela 1– Programas de luz utilizados para frangos de corte durante o inverno ( I ) e verão ( V ) no Brasil**

Empresa	Estação	Idade (dias)	Programa de luz
A	I + V	1-14 15-35 36-42	24L:0E natural 18L:6E
B	I + V	1-7 8-42	24L:0E natural + (1L + 2E) n
C	I + V	1-7 8-21  22-35 36-42	24L:0E natural, caso o lote não apresentar incidência acentuada de morte súbita fornecer 2 h de luz diárias/semana a mais a partir de 18 dias natural + 2h de luz diárias/semana 22L:2E
D	V I	1-42 1-42	24L:0E 19L:5E
E	I + V	0-3 4-25 26-36 37-42	24L:0E natural 19L:5E 24L:0E
F	I  V	1-7 8-30 (F) 8-35 (M) 30 (36)-42 1-7 8-30 31-42	24L:0E natural natural 24L:0E 24L:0E 22L:0E 24L:0E
G	V  I	1-35 (F) 0-21 (M) 22-35 (M) 36-42 1-3 4-28 (F) 29-35 (F) 4-36 (M) 37-42 (M)	23L:1E 23L:1E ± 6h + natural 23L:1E 23L:1E natural 23L:1E 23L:1E 23L:1E

RUTZ (1997).

## Sugestões de fotoesquemas a serem utilizados no Brasil

Embora de maneira não definitiva, sugerimos às empresas que adaptem os seus programas de luz para alguns dos abaixo relacionados, podendo fazer as alterações que entenderem ser convenientes.

	<b>Idade da ave (dias)</b>	<b>Horas de luz</b>
Exemplo 1	1-4	<b>23L:1E</b>
	5-7	18L:6E
	8-21	Natural
	22-35	Natural + 2L / semana
	36-42	23L:1E
Exemplo 2	1-4	<b>23L:1E</b>
	5-14	Natural
	15-18	18L:6E
	19-Abate	23L:1E
Exemplo 3	1-4	<b>23L:1E</b>
	5-7	18L:6E
	8-21	<b>Natural + 1L / no meio da noite</b>
	22-28	14L:4,5E:1L:4,5E
	29-35	18L:6E
	36-42	23L:1E
Exemplo 4	1-4	<b>23L:1E</b>
	5-7	18L:6E
	8-18	14L:3E:1L:2,5E:1L:2,5E
	19-24	18L:6E
	25-42	23L:1E

## 6. Referências bibliográficas

- BENOIT, J. 1964. Ann. N. Y. Acad. Sci. 117:204-215.  
 BLAIR, R. et al. 1993. Poultry Sci. 72:495-502.  
 BOSHOEWERS, F. M. G. & E. NICAISE. Proceedings, 19th World's Poultry Congress, Amsterdam, Netherlands, 20-24 September. 1992.  
 BUYS, N. et al. 1998. Poultry Sci. 77:54-61..  
 BUYSE, J. et al. 1994. Arch. Geflügelkd. 58:78-83.  
 BUYSE et al. 1993. Brit. Poultry Sci. 34:699.  
 BUYSE, J. et al. 1996. Poultry Sci. 75:589-594  
 CARTWRIGHT, A. L. et al.1986. Poultry Sci. 65:21.  
 CHARLES, R. G.; H. L. CLASSEN. 1998. Poultry Sci. 68:26.  
 CLASSEN, H. L. 1991. Poultry Digest. June:14-28.  
 CLASSEN, H. L. 1996. Avicultura Profesional 41 (2):21  
 CLASSEN, H. L.; C. RIDDELL. 1989. Poultry Sci. 68:873-879.  
 CLASSEN, H. L.; C. RIDDELL. 1990. Poultry Sci. 69: 35.

- CLASSEN, H. L. et al. 1991. *Brit. Poultry Sci.* 32:21-29.
- CLASSEN, H. L. In: *Bone Biology and skeletal disorder in Poultry. Symposium No 23* (ed Whitehead, C. C.), Arbringdom, UK, 195-211. 1992.
- DECUYPERE, E. et al. 1994. *Br. Poultry Sci.* 35:287-297.
- ETCHES, R. J. *Reproduction in Poultry.* Weybridge, UK: CAB International, 1996.
- HARTWIG, H. G.; T. van VEEN. 1979. *J. Comp. Physiol.* 130: 277-282.
- HESTER, P. Y. et al. 1983. *Poultry Sci.* 62:887-896.
- HESTER, P. Y. et al. 1986. *Brit. Poultry Sci.* 27:63-73.
- HESTER, P. Y. et al. 1985. *Poultry Sci.* 64:2062-2075.
- KUHN, E. R. et al. 1996. *Poultry Sci.* 75: 595-600.
- LENENICK, C. K.; A. T. LEIGHTON, 1988. *Poultry Sci.* 67: 1505-1513.
- NEWBERRY, R. C. et al. 1985. *Poultry Sci.* 64:1863-1868.
- NEWBERRY, R. C. et al. 1988. *Poultry Sci.* 67: 1020-1025.
- NORTH, M. O.; D. BELL, 1990. *Commercial Chicken Production Manual.* 4th ed. AVI Publishing Co., Westport, CT.
- NUBOER, J. et al. 1992. *Br. Poultry Sci.* 33: 135-140.
- PLAVNIK, I.; S. HURWITZ. 1985. *Poultry Sci.* 64: 348-355.
- PRAYITNO, D.; C. J. C. PHILLIPS. 1997. *Br. Poultry Sci.* 38: 136-141.
- PRAYITNO, D. et al. 1997. *Poultry Sci.* 76: 452-457.
- RENDEN, J. A et al. 1992. *Poultry Sci.* 71:1427-1435.
- RENDEN, J. et al. 1983. *Poultry Sci.* 72:378-382.
- RENDEN, J et al. 1991. *Poultry Sci.* 70: 2055-2062.
- RENDEN, J. et al. 1996. *Poultry Sci.* 75: 1345-1350.
- ROBINSON, F. E. et al. 1988. *Poultry Sci.* 67:145.
- RUTZ, F. In: *Conferência Apinco'97 de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1997*, p. 69-107.
- SAVORY, C. J. *Brit. Poultry Sci.* 17: 557. 1976.
- SCHEIDELER, S. E. *Poultry Sci.* 69:1030-1033. 1990.
- SCHUMAIER, G. et al. 1968. *Poultry Sci.* 47: 1599-1602.
- STANLEY, V. G. et al. 1997. *Poultry Sci.* 76:306-310.
- SYKES, A. H. In: *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*, Academic Press. 1983.
- PHILLIPS, C. J. C. 1992. Environmental factors influencing the production and welfare of farm animals: Photoperiod. P 49-65. In: *Farm Animals and the Environment.* C. J. C. Phillips and D. Piggins, ed. CAB International, Oxford, UK.
- ZIMMERMAN, N. G. 1988. *Poultry Sci.* 67:43-51.

## VENTILATION TO CONTROL POULTRY HOUSE AIR QUALITY

*Dr. Hongwei Xin*

Associate Professor

Department of Agricultural and Biosystems Engineering  
Iowa State University, Ames, Iowa 50014-3080

Ph: 515-294-9778 Fax: 515-294-9973 E-mail: hxin@iatste.edu

### 1. Introduction

Metabolic and physical activities of poultry and decomposition of their waste materials introduce contaminants into the atmosphere, which deteriorates the indoor air quality (IAQ). These contaminants primarily consist of excessive heat and moisture, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, dust, and microorganisms. The detrimental effects of poor IAQ on the health and performance of poultry such as higher mortality, reduced growth rate or egg production, reduced feed conversion, increased incidence of carcass condemnation at the processing plants have been well documented (Carlie, 1984). The potential hazards of aerial contaminants on the health and welfare of the operators in the agricultural sectors have also received increasing attention. Table 1 contains the threshold values of human exposures to various harmful gases and aerosols as recommended by ACGIH (1994).

**Table 1. Recommended threshold limit values (TLV) of human exposure to gases and aerosols**

	TLV-TWA <sup>a</sup>	TLV-STEL <sup>b</sup>
<b>Gas</b>		
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	25 ppm	35 ppm
Carbon Monoxide (CO)	50 ppm	400 ppm
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	5,000 ppm	10,000 ppm
Hydrogen Sulfide (H <sub>2</sub> S)	10 ppm	15 ppm
<b>Particulate</b>		
Inhalable Particulate <sup>c</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	
Respirable Particulate <sup>d</sup>	3 mg/m <sup>3</sup>	

a. TWA = Time Weighted Average: Concentration for a normal 8-hr day and a 40-hr workweek to which nearly all workers may be repeatedly exposed, day after day, without adverse effect.

b. STEL = Short Term Exposure Limit: Concentration to which workers can be exposed for a short period of time. Exposure should be for no longer than 15 minutes, four times per day with at least 60 minutes between successive exposures, provided that the daily TLV-TWA is not exceeded.

c. Defined as ranging from 50% at 100 µm to 100% at 0 µm

d. Defined as ranging from 1% at 10 µm to 100% at 0 µm



Poultry researchers and producers worldwide continue to seek practical means to improve IAQ. Despite the existence of numerous technically feasible methods to treat/amend poultry manure/litter (Carr et al., 1982; Hansen and Fischer, 1984) and/or air (Carpenter, 1986; Mitchell, 1994; Mitchell, 1995; Mitchell, 1996), implementation of good ventilation systems and proper ventilation rate remains to be the most readily applicable and popular means to maintain good IAQ. The objectives of this paper are:

- 1) To present results of some case studies that demonstrate the efficacy of ventilation strategies on IAQ control of poultry houses;
- 2) To introduce practical instruments for IAQ measurement and ventilation troubleshooting; and
- 3) To describe a state-of-the-art indirect calorimeter facility that is used to quantify the fundamental heat and moisture production rate of poultry and their housing systems required for efficient design and operation of environmental control systems.

## **2. Case studies on IAQ control**

### **2.1. Ventilation control of moisture and aerial NH<sub>3</sub> in broiler houses**

The objective of this case study was to demonstrate the requirement of minimum ventilation rate (MVR) to control moisture and aerial NH<sub>3</sub> in broiler houses and the efficacy of the control strategy as affected by climatic conditions and the cost of fresh bedding.

#### **Experimental broiler houses and management schemes**

Four commercial-scale research broiler houses were involved in this study. The broiler houses were each 12 m x 121 m (40 ft x 400 ft) and were equipped with earthen floors, side-wall curtains of 75 cm (2.5 ft) in height, nipple drinkers and automatic pan feeders. Two houses used conventional cross ventilation while the other two used tunnel ventilation. One house of each ventilation style used steel trusses with rigid board insulation of 1.76 m<sup>2</sup>·°C/W (R10) in the roof. The other house used wooden trusses with loose-fill insulation of 3.35 m<sup>2</sup>·°C/W (R19) over a drop-ceiling vapor barrier. Supplemental heating was provided by pancake brooders and space heaters with a total capacity of 404 kW (1,380,000 BTU/hr) per house. Summer cooling was implemented with fans and foggers for the conventional houses and with fans and evaporative cooling pads for the tunnel houses. Minimum ventilation was accomplished with 0.9 m (36 in) diameter fans in the conventional houses and with 1.2 m (48 in) diameter fans in the tunnel houses. Five-minute timers were used to control the operation of the exhaust fans. Berry et al. (1991) and Xin et al. (1993) have reported more details of the broiler housing units.

Despite the differences in building structures and ventilation styles among the broiler houses, the same production management practices were implemented to achieve similar microenvironments in the houses. This was especially the case for the cool and cold production seasons. Each house started with 18,800 male broilers (Cobb x Cobb) that were raised for eight weeks (~ 2.6 kg or 5.8 lb. market body weight). Commercial diets were used. Half-house brooding was used for the first two weeks to conserve energy. House temperature setpoints during the brooding period are shown in Table 2. The accompanying relative humidity (RH) ranged from 30 to 50%.

**Table 2. Broiler house temperature setpoints during half-house brooding period (RH = 30 to 50%)**

Bird Age	Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Set-point	°C	31	31	31	30	29	29	28	28	27	27	27	27	27	26
	°F	87	87	87	86	85	84	83	82	81	80	80	80	80	79

Commercial poultry bedding of rice hulls, sawdust and wood shavings mixture was used. For the new house conditions and after each clean-out, about 10 cm (4 in.) of fresh bedding was spread on the earthen floor. Between clean-outs, caked litter was removed and about 2.5 cm (1 in.) fresh bedding was added to the top of the old litter (top dressing). During the 3-year study period, the broiler houses were cleaned out twice, once after flock 7 and again after flock 13.

Prior to chicks' arrival on the farm, aerial ammonia level inside each house was measured with instantaneous sampling of air near the floor level using colorimetric ammonia detector tubes (Sensidyne, 16333 Bay Vista Drive, Clearwater, FL<sup>4</sup>). MVR was adjusted until the NH<sub>3</sub> reading was in the range of 25 to 30 ppm. The same procedure was used to adjust daily timer setting and thus MVR. In addition, for some flocks using old litter, the houses were preheated at 35°C (95°F) for two days in attempt to "cook out" litter NH<sub>3</sub>.

#### **Determination of MVR and extra fuel use for ammonia control**

MVR was estimated using the rated airflow of the ventilation fans at static pressure of 12 Pa (0.05 in H<sub>2</sub>O) and their runtime. The airflow rates of 17,000 m<sup>3</sup>/hr (10,000 cfm) for 0.9 m (36 in.) diameter fans and 32,300 m<sup>3</sup>/hr (19,000 cfm) for 1.2 m (48 in.) diameter fans were verified using airflow traverse method. MVR for flocks with new litter bedding (average of flocks 8 and 14) was used as the baseline to compare MVR for flocks with old litters during the cool and cold seasons (average of flocks 6, 7, 11, 12 and 13). Flock 1 (new

<sup>4</sup>Mention of product or company names does not imply endorsement of the product by the author or Iowa State University, or exclusion of any other products that may be suitable.

houses) was excluded from the analysis because a) the houses were over-ventilated and b) there was no NH<sub>3</sub> problem. The warm or hot weather flocks were also excluded because of the uncertainty on ventilation rate arising from periodic opening of the side curtains. The extra ventilation heat loss and the resultant extra propane fuel use for NH<sub>3</sub> control were calculated as follows:

$$EVHL = C_p \cdot \rho (MVR_a - MVR_m)(t_i - t_o) \cdot 24 \quad [1]$$

$$EPFU = EVHL / (V \cdot E) \quad [2]$$

Where:

EVHL - daily extra ventilation heat loss, kJ·day<sup>-1</sup> (BTU·day<sup>-1</sup>)

C<sub>p</sub> - specific heat of air, 1 kJ·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> (0.24 Btu·lb.<sup>-1</sup>·°F<sup>-1</sup>)

ρ - density of air, 1 kg·m<sup>-3</sup> (0.062 lb·ft<sup>-3</sup>)

MVR<sub>a</sub> - MVR for ammonia control of old litter, m<sup>3</sup>·hr<sup>-1</sup> (ft<sup>3</sup>·hr<sup>-1</sup>)

MVR<sub>m</sub> - MVR for moisture control of new litter, m<sup>3</sup>·hr<sup>-1</sup> (ft<sup>3</sup>·hr<sup>-1</sup>)

t<sub>i</sub>, t<sub>o</sub> - daily average inside and outside air temperature, °C (°F)

24 - hours per day

EPFU - daily extra propane fuel use of the building, L·day<sup>-1</sup> (or gal·day<sup>-1</sup>)

V - propane fuel heat content, 25.52 MJ·L<sup>-1</sup> (91,550 Btu·gal<sup>-1</sup>)

E - efficiency of heating system, 0.80

## Results and discussion

Bird performance and between-flocks litter management practices for the 16 flocks raised during the 3-year study period are listed in Table 3. Because bird performance was similar in all houses for each flock, farm averages were used. It can be noted that flocks raised on old litter tended to coincide with higher condemnation than those grown on new bedding. Specifically, condemnation for flocks using new bedding (#1, #8, and #14) averaged 0.69%, as compared to 1.04% for the remaining flocks that used old litter. The higher condemnation rate for broilers exposed to elevated ammonia had been reported by early researchers (Quarles and King, 1974). However, because the bird performance could have also been affected by other uncontrollable factors such as chick quality, health condition and production season, no efforts were made to test the statistical significance in the present study.

In an effort to extract NH<sub>3</sub> from the old litter before brooding started, preheating or warming the houses was exercised. It was found that keeping house temperature at 35°C (95°F) two days before chick placement and then lowering it to the brooding level of 31°C (87°F) was somewhat effective. However, keeping the houses at some moderate temperatures before brooding and then increasing it to the brooding level, as was the case with flock 7, had

little effect on NH<sub>3</sub> reduction. Depending upon the weather conditions, propane fuel expended in preheating the houses varied from 15 gal per house in summer to 300 gal per house in winter.

MVR values associated with the new and old litter during the 2-week brooding period are shown in Table 4. MVR for flocks with new litter was the same as that recommended by MWPS (1990) during the first week and slightly higher during the second week. By comparison, MVR for flocks with old litter was nine times the MVR for new litter on day one and declined exponentially with age. This result parallels those of Elliott and Collins (1982) who reported that six to ten times normal ventilation rate was required to maintain safe NH<sub>3</sub> level of < 25 ppm during the first weeks for flocks grown on old litters.

**Table 3. Production performance of 8-wk old broilers and litter treatment between flocks**

Flock No.	Start Date mm-dd-yy	Age day	BW <sup>A</sup> kg	FC <sup>B</sup>	Live <sup>C</sup> %	Cond <sup>D</sup> %	Litter Management Between Flocks <sup>E</sup>
1	11-19-90	56	2.65	2.04	94.60	0.72	New houses– New bedding
2	02-01-91	56	2.57	2.06	92.98	0.55	Cake removal & dressing
3	04-15-91	56	2.50	2.10	92.85	0.76	Cake removal & dressing
4	06-20-91	60	2.43	2.42	91.10	1.52	Cake removal & dressing
5	08-29-91	56	2.64	2.05	95.94	0.94	Two-day heating at 35°C
6 <sup>#</sup>	11-12-91	57	2.71	2.10	95.74	1.49	Cake removal & dressing
7 <sup>#</sup>	01-23-92	54	2.57	2.04	91.56	0.81	House temperature at 10°C (14 days), 21°C (1 day), & then 30°C (1 day). Clean out - New bedding
8 <sup>*</sup>	04-02-92	50	2.35	1.94	90.53	0.60	Clean out - New bedding
9	06-08-92	53	2.44	2.02	92.19	0.76	Cake removal & dressing
10	08-07-92	56	2.75	2.11	92.32	2.06	Cake removal & dressing
11 <sup>#</sup>	10-15-92	57	2.84	2.15	95.09	0.91	Two-day heating at 35°C
12 <sup>#</sup>	12-21-92	58	--	2.05	94.63	0.84	Tilted litter in two houses & applied litter treatment in other two houses
13 <sup>#</sup>	03-02-93	56	2.81	2.21	94.09	1.28	Two-day heating at 35°C
14 <sup>*</sup>	05-11-93	56	2.71	2.07	93.59	0.74	Clean out - New bedding
15	07-07-93	56	2.58	2.13	93.60	0.98	Cake removal & dressing
16	09-17-93			2.10	95.87	0.98	Two-day heating at 35°C

A - Body weight of the bird

B - Feed conversion of the bird, i.e., feed consumption per unit marketed live body weight

C - Liveability at harvesting time, percent of total chicks placed

D - Carcass condemnation rate at processing plant, percent of total marketed weight

E - House heating or warming was conducted in attempt to extract ammonia from the litter before brooding started.

The house ventilation rate during this period was generally set at 1,104 m<sup>3</sup>·hr<sup>-1</sup> (650 cfm). Caked litter was removed after each flock and fresh bedding added to the top of old litters (i.e. top dressing). The fresh bedding was a mixture of rice hull, wood shavings and sawdust.

\* - Used to establish baseline MVR for comparison of NH<sub>3</sub>-control MVR

# - Used to determine NH<sub>3</sub>-control MVR

However, litter moisture content (MC) of 16 to 24% ("as-is" weight basis) and pH value of 7.2 to 7.7 found in the present study were lower than those used by Elliott and Collins (18 to 33% MC and 8.5 pH) in their simulation. The lower litter MC in the present study presumably arose from the higher ventilation rates. Carr and Nicholson (1980) had also demonstrated the relationship of lower litter MC to higher ventilation rate. The NH<sub>3</sub>-control MVR (MVR<sub>a</sub>) during the 2-week brooding period was related to bird age by the following regression equation (R<sup>2</sup> = 0.97):

$$\text{In SI unit, } MVR_a [\text{m}^3/\text{hr}/1000 \text{ birds}] = 134 + 0.2474 \times (13 - \text{age})^3 \quad [3]$$

$$\text{In PI unit, } MVR_a [\text{CFM}/1000 \text{ birds}] = 79 + 0.1456 \times (13 - \text{age})^3 \quad [4]$$

**Table 4. Comparison of minimum ventilation rates (MVR) required to control moisture (for new litter) and aerial NH<sub>3</sub> level (< 30 ppm) (for old litter) inside broiler houses as affected by litter conditions**

Bird Age (day)	cfm/Bird			m <sup>3</sup> /(hr-bird)			Old/New Ratio
	Old Litter	New Litter	MWPS	Old Litter	New Litter	MWPS	
1	0.36	0.04	0.04	0.61	0.07	0.07	9.0
2	0.27	0.04	0.04	0.46	0.07	0.07	6.8
3	0.2	0.04	0.04	0.34	0.07	0.07	5.0
4	0.15	0.04	0.04	0.26	0.07	0.07	3.8
5	0.14	0.04	0.04	0.24	0.07	0.07	3.5
6	0.13	0.04	0.04	0.22	0.07	0.07	3.3
7	0.12	0.06	0.04	0.2	0.10	0.07	2.0
8	0.11	0.06	0.04	0.18	0.11	0.07	1.8
9	0.09	0.07	0.04	0.15	0.12	0.07	1.3
10	0.09	0.07	0.04	0.16	0.12	0.07	1.3
11	0.09	0.07	0.05	0.15	0.12	0.08	1.3
12	0.08	0.07	0.05	0.14	0.12	0.08	1.1
13	0.08	0.07	0.05	0.13	0.12	0.08	1.1
14	0.08	0.07	0.05	0.13	0.12	0.08	1.1

MWPS – Midwest Plan Service (1990).

The extra fuel use and cost for NH<sub>3</sub> control during the 2-wk brooding period at selected outside temperatures (T<sub>o</sub>) are presented in Table 5. The need of extra supplemental heat as a result of elevated MVR must be considered when sizing the heating capacity. Otherwise birds raised on old litter could encounter one of two undesirable situations: (a) adequate house temperature but excessive NH<sub>3</sub> due to lower ventilation rate or (b) acceptable NH<sub>3</sub> level but cold temperatures due to lack of heating capacity.

The information shown in Table 5 can be used to determine the economic trade-off of house clean-out for a given climatic condition and cost of bedding

material. For example, a spreader load of bedding costs approximately \$110 and four loads (\$440 worth) are generally needed to cover the floor of a 12 m x 121 m (40 ft x 400 ft) house. Table 5 indicates that the cost of new bedding can be offset by the fuel savings it brings about, as compared with use of old litter, when the outside temperature is -18°C (0°F) and propane is \$0.60/gal. Moreover, birds raised on new bedding will likely perform better (e.g., lower carcass condemnation), as shown in Table 3. Although it is not a common practice yet in the broiler industry, half-house cleaning (i.e. the brooding end) seems to provide an effective alternative to reduce NH<sub>3</sub> and conserve energy during brooding while reducing the cost of new bedding by 50%. Such practice could result in significant energy savings for a wide range of outside temperatures (Table 5). Based on a 3-yr comparative field demonstration involving litter treatment with ferrous sulfate brooding paper, wood fiber pellets as litter, or ventilation for ammonia control in broiler houses, Hansen and Fischer (1986) also concluded that use of proper ventilation was most practical for NH<sub>3</sub> control.

**Table 5. Extra propane fuel use and costs for ammonia control during 2-week brooding period in a broiler house of 20,000 birds (12 x 121 m or 40 ft x 400 ft) that uses old litter (assuming 80% heating efficiency)**

T <sub>o</sub> , °C	-17.8	-15.0	-12.2	-9.4	-6.7	-3.9	-1.1	1.7	4.4	7.2	10.0
°F	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
EPFU	731	688	646	603	561	518	475	433	390	348	305
FC <sub>0.5</sub>	<b>\$365</b>	<b>\$344</b>	<b>\$323</b>	<b>\$302</b>	<b>\$280</b>	<b>\$259</b>	<b>\$238</b>	\$216	\$195	\$174	\$153
FC <sub>0.6</sub>	<b>\$438</b>	<b>\$413</b>	<b>\$387</b>	<b>\$362</b>	<b>\$336</b>	<b>\$311</b>	<b>\$285</b>	<b>\$260</b>	<b>\$234</b>	\$209	\$183
FC <sub>0.7</sub>	<b>\$511</b>	<b>\$482</b>	<b>\$452</b>	<b>\$422</b>	<b>\$392</b>	<b>\$363</b>	<b>\$333</b>	<b>\$303</b>	<b>\$273</b>	<b>\$243</b>	\$214

*Notations:*

T<sub>o</sub> - outside temperature, Celsius or Fahrenheit

EPFU – extra propane fuel use (gallons) for NH<sub>3</sub> control during the 2-week brooding period

FC<sub>0.5</sub>, FC<sub>0.6</sub>, FC<sub>0.7</sub> - fuel cost at \$0.50, \$0.60 and \$0.70 per gallon of propane. The boldfaced values correspond to the conditions where fuel savings can be achieved by using half-house cleaning of the brooding end (Break-even fuel savings for new bedding: \$440 for full house; \$220 for half house).

## Conclusions

This case study demonstrates that:

- 1) Minimum ventilation rate (MVR) needed to control NH<sub>3</sub> within 25 to 30 ppm for broiler flocks raised on old litter amounts to nine times the normal MVR needed for moisture control on day one, and decreases exponentially with bird age during 2-wk brooding period.
- 2) The elevated MVR for NH<sub>3</sub> control translates into extra propane use of 137 L (36 gal) and 58 L (15 gal) per 1,000 birds at an outside temperature of -17.8 C (0 F) and 10 C (50 F), respectively.

- 3) Design of heating capacity should take into account the elevated supplemental heat need for  $\text{NH}_3$  control in houses using old litter.
- 4) Preheating old litter at  $35^\circ\text{C}$  ( $95^\circ\text{F}$ ) room temperature helps extracting  $\text{NH}_3$  from litter, but the intensive energy use likely makes such a practice cost prohibitive, particularly during winter.
- 5) House cleaning after each flock improves IAQ, energy efficiency and bird performance. With scarce supply of bedding materials, producers may consider cleaning only the brooding end to reduce fresh bedding need while controlling  $\text{NH}_3$  during the most critical period of the flock.

## 2.2. Arrangement of ventilation system to improve IAQ in high-rise laying hen houses

As previously illustrated, the amount of air exchanges or ventilation rate is crucial to achieving good IAQ. Another important aspect of ventilation to control IAQ is the arrangement of the ventilation system that dictates the pattern of the airflow. A ventilation system that helps keeping  $\text{NH}_3$  (molecular weight of 17 g/mole vs. 29 g/mole for air) from rising to the bird level would be beneficial. The increasingly popular high-rise layer houses with solid manure storage below cage rows and continuous slot ceiling inlets above cage rows are an example of such systems. A schematic representation of a negative pressure system is shown in Fig. 1.

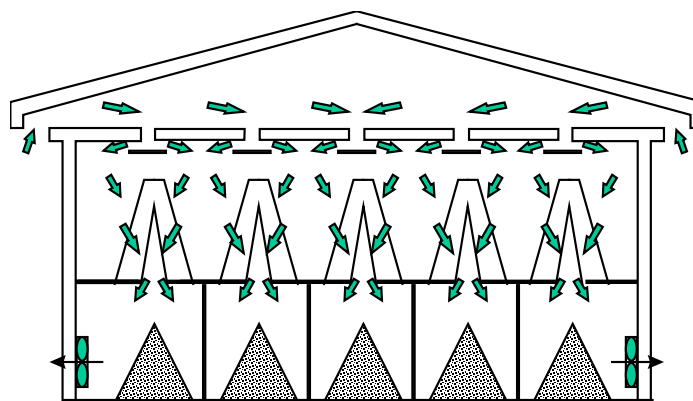


FIGURE 1. A schematic cross-section of high-rise layer house with negative pressure ventilation and continuous slot inlets in the ceiling.

For positive pressure systems, fans would be located in the attic space and blow air into the house. In either case, air is forced to flow through the bird cages, then through a narrow floor opening (15 cm or 6 in.) between the cage rows, over the manure pile, and finally be exhausted to outside. Such an airflow pattern generates a slight pressure gradient between the bird level and the manure storage, which in turn reduces the chance of  $\text{NH}_3$  rising from the manure level. To validate the efficacy of this ventilation arrangement, we measured  $\text{NH}_3$  and  $\text{CO}_2$  levels in three commercial layer houses (85,000 to 125,000 bird capacities) in Iowa during the winter of 1997. The results are listed in Table 6. Note that  $\text{NH}_3$  level in the manure storage area (118 ppm) averaged 3.1 times that at the bird level (38 ppm). Also as indicated in Table 6, the  $\text{CO}_2$  level was considerably higher at the bird level than in the manure storage area. This outcome may be attributed to the lesser space in the upper level for the gas (generated primarily from respiration of the birds) to diffuse.

**Table 6. Ammonia (NH<sub>3</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations in high-rise layer houses with the ventilation arrangement as shown in figure 1, measured during winter of 1997 in Iowa**

Sample Location	NH <sub>3</sub> (ppm)				CO <sub>2</sub> (ppm)			
	Max	Min	Mean	SE	Max	Min	Mean	SE
Bird Level	90	15	38	12	4200	2000	3100	1100
Manure Storage	245	50	118	28	3000	1700	2350	650

Another benefit brought about by the ventilation arrangement is drier manure. Through a one-year field measurement of production volume and nutrient contents of manure in the high-rise housing systems in Iowa, we found that moisture content of the manure ranges from 34 to 51% with an average of 41% (Xin and Lorimor, 1997; Lorimor and Xin 1998). The lower moisture content, compared to liquid manure handling systems, further contributes to less ammonia emission from the manure.

Concurrent with monitoring of the layer houses, a commercial pullet house (65,000 birds) with manure belts was monitored. With weekly removal of the manure on belts, NH<sub>3</sub> level ranged from 3 to 30 ppm and the CO<sub>2</sub> level ranged from 1200 to 2500 PPM. Manure moisture content averaged 55%.

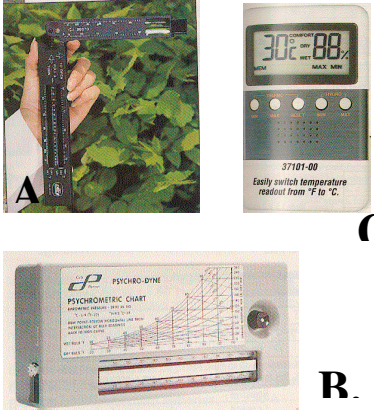
Currently, we are conducting a field demonstration project that evaluates the efficacy of in-house low-pressure misting and high-pressure fogging systems on IAQ and production performance of cage layers in the high-rise houses. Because the project started this past summer, data on IAQ is limited at this point. However, the preliminary results have shown merits of the system in alleviating bird heat stress. A more complete report on the system performance is anticipated to be available by fall of 1999.

### 3. Instruments for IAQ measurement and ventilation troubleshooting





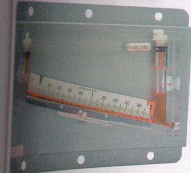
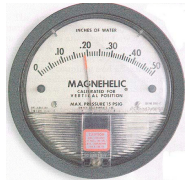
Whether it is for research or commercial application, having the right tools is essential to conduct the proper environmental measurements. Over the years more and more products have become available at increasingly affordable prices. The purpose of this section is to present information on some of these practical tools for IAQ and ventilation measurement and they are listed in Table 7. It must be pointed out that citation of the products or vendors names is for information purpose only, and does not imply endorsement by the author or Iowa State University, or exclusion of other suitable products or vendors.



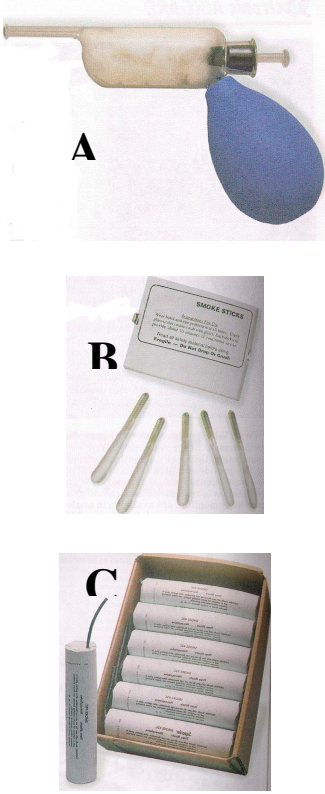
**Table 7. Some practical instruments for IAQ measurements and ventilation troubleshooting**

Instrument Type & Function	Source	Visual Illustration
<b>Thermal Components of IAQ (temperature, RH, velocity, and static pressure)</b>		
<p><b>Psychrometers:</b></p> <p><i>Measure dry-bulb and wet-bulb temperatures and derive RH. Available as either manually operated sling psychrometer (A) or motorized psychrometer (B).</i></p> <p><i>Also available in the form of digital readout of temperature &amp; RH (C).</i></p>	<p>Cole-Parmer Instrument Co.                      7425 North Park Ave.                      Niles, IL 60714                      800-323-4340</p> <p>Davis Instruments                      4701 Mt Hope Drive                      Baltimore, MD 21215                      800-368-2516</p>	 <p>The visual illustration shows three different psychrometer models. Model A is a manual sling psychrometer being held by a hand against a green leafy background. Model B is a motorized psychrometer with a printed psychrometric chart and a digital display. Model C is a digital readout device with a screen showing '30.2' and '88%' and a control panel with several buttons.</p>

**Table 7. Some practical instruments for IAQ measurements and ventilation troubleshooting (cont'd).**

Instrument Type & Function	Source	Visual Illustration
<b>Thermal Components of IAQ (temperature, RH, velocity, and static pressure)</b>		
<p><b>Max/min Thermometers:</b></p> <p><i>Register maximum and minimum air temperatures between resets, e.g., daily, weekly, etc.</i></p>	<p>Cole-Parmer Instrument Co. 7425 North Park Ave. Niles, IL 60714 800-323-4340</p> <p>FarmTek, Inc. 1440 Field of Dreams Way Dyersville, IA 52040 800-327-6835</p>	
<p><b>Compact and Reusable Electronic Temperature and/or RH Loggers:</b></p> <p><i>Continuously record temperature and/or RH at predetermined time intervals; data retrieved to PCs. Available in different memory sizes, waterproof or water-resistant models.</i></p>	<p>Onset Computer Corporation 536 MacArthur Blvd. Box 3450 Pocasset, MA 02559-3450 508-563-9000</p>	<p>Water-proof temperature</p>  <p>Water-resistant temperature/</p> 
<p><b>Air Velocity Meters:</b></p> <p><i>Provide instantaneous readings of air velocity; available in either compact propeller vane (A) or hot wire anemometer (B) type.</i></p>	<p>Davis Instruments 4701 Mt Hope Drive Baltimore, MD 21215 800-368-2516</p> <p>Dwyer Instruments, Inc. P.O. Box 373 Michigan City, IN 46360 219-879-8000</p> <p>Kurz Instruments, Inc 2411 Garden Road Monterey, CA 93940 800-424-7356</p>	 <p style="text-align: center;"><b>A</b>                      <b>B</b></p>
<p><b>Manometers:</b></p> <p><i>Measure static pressure (i.e., pressure difference between a ventilated space and the outside air). Available in inclined liquid indication (A) or pressure gage (B) type.</i></p>	<p>Davis Instruments 4701 Mt Hope Drive Baltimore, MD 21215 800-368-2516</p> <p>Dwyer Instruments, Inc. P.O. Box 373 Michigan City, IN 46360 219-879-8000</p>	<p><b>A</b></p>  <p><b>B</b></p> 

**Table 7. Some practical instruments for IAQ measurements and ventilation troubleshooting (cont'd).**

Instrument Type & Function	Source	Visual Illustration
<b>Gases and Aerosol Components of IAQ (Air distribution, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, and Dust)</b>		
<p><b>Smoke Generators:</b></p> <p><i>Provide visual indication of airflow patterns. Types include smoke gun (A), smoke sticks (B), smoke candles (C), and fogging machine (picture not shown here) (e.g., theatrical fogging machine model ROSCO 1000).</i></p>	<p>Cole-Parmer Instrument Co. 7425 North Park Ave. Niles, IL 60714 800-323-4340</p> <p>Davis Instruments 4701 Mt Hope Drive Baltimore, MD 21215 800-368-2516</p> <p>E. Vernon Hill, Inc. 940 Adams St, Suite G Benicia, CA 94510 707-747-5577</p> <p>MSA P.O. Box 426 Pittsburgh, PA 15230 800-672-2222</p> <p>Des Moines Theatrical Supply 138 Maple St. Des Moines, IA 50265 515-274-3661 (ROSCO 1000)</p>	 <p>The visual illustrations show three types of smoke generators: (A) a smoke gun with a wooden handle and a blue bulb; (B) a box of smoke sticks with several sticks shown; (C) a box of smoke candles with one candle shown.</p>

<p><b>Gas Sampling Kit and Detector Tubes:</b></p> <p><i>Measure instantaneous or time-weighted average concentrations of gases such ammonia and carbon dioxide. Instantaneous sampling requires pump and detector tubes; where TWA measurements use the passive dosimeter tubes only.</i></p>	<p>Davis Instruments                  4701 Mt Hope Drive                  Baltimore, MD 21215                  800-368-2516</p> <p>Matheson Gas Products                  Manhattan Rd &amp;                  Richards St.                  Joliet, IL 60434</p> <p>SKC, Inc.                  RR 1, Box 334                  Eighty Four, PA 15330                  800-752-8476</p>	
<p><b>Dust Mass Concentration Monitor and Laser Particle Counter:</b></p> <p><i>Measure aerial dust levels by either mass concentration (total or respirable dust) or particle counts (multiple ranges of particle sizes) (picture not shown here).</i></p>	<p>SKC, Inc. (Mass concentration)                  RR 1, Box 334                  Eighty Four, PA 15330                  800-752-8476</p> <p>Metone (Particle count)                  481 California Ave.                  Grants Pass, OR97526                  541-479-1248</p>	

#### 4. Measurement of heat and moisture production rates

The essence of proper ventilation rate on IAQ and production efficiency has been illustrated in the previous sections. This section describes measurement techniques and facility that allow researchers to collect the fundamental data on heat and moisture production rates of poultry housing systems for design and operation of the building ventilation. As bird genetics, nutrition, and housing equipment continue to advance, periodic update of these design data is essential to design and operation of economically and environmentally sound systems. The objective of this section is to describe a state-of-the-art animal indirect calorimeter system developed and used extensively at Iowa State University.

##### Principle of animal indirect calorimetry

Indirect calorimetry is based on the principle that metabolic heat production can be determined accurately from oxygen consumption, carbon dioxide production, methane production, and nitrogen excretion of an animal. The relationship has the general form of

$$HP = 16.18 O_2 + 5.02 CO_2 - 2.17 CH_4 - 5.99 N \quad (\text{Brouwer, 1965}) \quad [5]$$

where:

- HP - total heat production rate, W
- O<sub>2</sub> - oxygen consumption rate, mL/s, under standard temperature (0°C), pressure (1 atm or 101.325 kPa), and dry (STPD) condition
- CO<sub>2</sub> - carbon dioxide production rate, mL/s, STPD
- CH<sub>4</sub> - methane production rate, mL/s, STPD
- N - nitrogen excretion rate, g/s

It has been shown that for poultry the excreted urinary nitrogen term can be neglected with an error of less than 1.5% for either fasting or normal state. Therefore, a more commonly used form of equation [5] in poultry energetics research is

$$HP = 16.18 O_2 + 5.02 CO_2 \quad [6]$$

O<sub>2</sub> consumption and CO<sub>2</sub> production are determined by the concentrations of the gases in the inlet and outlet air streams and the ventilation rate. Namely,

$$O_2 = V_i (X_i - \alpha \cdot X_o) \cdot 10^{-6} \quad [7]$$

$$CO_2 = V_i (\alpha \cdot Y_o - Y_i) \cdot 10^{-6} \quad [8]$$

where:

$V_i$  - measured inlet air flow rate (for a positive pressure system), mL/s, STPD  
 $X_i, X_o$  - measured  $O_2$  concentration of the inlet and outlet air, respectively, ppm  
 $Y_i, Y_o$  - measured  $CO_2$  concentration of the inlet and outlet air, respectively, ppm  
 $\alpha$  - correction factor for outlet air flow rate to account for the difference in air composition between the inlet and outlet air, calculated as:

$$\alpha = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1 - (X_i + Y_i) \cdot 10^{-6}}{1 - (X_o + Y_o) \cdot 10^{-6}} \quad [9]$$

Another term often used in indirect calorimetry study of animal energetics is respiratory quotient (RQ). RQ is defined as the ratio of  $CO_2$  production to  $O_2$  consumption,

$$RQ = CO_2/O_2 \quad [10]$$

HP can be further partitioned into latent and sensitive mode (LHP, SHP). LHP is obtained by converting the moisture production (MP) and SHP is simply the difference between HP and LHP. MP ( $g\ H_2O \cdot hr^{-1}$ ) from birds and sometimes their surroundings can be determined with the following equation:

$$MP = V_i \cdot \rho(\alpha W_o - W_i) \cdot \frac{3600}{1000} \quad [11]$$

where:

$\rho$  - density of air,  $1.293\ g \cdot l^{-1}$   
 $W_i, W_o$  - humidity ratio of inlet and outlet air respectively,  $gH_2O \cdot gDA^{-1}$ , calculated as:

$$W = 0.62198 \left( \frac{P_w}{P - P_w} \right) \quad (\text{Weiss, 1977}) \quad [12]$$

where:

$P$  - measured barometric pressure of ambient air, kPa  
 $P_w$  - partial vapor pressure of the inlet or outlet air, kPa, calculated as:

$$P_w = 0.61078e^{\left( \frac{17.2693882 \cdot dp}{t_{dp} + 237.30} \right)} \quad (\text{Weiss, 1977}) \quad [13]$$

where:

$t_{dp}$  - measured dew point temperature of inlet or outlet air, °C

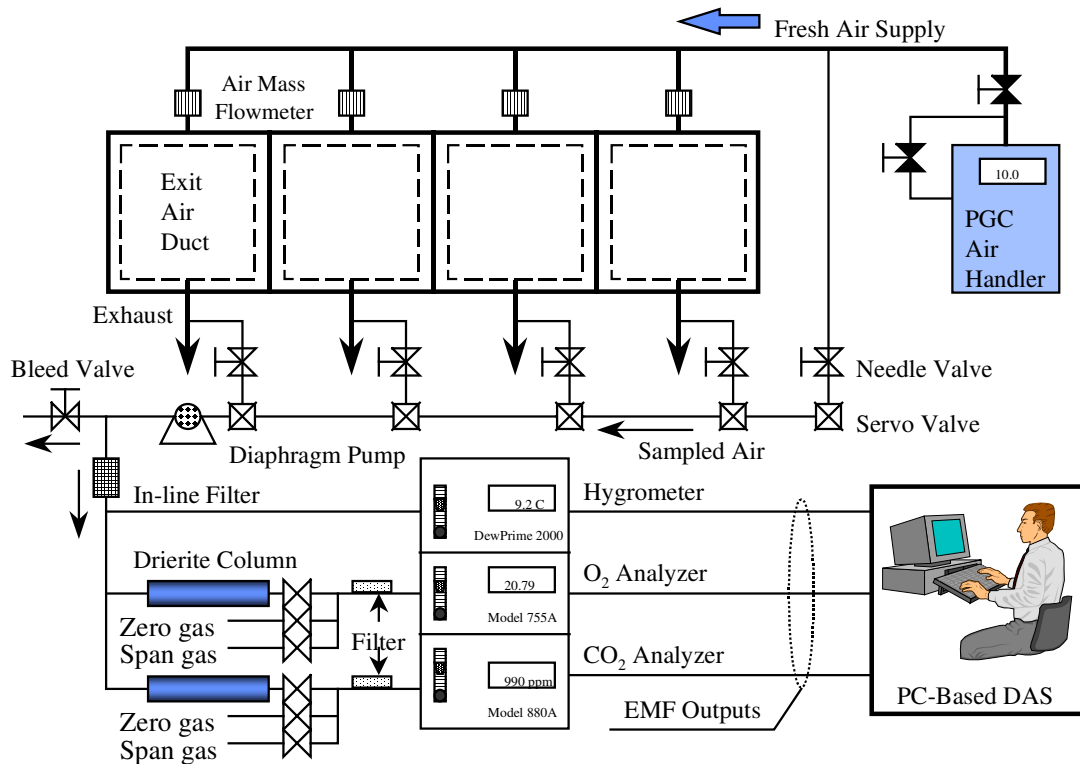
Then, 
$$\text{LHP [W]} = \text{MP} \cdot h_{fg} \cdot 3600^{-1} \quad [14]$$

where:  $h_{fg}$  - latent heat of water vaporization, 2450 J·g<sup>-1</sup>

$$\text{SHP [W]} = \text{HP} - \text{LHP} \quad [15]$$

### Description of the ISU Indirect Calorimeter System

A schematic representation of the ISU indirect calorimetry system is shown in Fig. 2.



**FIGURE 2. Schematic representation of the ISU open-circuit indirect calorimetry system.**

The major components of the ISU calorimeter system include: four individually-controlled environmental chambers (1.52W x 1.83L m each); an air handler (Model Climate-Lab-AA, Parameter Generation & Control, Black Mountain, NC); a paramagnetic oxygen analyzer (Model 755A, Rosemount Analytical Inc., La Habra, CA); an infrared carbon dioxide analyzer (Model 880A, Rosemount Analytical Inc.); a dew point hygrometer (Model 2001, EG&G Moisture and Humidity Systems, Burlington, MA); a barometric pressure sensor

(Model CS105, Campbell Scientific Inc., Logan, UT); four temperature and RH probes, one per chamber (Model HMP35C, Campbell Scientific Inc.); four thermoelectric air mass flowmeters, one per chamber (Model LS-4F, Teledyne Hastings-Raydist, Hampton, VA); an oil-free diaphragm air pump (Cat. No. H-07061-40, Cole Parmer Instrument Co., Niles, IL); and a PC-based environmental control and data acquisition system (DAS).

The fresh air supply is heated to the desired temperature of the chamber by two electric heater/fan units located in the plenum space of the air inlet and the porous ceiling of the chamber. An air distribution duct is located along the perimeter of the chamber near the chick level to enhance uniform mixing of the outgoing air. Electric heating cords (Cat. No. H-03122-24, Cole Parmer Instrument Co.) and a power controller (Cat. No. H-02604-00, Cole Parmer Instrument Co.) are used to prevent moisture condensation inside the air sample lines (6.4 mm diameter copper tubing). Air sampling is switched by solenoid valves controlled the DAS. Airflow rates of the sample lines (one fresh air and four exhaust air) are equalized with needle valves. Each chamber also has a thermistor temperature sensor connected to a phone dialer (Model Sensaphone 1104, Phonetics, Inc., Aston, PA) capable of calling up to four numbers if chamber temperature is outside the predetermined limits.

Air sampling is performed at six-minute intervals, with the first five minutes used for system purging and stabilization and the last one minute used for data collection time. During the last minute the DAS takes the measurements of the concerned variables every two seconds and stores the 30-point averages. The O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> analyzers are calibrated with primary standard calibration gases (Matheson Gas and Equipment Technology Group, Chicago, IL) at least twice daily throughout the experimental period. The gas analyzers are also checked by combustion of pure ethanol for two hours at the beginning of the experiment (Scott *et al.*, 1983). Furthermore, an error analysis of the measurement instruments indicates a maximum HP measurement error of  $\pm 0.3$  W per chamber. Because the HP magnitude of our studies generally exceeds 80 W per chamber, the measurement error is therefore rather negligible.

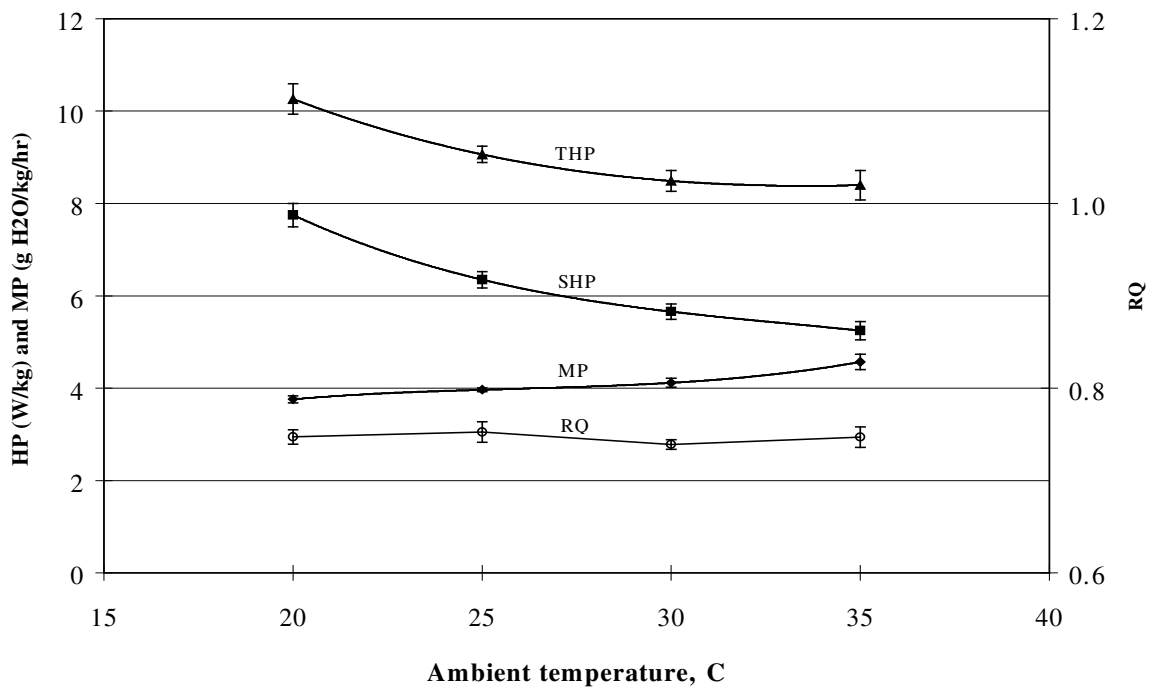
### **Application of the ISU Indirect Calorimetry System**

Since its operation in 1995, the ISU calorimeter system has been used to quantify heat and moisture production rates of farm animals and their housing environment. The studies include poultry (Xin and Harmon, 1996; Xin et al. 1998) and swine (Harmon and Xin, 1997) under modern production and some unique overseas air shipment conditions. Fig. 3 shows the energetic responses of neonatal breeder chicks to various thermal conditions as may be experienced during overseas air shipment (Xin and Harmon, 1996). Fig. 4 shows the heat and moisture production of young tom turkeys under thermoneutral zone as a function of body mass (Xin et al., 1998). These new data reveal that most of the literature data on heat and moisture production of poultry and swine (dating back 30 to 50 years) used for building ventilation design are no longer reflecting the modern genetics, nutrition, and housing schemes. Hence, use of old

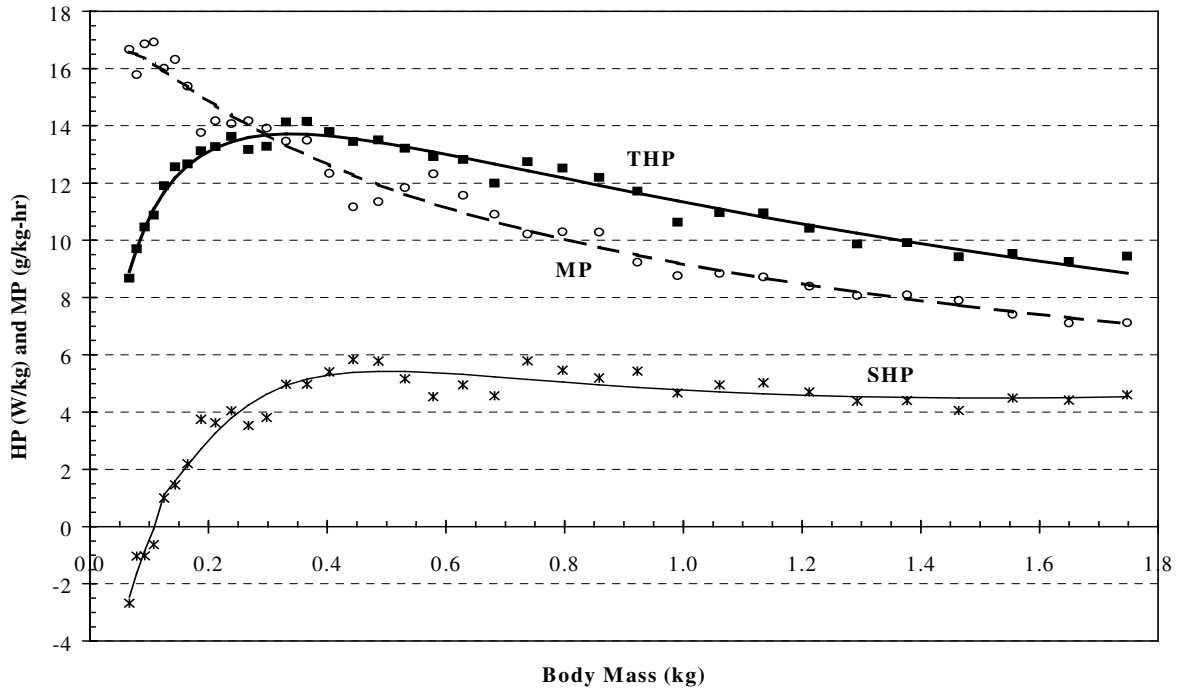


literature data for design and operation of modern building ventilation systems would likely lead to poor IAQ (either under or over ventilation) and consequently inefficient production.

Based on the newly collected data, we recently have developed minimum ventilation rates (MVR) for moisture control of tom turkeys during their 5-week brooding period under selected winter climates and thermoneutral inside conditions (Xin et al., 1998). Unlike broiler houses, turkey brooder barns (<5 weeks of age) are always cleaned out after each flock and provided with fresh bedding. Hence, the primary function of MVR for turkey brooder barns is to control moisture instead of NH<sub>3</sub>. The dramatic differences in MVR between our new study and the literature recommendation are shown in Table 8. Clearly, there is urgent need to update literature data on heat and moisture production rates for modern poultry and their housing systems.



**FIGURE 3.** Average moisture production (MP), sensible heat production (SHP), total heat production (THP), and respiratory quotient (RQ) of newly hatched chicks during a 50-h post-hatch exposure to four air temperatures (vertical bars = standard errors of the means) (Xin and Harmon, 1996).



**FIGURE 4.** Heat and moisture production rates of floor-raised tom turkeys as a function of body mass (*Xin et al., 1998*).

**Table 8.** Comparison of MVR for young turkeys derived from a recent study and the recommendation by MWPS (1990). The derived MVR values were based on the following conditions: outside temperature of -23 to 0°C, outside RH of 20 to 90%, thermoneutral zone (TNZ) inside temperature for each age or body mass (BM); and inside RH of 50 to 60% (*Xin et al., 1998*)

Age (d)	BM (kg)	TNZ (°C)	MVR [m <sup>3</sup> /(hr·1,000 head)]				MWPS/CS Ratio		
			MWPS	Current Study(CS)					
1	0.068	29.4	340	61	-	96	557%	-	354%
4	0.109	29.4	340	92	-	146	370%	-	233%
7	0.163	29.4	340	130	-	206	262%	-	165%
10	0.236	28.3	71	189	-	305	38%	-	23%
13	0.331	28.3	99	248	-	401	40%	-	25%
16	0.445	26.7	133	342	-	571	39%	-	23%
19	0.576	26.7	173	411	-	686	42%	-	25%
22	0.735	23.9	220	576	-	1030	38%	-	21%
25	0.921	23.9	276	660	-	1180	42%	-	23%
28	1.134	21.1	340	873	-	1730	39%	-	20%
31	1.374	21.1	412	949	-	1879	43%	-	22%
34	1.647	21.1	494	1006	-	1992	49%	-	25%

## 5. Closing Remarks

Good indoor air quality (IAQ) in poultry production facilities is essential for the health and welfare of both the animals and the operators, thus the sustainability of the industry. The implementation of regulatory threshold limits of operator exposures to aerial contaminants seems imminent in the future. As research endeavors continue toward devising more ergonomically sound techniques in amending poultry manure or diet to improve IAQ, use of proper ventilation remains the most readily applicable means to control IAQ. Although effective, use of ventilation to control IAQ is also associated with cost. For instance, controlling aerial ammonia ( $\text{NH}_3$ ) in broiler houses using old litter requires as much as nine times the normal ventilation during the brooding period. This elevated ventilation in turn leads to higher energy use and demand of higher supplemental heating capacity. As traditional poultry bedding resources become less abundant, innovative approaches such as cleaning out only the brooding portion of the house should be considered. The decision of whether to implement extra ventilation or house cleaning out is also subject to the influence of weather conditions and cost of new bedding materials.

Ventilation system layout or air movement in the house influences IAQ. For instance, the high-rise houses with ceiling inlets above cage rows and dry (vs. liquid) manure storage for laying hens have demonstrated a desirable trait of reducing  $\text{NH}_3$  from rising from the manure storage area to the bird level.

Modern poultry production systems differ dramatically from their counterparts decades ago in terms of bird genetics, nutrition, housing equipment, and management practices. All these factors greatly affect the heat and moisture production characteristics of the birds and their housing environment. While the data on heat and moisture production provide the basis for design and operation of the environmental control systems, they have not been sufficiently updated to reflect the changes in modern production situations. Immediate attention and resources should be directed to systematically upgrade these fundamental data.

I wish to express my sincere gratitude to the Brazilian Agricultural Research Corporation and the National Center for Research on Swine and Poultry for inviting me to give this talk and their hospitality.

## 6. References

- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 1994. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, OH.
- BERRY, I. L.; R.C. BENZ and H. XIN. 1991. A controller for combining natural and mechanical ventilation of broilers. *ASAE Paper No. 91-4038*. St. Joseph, MI: ASAE.
- BROUWER, E. 1965. Report of sub-committee on constant and factors. In Energy Metabolism. Proc. of the 3rd Symposium held in Troon, Scotland, ed. K.L. Blaxter. Eur. Assoc. for Anim. Prod. 11:441-443.

- CARPENTER, G. A. 1986. Dust in livestock buildings – review of some aspects. *J. Agric. Engr. Res.* 33:227-241.
- CARLIE, F. S. 1984. Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poultry Sci.* 40:99-111.
- CARR, L. E.; J. L. NICHOLSON, and J. P. DONOHOE. 1982. Litter treatment effect on broiler environment. *ASAE Paper No. 82-4057*. St. Joseph, MI: ASAE.
- CARR, L. E. and J. L. NICHOLSON. 1980. Broiler responses to three ventilation rates. *Transactions of the ASAE* (2):414-418.
- ELLIOTT, H. A. and N. E. COLLINS. 1982. Factors affecting ammonia release in broiler houses. *Transactions of the ASAE* (2):413-424.
- HARMON, J. D., H. XIN, and J. SHAO. 1997. Energetics of segregated early weaned pigs. *Trans. of the ASAE* 40(6): 1693-1698.
- HANSEN, H. J. and C. M. FISCHER. 1986. Control measures for ammonia in broiler brooding houses. *ASAE Paper No. 86-4029*. St. Joseph, MI: ASAE.
- LORIMOR, J. C. and H. XIN. 1998. Manure production in high-rise layer houses in Iowa. *ASAE Paper No. 98-2111*. St. Joseph, MI: ASAE.
- MIDWEST PLAN SERVICE. 1983. Heating, Cooling and Tempering Air for Livestock Housing. Iowa State University, Ames, Iowa 50011. ISBN 0-89373-076-9.
- MITCHELL, B. W. 1996. Effect of space charging on dust reduction in a poultry hatching cabinet. *ASAE Paper No. 96-4096*. St. Joseph, MI: ASAE.
- MITCHELL, B.W. 1995. Effectiveness of negative air ionization on the precipitation of inhalable sized particles in a poultry house environment. *ASAE Paper No. 95-4592*. St. Joseph, MI: ASAE.
- MITCHELL, B. W. 1994. Effectiveness of negative air ionization on the precipitation of respirable and inhalable sized particles. *ASAE Paper No. 94-4544*. St. Joseph, MI: ASAE.
- QUARLES, C. L. and H. F. KING. 1974. Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality. *Poultry Sci.* 53:1592-1596.
- SCOTT, N. R. 1983. Animal Calorimetry. In: Biomeasurements and Experimental Techniques for Avian Species. Northeast Regional Research Project NE-61. Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, NY.
- WEISS, A. 1977. Algorithms for the calculation of moist air properties on a hand calculator. *Transactions of the ASAE* 1133-1136.
- WEAVER, W. D. Jr. and R. MEIJERHOF. 1991. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Sci.* 70:746-755.
- XIN, H.; H. J. CHEPETE. J. SHAO, and J.L. SELL. 1998. Heat and moisture production and minimum ventilation requirements of tom turkeys during brooding-growing period. *Trans. of the ASAE* 41(5):
- XIN, H. et al. 1998. Responses of PIC isowean pigs to simulated overseas transportation conditions. A Research Report to PIC-USA, Franklin, KY, U.S.A.
- XIN, H. and J. C. LORIMOR. 1998. Nutrient profile and production of manure from high-rise housed layers. In: *Proceeding of the 1998 Midwest Poultry Federation Convention, March 17-19, 1998, St. Paul, MN.* Pp 76-81.
- XIN, H. and J.D. HARMON. 1996. Responses of group-housed neonatal chicks to post-hatch holding environment. *Trans. of the ASAE* 39(6): 2249-2254.
- XIN, H.; I. L. BERRY, T. L. BARTON, and G. T. TABLER. 1993. Energy efficiency in broiler housing systems. *ASAE Paper No. 93-3015*. St. Joseph, MI: ASAE.

# A INTERAÇÃO AMBIENTE X SANIDADE

*Antonio Guilherme Machado de Castro*

Pesquisador Científico III  
Laboratório de Patologia Avícola

## 1. Introdução

A indústria avícola devido ao seu dinamismo científico, em decorrência da estreita interação com a Genética, Nutrição, Sanidade e recentemente com o ambiente, transformou a ave em um excelente laboratório para pesquisa. Tal transformação vem buscando uma aproximação com os especialistas das áreas mencionadas com o objetivo principal de esclarecer os problemas que surgem, em razão da evolução própria da ave. A necessidade daquela aproximação surgiu em 1977 quando os geneticistas sentiram que deveriam trabalhar junto com os nutricionistas, e vice-versa, em virtude da velocidade de crescimento do frango de corte e da produtividade das poedeiras comerciais. Assim, em conjunto, ambos poderiam estabelecer as exigências nutricionais da ave face ao melhoramento genético. Por outro lado, os etologistas têm procurado melhorar as condições de ambiente para as aves, através de condições de conforto que possibilitem uma produção mais econômica.

## 2. O Ambiente

Desde o início da exploração avícola, doenças estiveram sempre presentes, porém, nunca se manifestaram; entretanto, à medida que as aves foram sofrendo os efeitos da tecnologia, ou seja, começaram a ser melhoradas em termos genéticos e exploradas em termos industriais, as doenças começaram a aparecer, e, felizmente, a maioria está sob controle. Assim além do fator indivíduo, a deve-se considerar o fator ambiente onde a ave é explorada.

Com o início da exploração intensiva, o ambiente começou a sofrer modificações, e, o avicultor começou a empreender as diversas medidas de controle sanitário, como uma maneira de melhorar o conforto das aves e, conseqüentemente, obter melhores resultados. Desde o início da década de 60, diversos estudos vêm sendo realizados procurando estabelecer uma relação entre a contaminação das instalações e o estabelecimento de doenças. Carlson & Whenham (1968), estudando os efeitos da contaminação de instalações de frangos de corte, desde o alojamento até a idade de abate, verificaram que a população bacteriana começava a crescer desde o início do alojamento atingindo o máximo em torno de 8 semanas de idade do lote e reduzindo a saída do lote, ou seja, em 9 semanas. Em termos específicos, a concentração de coliformes; atingia o máximo em 3 semanas caindo para 5 e aumentando para 8 semanas. A incidência de colisepticemia nas aves ocorria uma semana após a concentração de coliformes ter atingido o máximo e a umidade relativa do ar entre 50/60%.

A Tabela 1 mostra o tempo de sobrevivência de alguns patógenos aviários no ambiente, daí a importância de medidas sanitárias completas.

**Tabela 1 – Tempo de sobrevivência de alguns patógenos aviários no ambiente (Optiz, H.M.Poultry Letter, v.4, n.1,1990)**

<b>Dias</b>	<b>Semanas</b>	<b>Meses</b>	<b>Anos</b>
Mycoplasma	Pasteurella	Salmonella	Esporos de fungos e de Clostridium
Haemophilus	Vírus de Newcastle	Vírus de Gumboro	
Vírus da Bronquite Infecciosa	Vírus da Encefalomielite	Vírus de Marek Coccidias	

Pelo exposto acima, a importância de se manter as instalações limpas e em bom estado sanitário, proporcionando um ambiente sadio para as aves, é um fator essencial para se obter resultados satisfatórios na exploração; Coates *et. al* (1963), já haviam descrito este efeito de ambiente quando compararam aves criadas em instalações totalmente livres de contaminação com aves criadas em instalações convencionais; o resultado das aves criadas em instalações convencionais foi 15% inferior. Devido aos problemas próprios de criação como falta e preço de material utilizado para reposição de “cama” após o período de criação, além de utilizar demasiadamente a instalação reutilizando a mesma “cama” sem obedecer o período de descanso ou “vazio sanitário”, podem provocar queda no desempenho das aves.

### **3. Conforto Térmico – Fisiológico**

O conforto fisiológico das aves é mantido em seu melhor nível, em toda criação, graças, ao bom trabalho que deve realizar os produtores aos aviários e aos equipamentos, garantindo assim um bom resultado. Alguns parâmetros abaixo são susceptíveis de agir de uma maneira combinada, negativamente ou positivamente, sobre o conforto térmico das aves.

- Temperatura do ar ambiente
- Sua hidrometria
- Movimentos de ar
- Temperatura da cama

Segundo ARJONA et. al (1988) mostraram que lotes de pintos em que durante a primeira semana foi mantida uma temperatura de 29.4°C, houve uma melhora significativa de peso e conforção alimentar aos 48 dias de idade.

Em linhagem de conforção, o empenamento é mais tardio, conseqüentemente as aves são mais sensíveis às temperaturas mais baixas durante as três primeiras semanas, tornando-se muito importante o bom conforto térmico destes lotes.

Quando conseguimos obter bom desenvolvimento inicial e uniformidade nas duas primeiras semanas, através de manejo, ambiência e nutrição, seguramente teremos grandes possibilidades de ter boa performance no final, que é o nosso objetivo, pois estamos proporcionando às aves, órgãos com boa formação (pulmão, coração, bursa, timo, intestino, etc.), conseqüentemente teremos:

- Aves mais resistentes ao stresse calórico e com maior índice de Ascite e outras doenças metabólicas;
- Mais resistentes às infecções através de uma boa resposta imunológica;
- Integridade do tubo digestivo, proporcionando melhor absorção, conseqüentemente, melhor conversão alimentar e ganho de peso;

Felizmente, no Brasil, as empresas têm procurado, cada vez mais buscar tecnologias que possam gerar melhor conforto térmico para as aves. Nos últimos anos vem crescendo muito o número de aviários climatizados obtendo, portanto, melhores índices produtivos, pois possibilita trabalhar dentro da temperatura ideal para ave, seja no início ou no final do lote. Infelizmente, esses aviários custam o dobro dos aviários convencionais. Como 90% da Avicultura Brasileira adota aviários tradicionais, é muito importante o controle do ambiente através de:

- Cortinas externas resistente;
- Cortinas internas (na fase inicial da vida do lote);
- Forro do teto através de cortina (a região sul do Brasil vem adotando esta prática com sucesso);
- Boas campânulas;
- Ventiladores e nebulizadores.

#### **4. Imunidade X Ambiente**

Denomina-se ou mesmo define-se imunidade: a condição capaz de resistir uma determinada doença. De um modo geral, o sistema imunitário representaria aquelas condições responsáveis pela resistência do indivíduo; assim, as chamadas defesas orgânicas são capazes de proteger o organismo contra as infecções, através da ação fagocitária dos macrófagos, dos heterófilos e dos trombócitos. Um indivíduo saudável apresenta uma condição homeostática perfeita.

Embora o organismo esteja preparado, o sistema imunológico está sempre ativo, principalmente quando está sob condições sanitárias precárias, por

exemplo, instalações sujas, altas concentrações de microorganismos no ambiente, etc; estas condições de atividade do sistema imunológico e as alterações metabólicas específicas que ocorrem, são determinadas de “stress imunológico” (Klassing & Roura, 1992). Alguns imunógenos são patogênicos como a *E.coli*, e, dependendo do nível de infecção, os sintomas da enfermidade começam a aparecer, inicialmente com a perda de apetite e conseqüentemente queda no peso e crescimento retardado; as alterações metabólicas estão na dependência do comprimento e duração da resposta imunitária; esta fase é denominada de fase aguda do estresse imunológico. Pensava-se que esta reação estaria relacionada com uma possível interação do agente imunogênico e órgãos endócrinos, além do tecido acometido, porém, mais tarde, descobriu-se que uma substância, peptídeo, semelhante aos hormônios, produzido pelos macrófagos (monócitos e linfócitos), denominada de citocina leucótica, seria o elemento mediador de toda a fase aguda do stress imunológico. As citocinas se dividem em linfoquinas e monoquinas; as monoquinas, classificadas como: interleuquina – 1 (IL-1), interleuquina – 6 (IL-6) e fator alfa de necrose tumoral (TNF); cada uma tem um papel específico ao regular a resposta imunológica, através da ação direta sobre o órgão ou alterando os níveis de determinados hormônios como insulina, glucagon e corticosterona. As alterações metabólicas que ocorrem, descritas por Klassing & Roura (1992), se encontram na Tabela 2.

**Tabela 2 - Funções das citocinas leucóticas como reguladoras do metabolismo, durante a fase aguda do estresse imunológico**

Resposta	Tipo de Citoquina
<b>Geral</b>	
. redução no consumo	IL – 1, TNF
. aumento do gasto de energia (descanso)	IL – 1, TNF
. aumento da temperatura do corpo	IL – 1, TNF,IF
<b>Metabolismo de Glicose</b>	
. aumento da oxidação de glicose	IL – 1, TNF
. aumento da gluconeogênese	IL – 1
<b>Metabolismo dos Lípidos</b>	
. redução da lipase lipoprotéica	IL – 1, TNF, IF
. aumento de lipólise nos adipócitos	IL – 1, TNF
. aumento da síntese de triglicérides hepáticos	TNF
<b>Metabolismo das Proteínas</b>	
. aumento da síntese protéica	IL – 1, TNF, IL –6
. aumento da degradação da proteína muscular	IL – 1
<b>Metabolismo dos minerais</b>	
. aumento da síntese de metalotionina	IL – 1, TNF
. aumento da síntese de ceruloplastina hepática	IL – 1, TNF
<b>Secreção de Hormônios</b>	
. aumento de corticosteróides	IL – 1, IL –6
. redução de tiroxina	IL – 1
. aumento de insulina e glucagon	IL – 1, TNF



## 5. O Ambiente e a Genética Influenciam Imunocompetência

O estresse imunológico, termo usado para descrever a exposição de algum tipo de antígeno à ave, resulta em alterações metabólicas que modulam a resposta imune. Por exemplo, uma ave desafiada imunologicamente produz diversas citocinas que podem aumentar a taxa metabólica, diminuir o apetite e até mesmo redirecionar os nutrientes para atender às necessidades energéticas da resposta imune, em vez de crescimento muscular. Uma infecção com bactérias Gram negativas, como a *Escherichia coli*, expõe as aves ao lipopolissacarídeo (LPS) bacteriano, um conhecido imunoativador. Tal exposição resulta em uma resposta febril. O LPS é um potente ativador de macrófagos a nível celular (Qureshi e Miller, 1991). A ativação de macrófagos resulta na produção de citocinas, como a Interleucina-I (Qureshi et al., 1994) e o fator de necrose do tumor (Qureshi e Miller, 1991) e sabe-se que estas citocinas induzem uma resposta febril (Klasing et al., 1987). Piquer et al (1995) injetaram níveis diferentes de LPS i.p. em peruzinhos aos 1, 3 e 5 dias de idade e verificaram uma redução do peso corporal durante todo o experimento.

Uma ave selecionada geneticamente para melhores características de desempenho pode, de fato, ter uma má resposta imunológica. Por exemplo, frangos machos do ano de 1957, resultantes de reprodução ao acaso, produziram três vezes mais anticorpos contra hemáceas de ovinos do que frangos comerciais do ano de 1991 (Qureshi e Havenstein, 1994). Estes estudos sugerem que a seleção genética para melhores características de desempenho influenciaria, negativamente a parte adaptativa do sistema imune (produção de anticorpos), com pouco ou nenhum efeito sobre os componentes não adaptativos (P. ex., funções dos macrófagos e das MK). Provavelmente, ocorre a mesma tendência em perus comerciais, pois estes foram agressivamente selecionados para rápido ganho de peso e alto rendimento de carne. Certamente, existem estudos na literatura que sustentam essa idéia. Por exemplo, uma linhagem E de perus, selecionada para aumento da produção de ovos (Nestor et al., 1995) teve menos anticorpos contra *Pasteurella multocida* comparada ao seu controle RBC1, reproduzida ao acaso (Sharaf et al., 1988). De forma similar, uma sublinhagem "B" da linhagem RBC2, selecionada para maior peso corporal às 16 semanas de idade teve uma mortalidade 2 vezes maior comparada ao controle com reprodução ao acaso quando os peruzinhos foram desafiados com *Pasteurella multocida* às 6 semanas de idade (Nestor et al, 1996). Apesar destas diferenças poderem ser devidas às frequências de vários alelos MHC nestas linhagens genéticas, os autores atribuem esta resposta a uma influência limitada do haplótipo, aumentada pela seleção bem-sucedida para maior peso corporal.

### **Cama X Ambiente X Amônia X Sanidade**

As instalações para frangos de corte vêm sofrendo modificações constantes, visando a exploração máxima em virtude das características da criação, ou seja, ciclos rápidos. Entretanto, predomina o lado econômico de se criar em alta densidade e a cama ainda persiste como um objetivo nas pesquisas

sobre instalações ideais. Por outro lado a cama de aviários tem alta concentração de vírus (Gumboro, Marek, etc.) Parasitas (coccídias, etc), Bactérias (Salmonella, Clostridium, etc) e Fungos (Aspergillus, etc.).

No Brasil, tradicionalmente, são criadas 10 aves/m<sup>2</sup>, porém o aumento na lotação de criação está se tornando uma prática comum. Este aumento no número de aves/m<sup>2</sup> resulta em problemas de cama, aumento no teor de amônia, menor velocidade de crescimento, etc.

Sabe-se que um dos problemas de cama é o aumento no teor de umidade (Hartung, 1955; Stanley & Krueger, 1981; Graças et al, 1990), podendo variar também as características físicas e microbiológicas (Jorge et al, 1997). Sabe-se que a presença e o metabolismo de microorganismos presentes na cama são acompanhados por produção de calor, liberação de CO<sub>2</sub> e formação de água; e que a espessura da cama influencia na concentração de oxigênio e na sua capacidade de aquecimento (Van BEEK & BEEKING, 1995). É importante salientar também que o aumento de densidade eleva o desafio para doenças principalmente as Enterites causadas por Clostridium.

A umidade da cama é considerada como um indicador da adequação do material a ser utilizado como cama (BENABDELJELIL & AYACHI, 1996) e a excessiva umidade pode estar relacionada à pequena espessura do substrato, ou ao derramamento de água ou a própria capacidade do substrato de absorver e liberar umidade. Alguns dos materiais utilizados como cama são vulneráveis à formação de placas superficiais compactas compostas de fibras e fezes, as quais dificultam a perda de umidade e impõem às aves um intenso e prolongado contato direto com as próprias fezes. Sendo assim, podem ocorrer necroses cutâneas e calos de peito (Jorge et al, 1997).

#### Produção de Amônia em Camas de Frangos de Corte em Função da Altura da Cama e da Densidade de Criação

Altura de cama (cm)	Densidade (aves/m <sup>2</sup> )	Produção de amônia (mg/100 g de cama)	
		Verão	Inverno
5	10	13,4	5,2
5	14	14,6	23,0
5	18	17,8	21,4
10	10	11,2	8,4
10	14	16,6	17,2
10	18	16,4	15,2
15	10	8,9	8,2
15	14	15,3	21,3
15	18	14,7	16,8

## 6. Conclusão

Foi grande o sucesso em termos de quantidade e qualidade nestes últimos anos, mas ainda temos que melhorar, pois sob o meu ponto de vista, o frango tem potencial para obter maiores rendimentos do que presenciamos hoje.

Precisamos para isso, otimizar o manejo, o ambiente, a sanidade e as dietas.

Vejamos: essa ave é muito forte, pois ao nascer já tem contato com o formol, ficando por várias horas apertada, manuseada, selecionada e depois vacinada, viajando às vezes centenas de quilômetros, chegando ao destino final onde encontra uma condição adversa: como cama reutilizada por vários lotes, deficiência de bebedouros ou água contaminada e campânulas ruins, além de cortinas sem vedação adequada, matéria-prima contaminada por toxinas e dietas inadequadas.

Esse é o cartão de recebimento que às vezes deparamos, por outro lado, encontramos programas sanitários desajustados, que não condizem, muitas vezes, com a realidade.

E o ambiente? Esse é terrível, às vezes temos um desconforto térmico para o pinto com baixas e altas temperaturas, afetando sobremaneira o rendimento, além de “estressar” o frango, elevando em consequência, os níveis de corticóides, que por sua vez, vai causar uma imunossupressão na ave com inúmeras consequências indesejáveis, fato este demonstrado por nós e a equipe de Fisiologia da UNESP-Campus de Jaboticabal, através de um trabalho científico conduzido em conjunto.

Por falar em ambiência, o mundo todo está preocupado com este tema, haja visto, que durante reunião da *Poultry Science Society*, realizada antes do início da feira de Atlanta, foram apresentados cento e quarenta (140) trabalhos, sendo que trinta e oito (38) deles estavam relacionados com ambiente e manejo. É bom salientar que nos Países Baixos, novo sistema de galpões para poedeiras têm sido desenvolvido desde o reconhecimento de que os galpões atuais podem causar sérios problemas ao sistema respiratório humano e acidificação do ambiente. Pesquisas na poluição do ar tem se intensificado. A emissão de amônia e a concentração no ar dos outros componentes, como poeira, fungos e bactérias e endotoxinas são medidos, assim sendo, acredito que no futuro próximo teremos que investir cada vez mais em ambiente, para aproveitar o potencial genético da ave, uma vez que a legislação está muito exigente com relação a antibióticos, promotores, vacina, etc.

## 7. Referências bibliográficas

- ARJONA, A. A.; DENBOW, D. M.; WEAVER Jr.; W. D. 1988. Effect of heat stress early in life on mortality of broilers exposed to high environmental temperatures just prior to marketing. *Poultry Science*. 67:226-31.
- BENABDELJELIL, K; AYACHI, A. Evaluation of alternative litter materials for poultry. *J. Appl. Poultry Res.*, v5, p 203-9, 1996.

- CAMPOS, E. J. 1973. Factors influencing the feasibility of producing broiler breeder hatching eggs in multiple bird cages. PhD. Dissertation, Texas A & M. University, College Station-Texas.
- CAMPOS, E. J. 1995. Interação Genética x Nutrição x Doença, Simpósio Internacional sobre ambiente Instalação na Avicultura Industrial.
- CARLSON, K. C. and E. ROURA, 1968. Coliform bacteria in chicken broiler house dust and their possible relationship to colisepticemia. *Avian Dis.* 12:297-302.
- CASTRO, A. G. M. 1997. Importância da qualidade do pinto e do manejo inicial no desempenho de frangos de corte. Curso Manejo de Frangos de Corte. FACTA-Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas.
- CASTRO, A. G. M. 1998. Biossegurança em Avicultura Industrial e Enteropatógenos. Curso de Avicultura e Sanidade – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP
- CASTRO, A. G. M. 1998. Importância do manejo na primeira semana. Anais do Simpósio Internacional sobre manejo de pintos de corte 141-150.
- GRAÇAS, A. S. et al. Densidade populacional de frangos de corte em diferentes épocas do ano. *Rev. da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.19, p.186-96,1990.
- HARTUNG, T. E. Floor space for broilers. *Poult.Sci.*, Champaign, v.34, p.1200,1955.
- JORGE, M. A. et al. Cama de frango e sanidade avícola – Aspectos microbiológicos e toxicológicos. In Conferência Apinco, 1997, São Paulo. Anais p.24-37.
- KLASSING, K. C.; D. E. LAUNIN; R. K. PENG and D. M. FRY. 1987. Immunologically mediated growth depression in chicks: influence of feed intake, corticosterone, and interleukin-I. *J.Nutr.* 117:1629-1637
- KLASSING, K. C. and E. ROURA. 1991. Interaction between nutrition and immunity in chickens. *Proc.1191 Coronell Nutrition Conference. Cornell University.Ithaca.* 94-101.
- NESTOR, K. E.; Y. M. SAIF; J. ZHU and D. O. NOBLE. Influence of growth selection in turkeys on resistance to *Pasteurella multocida*. *Poultry Sci.* 75:1161-1163.
- NESTOR, K. L.; Y. M. SAIF; A. EMMERSON and N.B.ANTONY. 1995. The influence of genetic changes in body weight, egg production, and body conformation on growth of turkeys. *Poultry Sci.* 74:601-611.
- PIQUER, F. J.; J. L. SELL; M. F. SOTO-SALANOVA; A. VILASECA; P. E. PALO and K. TUMER, 1995. Effects of early immune stress and changes in dietary metabolizable energy on the development of newly hatched turkeys. 1. Growth and nutrient utilization. *Poultry Sci.* 74:983-997.
- QURESHI, M. A and G. B. HAVESTEIN. 1994. A comparison of the immune performance of a 1991 commercial broiler with a 1957 random bred strain when fed "typical" 1957 and 1991 broiler diets. *Poultry Sci.* 73:1805-1812.
- QURESHI, M. A. and L. MILLER. 1991. Signal requirements for the acquisition of tumoricidal competence by chicken peritoneal macrophages. *Poultry Sci.* 70:530-538.
- SHARAF, M. M.; K. E. NESTOR; Y. M. SAIF; R. E. SACCO and G. B. HAVENSTEIN. 1988. Antibody response to Newcastle disease virus and *Pasteurella multocida*. *Poultry Sci.* 67:1372-1377.
- STANLEY, V. G.; KRUEGER, W. F. The effect of stocking density on commercial broilers – performance *Poult.Sci.*, Champaign, v.60, p.1737-8, 1981.
- VAN BEEK, G.; BEEKING, F. F. E. A simple steady state model of the distribution of vertical temperature in broiler houses without internal air circulation. *Poult.Sci.*, Champaign, v.36, p.341-356, 1995.

## MANAGEMENT, TREATMENT, AND UTILIZATION OF POULTRY LITTER WITH RESPECT TO ENVIRONMENTAL PROTECTION

*Victor W. E. Payne*

Environmental Engineer  
Payne Engineering, Auburn, AL

### Introduction

Environmental protection is a major concern in the U.S., Europe and most major industrialized nations of the world. In these countries, animal agriculture has become more concentrated in order to become more efficient. Instead of many small producers being located in widely separated areas, the trend is toward large corporate farms located within a reasonable distance of feed mills, hatcheries, and processing plants.

In the U.S. during the period 1978 – 1992, the number of livestock production farms decreased; yet, total animal production and the number of animals per farm dramatically increased. During this period, for instance, the number of broilers *per farm* increased by 148%, the number of laying hens by 176%, and the number of swine by 134% (U. S. Government Accounting Office, 1998). While concentrating animals on larger farms improves efficiency, it also creates potential problems related to public health and the environment. Consequently, the enormous amounts of waste generated by the larger production facilities must be managed with a high level of effectiveness for the benefit of not only the environment and public health but also for the benefit of the livestock and poultry industry.

When a large number of animals are concentrated in a relatively small geographic region and just a few producers mismanage their wastes, the entire livestock industry within that area becomes the focus of attention. In 1992, a major storm passed through eastern North Carolina where large concentrations of poultry and swine are located. Several swine lagoons overtopped and one lagoon embankment breached completely, sending more than 35 million gallons of wastewater into a nearby stream and eventually into an estuary and popular recreation area. The result was that approximately 10 million fish were killed and the recreational industry hampered. That single event has focused much adverse attention on the entire swine industry in that state, and the effects have rippled to nearly every other swine producing state in the nation.

In addition, harmful algae blooms (HABs) have increased in frequency and magnitude in recent decades in estuarine and coastal waters of the United States and throughout the world (University of North Carolina, 1998). Of particular concern are *Pfiesteria piscicida* and *Pfiesteria*-like (Pf-like) species found in recent years in the coastal waters of the eastern U.S. These organisms are single-celled dinoflagellates and are more properly classified as protists since,

unlike algae, they do not have the capacity for photosynthesis (University of Maryland, 1997). They have a toxic stage that has been associated with fish lesions, fish kills, and health problems of fishermen and others who come in contact with the contaminated waters (University of North Carolina, 1998; University of Maryland, 1997).

*Pfiesteria piscicida* and *Pf*-like organisms have been identified in the estuaries where the North Carolina swine spills occurred and in the Chesapeake Bay near Washington, D.C., which is bordered by an area containing one of the largest poultry-growing regions of the county. Researchers in North indicate that the relationship between activities on the land (e.g., poultry and swine production) and the outbreak of *Pfiesteria* and *Pf*-like problems has not yet been clearly established (University of North Carolina, 1998 ); however, the public apparently thinks otherwise. The commercial fishing industry and the recreation industry were both severely hampered by publicity about the toxic organisms, and considerable public attention has been directed toward the poultry and swine industries in these areas. In each of the states where the problem occurred, legislation has been passed or is being considered that directly affects the control of pollutants from the livestock and poultry industries.

While most states have not had catastrophic events such as those in North Carolina, many serious problems have occurred, and many smaller streams have been seriously polluted in various parts of the U.S. Consequently, there is concern for the environment in nearly every state where large populations of livestock and poultry are concentrated.

### **Poultry litter as a resource**

Poultry litter is rich in nutrients, making it a valuable source of fertilizer. In addition to the major nutrients (nitrogen, phosphorus, and potassium), it contains an ample supply of minor nutrients, such as zinc, copper, calcium, etc. (see Tables 1 and 2). The litter also contains high levels of organic matter, which improves soil tilth and increases the water-holding capacity of the soil. The abundance of beneficial ingredients in litter makes it an important source of fertilizer.

Besides its value as fertilizer, broiler litter has been widely used as a supplemental source of cattle feed. Table 2 provides information on the fertilizer value of broiler litter as well as information on the ingredients that must be considered when litter is used as cattle feed. Specifically, these include ash, total dissolve nitrogen, crude protein, bound nitrogen, and crude fiber.

### **Poultry manure as a pollutant**

While the principal beneficial components of poultry litter are nutrients and organic matter, these same components can also become pollutants of surface water if not properly utilized and managed on the land. Table 3 illustrates how runoff waters containing nitrogen, phosphorus and organic matter, as well as pathogenic organisms, can have detrimental effects on both the aquatic and terrestrial environments when they are allowed to enter surface waters.

**Table 1. Poultry manure characteristics**

Poultry Type	Manure accumulation g/kg/day	Total Solids %wb	TKN	NH <sub>3</sub> N	TP	K	Zn	Cu
			----- mg/kg -----					
Fresh Manure								
Layer	65	25	13297	3321	4646	4823	69	13
Broiler	79	26	13146	3355	3567	4842	42	12
Lot Surface Scraped Manure								
Layer, paved alley	39	35	14118	7005	6910	8099	153	17
Layer, unpaved alley	27	53	16785	5922	11159	10931	174	29
Poultry Litter								
Broiler, houses	20	79	35702	5975	15130	19340	356	266
Broiler, breeder	21	69	18657	3980	12719	14593	310	114
Broiler, stockpiled	18	61	16318	3443	16738	13297	314	144
Liquid Manure Slurry								
Layer	95	11.2	6861	4406	2721	3292	46	9

Ref: Barker, J. C. and J. P. Zublena (1996).

**Table 2. Nutrient content of litter from 106 broiler houses in Alabama, 1987**

Components Dry Basis	Average	Range
Moisture, %	19.5	4.70 – 39
Dry Matter, %	80.5	61 – 95
Ash, %	24.7	9 – 54
Total Dissolved N, %	50.0	36 – 64
Crude Protein, %	24.9	15 – 38
Bound Nitrogen, %	15.0	5 – 64
Crude Fiber, %	23.6	11 – 52
Calcium, %	2.3	0.81 – 6.13
Phosphorus, %	1.6	0.56 – 3.92
Potassium, %	2.3	0.73 – 5.17
Magnesium, %	0.52	0.19 – 0.88
Sulfur, %	0.50	0.22 – 0.83
Copper, ppm	473	25 – 1,003
Iron, ppm	2377	529 – 12,604
Manganese, ppm	348	125 – 667
Zinc, ppm	315	106 – 669

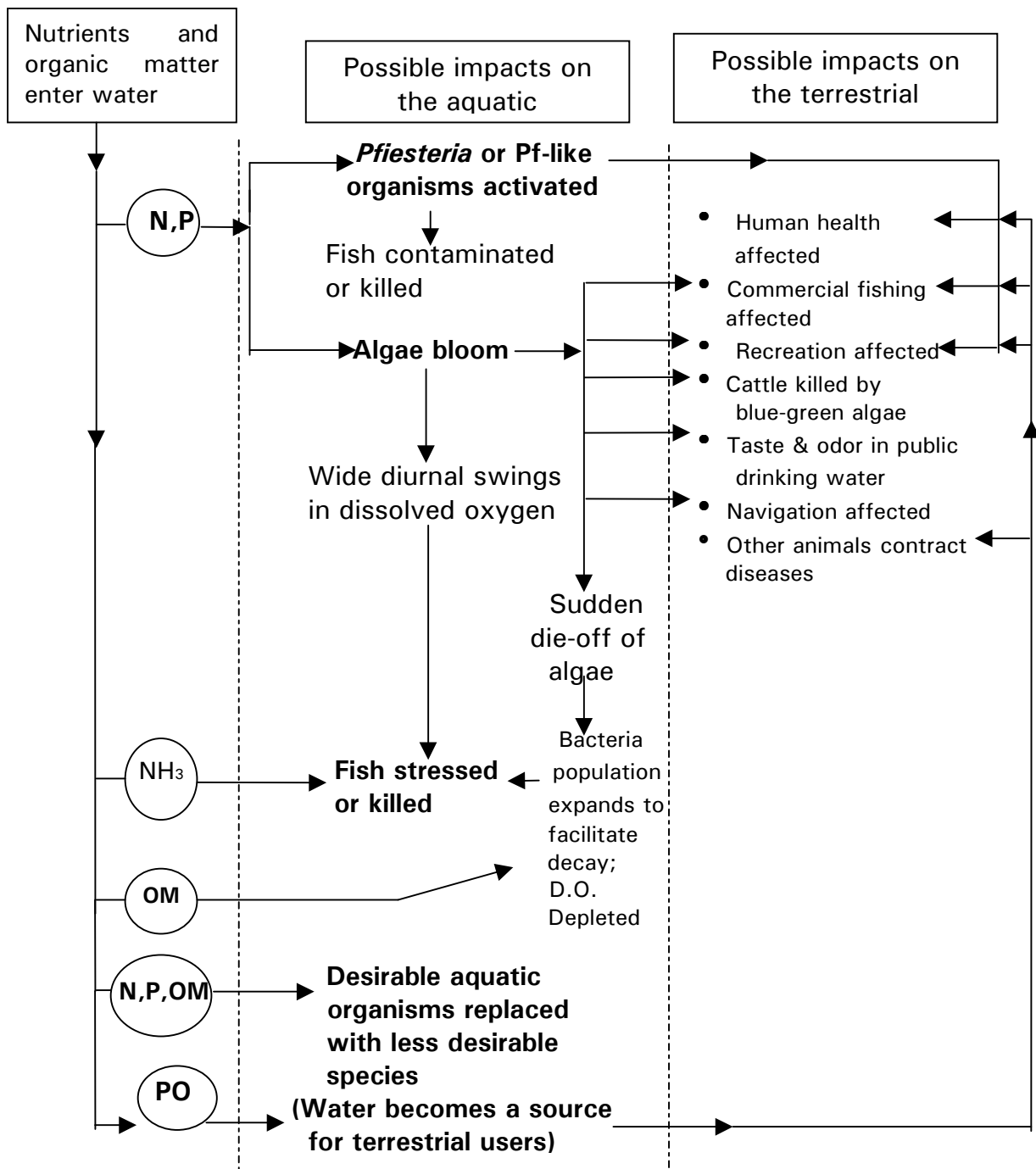
Ref. Payne and Donald (1991).

### ***Nutrients:***

The principal nutrients that affect water quality are nitrogen and phosphorus. These nutrients enrich waters and promote algae blooms, which, in turn, can create very undesirable side effects. Some blue-green algae, for instance,

produce substances in the water that can be fatal to cattle that drink the contaminated water. Other algae produce a substance called geosmin that imparts unsavory tastes and odors to drinking waters (Payne, 1973). Since animal wastes contain high levels of both nitrogen and phosphorus, they can promote algae blooms if the waste is not properly utilized and managed on the land.

**Table 3. Possible impacts on the aquatic and terrestrial environments when excessive nutrients (N, P), organic matter (OM), and pathogenic organisms (PO) from animal wastes enter surface waters**





Animal wastes typically contain high concentrations of the ammonia form of nitrogen ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ). When discharged to a stream, the un-ionized form of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) can be highly toxic to fish and other aquatic organisms. The extent to which  $\text{NH}_3$  dissociates from  $\text{NH}_4$  is a function of temperature and pH; thus, the warmer the temperature and the higher the pH, the more  $\text{NH}_3$  will be in solution. The U. S. Environmental Protection Agency has established a limit of 0.02 mg/L (as  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) to protect aquatic life (USEPA, 1976). It is noted, however, that  $\text{NH}_3$  concentrations in the discharge of poultry laying hen lagoons can exceed this concentration by 3000 times at a water temperature of 20°C and a pH of 7.0 (USDA-NRCS, 1992).

When manure is applied to the same fields for many years, phosphorus and other chemical constituents can accumulate in high concentrations within the soil profile. Studies on the long-term application of broiler litter recently conducted in Alabama indicate that phosphorus accumulated at a rate six times greater than non-littered soils to a depth of 60 cm. These researchers also found that nitrates migrated below the root zone of the plants and posed a potential threat to ground water. In addition, K, Ca, Mg, Cu, and Zn concentrations were significantly higher in soils with long-term applications of poultry litter than soils without litter. They concluded that "long-term applications of broiler litter at present rates has created the potential for adverse environmental effects..." (Kingery et al., 1994).

Animal wastes are normally applied to the land in such a way that the nitrogen in the waste matches the nitrogen required by the receiving crops. When applied in this manner, the amount of phosphorus delivered to the fields will exceed the needs of the crop. Therefore, unless waste is applied to match P requirements or P can be reduced in the excreta, it will continue to accumulate in the soil, as noted above, and the potential for water quality problems will increase accordingly.

It is important to note that the high concentrations of phosphorus typically found in poultry litter result from the fact that monogastric animals, such as poultry and swine, do not utilize phosphorus efficiently. In fact, 70 to 90 percent of the P consumed by these animals is excreted. On the other hand, utilization of fertilizer P by crops averages about 75 percent (Mikkelsen, 1996). This explains why the problem of excess phosphorus mainly affects regions with high densities of livestock and poultry (Coelho, 1996). Table 4 illustrates how the imbalance of P is affecting water quality in American's farmland.

The nitrate ( $\text{NO}_3$ ) form of N can be a problem for both surface and ground waters. Unlike organic nitrogen and ammonia nitrogen,  $\text{NO}_3$  is highly soluble and, therefore, is readily available for use by plants; thus, when released to surface waters it will promote the growth of algae and aquatic vegetation. However, because it is so soluble, it can easily leach through the soil profile and pollute ground water.

**Table 4. Phosphorus balance in U. S. Agriculture**

<b>Inputs</b>	<b>%</b>
Fertilizer	73
Feedstuffs	26
Manure sludge as fertilizer	1
<b>Outputs</b>	
Marketed products	-35
Excess	65
<b>Fate of Excess</b>	
Accumulated in soil	89
Enters waterways	11

Ref: Coelho, 1996.

Nitrates in drinking water can cause a disease called methemoglobinemia or blue baby syndrome in infants less than six months of age and in the unborn babies. Reports from the U.S. Midwest also indicate that pregnant women who consume drinking water with high concentrations of nitrates are subject to an abnormally high rate of miscarriages. Because of the potential public health concerns related to nitrates, the U. S. Environmental Protection Agency has established a maximum allowable limit of 10 mg/L of NO<sub>3</sub>-N for drinking water. It has been noted that a high percentage of water wells in several poultry-growing areas of the U. S. contain high levels of NO<sub>3</sub> (Payne and Donald, 1992).

Animal wastes also contain very high concentrations of microorganisms, some of which may be pathogenic. A number of bacterial, fungal, parasitic, protozoal, rickettsial, and viral diseases can be transported from one group of animals to another, including humans, via polluted surface or ground water supplies (Alabama Soil & Water Conservation Committee, 1995). In a study of 30 wells in one major poultry-growing area, more than half the wells were contaminated with fecal streptococcus bacteria.

Applying poultry litter at excessive rates to pastures can also create hazards to grazing animals. Diseases such as grass tetany, fescue toxicity, agalactia, and fat necrosis have been associated with pastures fertilized with animal wastes at excessive rates (Payne and Donald, 1992).

### ***Organic Matter:***

Organic matter in soils helps retain water and, hence, helps reduce runoff from the land. However, the direct discharge of organic matter -- as would occur from a discharging layer hen lagoon -- would cause the population of naturally occurring microorganisms in the stream to rapidly expand as they attempted to degrade this material. These organisms, particularly bacteria, require dissolved oxygen for their survival; thus, as the population of microfauna expands, the dissolved oxygen (DO) concentrations in the stream drops. When large amount of waste are discharged, a severe drop in DO will typically occur, resulting in the loss of all beneficial aquatic life. The author observed one discharging poultry

lagoon that had turned a forest stream into a 1.5 km anaerobic cesspool completely devoid of oxygen.

### ***Microorganisms:***

All animal waste contains bacteria and other microorganisms, and some may be pathogenic. Liquid wastes support very high populations of fecal coliforms, fecal streptococcus, and related enteric bacteria. Dry litter, especially litter that has been dry stacked or composted, will generally have much lower concentrations of microfauna and are considered to be less of a threat to other farm animals or humans. In addition, litter that has been applied to the land and has been exposed to the sun and to further desiccation, is less of a threat to water quality. However, bacterial populations can still be present, and if waste is applied at excessive rates and immediately preceding a rainfall event, contamination of surface and ground waters is still a real possibility. The author has sampled wells in an area with a high concentration of poultry, and the majority of wells contained fecal streptococcus bacteria. While these organisms could have entered the ground water from other sources, other circumstantial evidence suggested that primary sources was poultry litter applied as excessive rates.

## **Managing Poultry Wastes for Pollution Control**

Developing a sound waste management plan is the critical first step in efficiently managing poultry waste and in preventing pollution of surface and ground waters.

Such a plan takes into account location and size of fields where wastes will be applied (including a map identifying field numbers, hectares, and crops); nutrient content of the waste based on laboratory analysis; crop nutrient requirements; soil test results; calibration schedule for manure spreaders; waste application and crop harvesting schedules; vegetative or structural practices that may be used for pollution control at land application sites (i.e., contour farming, waste injection, vegetative filter strips, etc.); practices needed at the production unit (i.e., manure storage barn, dead bird composting); methods for disposing of dead birds; and other practices that may be needed. Listed below are details on just a few of the critical issues that should be considered in planning a waste management system.

### ***Waste sampling:***

It is important to note that all animal wastes are not the same in terms of chemical or physical quality, whether the waste be dry litter or waste waters from a lagoon. Table 2 provides information on average values, but it also shows that a wide range exists for each constituent. It also illustrates that some of the waste was poorly managed. For instance, some of the samples had a high ash content, which is very undesirable if the litter is to be used for cattle feed.

Samples with a high ash content suggest that the producer may have scraped an unnecessary amount of soil from the floor of the poultry house during cleanout.

All waste samples should be representative of the entire volume of material. One sample collected from the floor of a broiler house or from a litter stack is not considered representative of the whole volume. A number of samples should be collected from different areas of the house or litter stack and then mixed into a composite for laboratory analysis.

### ***Soil testing:***

Soil samples should also be evaluated for each field where waste will be spread and should be representative of each field. These samples typically determine the content of phosphorus and minor nutrients but will usually not provide accurate information on nitrogen. It is especially important to monitor the level of P in the soil to determine if application rates need to be adjusted. If excessive concentrations of P are already in the soil, any future applications should be based on crop phosphorus removal rates and not on nitrogen. This will invariably mean that many more hectares will be needed. (See further discussion on Managing Phosphorus below.)

### ***Managing phosphorus:***

The issue of phosphorus management is critically important. An adequate supply of P is needed for crop production, but excess P can create serious water quality problems. When waste is applied for extended periods at nitrogen-based rates, the buildup of P in the soils will be inevitable.

Although a large fraction of P will be bound within the soil structure, a small soluble fraction will be available for plant use. If litter remains on the soil surface, the loss of soluble P in runoff waters will likely occur.

Good erosion control practices will be highly beneficial in preventing the loss of soil-bound P. However, controlling soluble P is a more challenging problem.

Recent research indicates that the addition of chemicals to reduce ammonia volatilization in poultry houses has the added side benefit of reducing soluble P concentrations in broiler litter (Moore et al., 1996). Several compounds were studied but it was determined that both aluminum sulfate (alum) and ferrous sulfate did a good job of reducing soluble P. The addition of phosphoric acid greatly increased soluble P levels. According to the researchers, the most effective compound evaluated with respect to reducing both the ammonia loss within the house and the solubility of P was alum.

Perhaps the greatest discovery with regard to phosphorus control relates to the use of *phytase* in animal feed. Most of the phosphorus in animal feed is in the form of phytic acid or *phytate*. This form of P acts as a chelating agent and readily binds with di- and trivalent cations and proteins. Thus, ions such as Ca, Zn, Cu, and Mn are easily bound to the phytate molecule making these micronutrients less available for use by the animal. For this reason, phytic acid is often referred to as an "antinutritional factor" (Coelho, 1996). Because the

phytate molecule is so indigestible by chickens, producers must supplement the ration with inorganic phosphorus supplements.

The good news is that *phytase* has been found to release phosphorus from phytate, while also releasing phytate-bound di- and tri-valent cations and proteins (Kies, 1996). In fact, microbial phytase has been widely used in animal nutrition on a large scale since 1991, and there is worldwide interest in supplementing the diets of both swine and poultry with phytase for the benefit of both animal production and the environment.

### ***Calibrating manure spreaders:***

Unless the manure spreader is properly calibrated, the poultry grower risks applying wastes at rates that are either too high or too low. If applied at excessive rates, the risk of polluting surface and ground waters definitely increases. Literature on how to calibrate spreaders is easily obtained.

### ***Identifying buffer zones:***

Buffer zones are vegetated areas adjacent to streams and on both sides of a swale or drainageway that transverses a field. Wastes should not be spread in these areas to prevent migration of pollutants to surface waters.

### ***Timing of applications:***

It is important for water quality protection to apply animal wastes at only the appropriate times. For instance, wastes should be applied only when crops are actively growing, and they should not be applied immediately preceding a predicted rain event. Such factors should be addressed in the waste management plan that governs each operation.

### ***Litter storage:***

When poultry litter is removed from the houses, it should be either spread immediately on the fields or be stored under cover. Litter should not be stockpiled outside where rain could enter the pile; such practice can result in polluted runoff, leaching of pollutants to ground water, and fly breeding.

Storing litter in a litter storage barn has become a very popular practice, since it not only protects the litter from the rain but also allows for more flexibility in managing the waste. Stored litter can be applied to the land when it best fits the producer's schedule or when weather conditions are most suitable. If the normal mortality is composted, a supply of litter will be needed, and this can be easily obtained from the litter storage barn. In fact, many new litter storage barns have dead-bird composting units included within the structure.

An alternative to roofed storage is simply covering the litter with a well-secured tarp or a sheet of heavy gage plastic. Covering litter in this manner has certain advantages. First, it retains nearly all the nitrogen, whereas litter stored

under roof may lose up to 10 percent of the ammonia nitrogen after two months (Boles et al., 1994). In addition, this type of cover reduces heat buildup. Temperatures will rise, as they do in roofed storage, but will be limited to about 50 – 55°C.

Heating of the litter, whether it is under roof or under a tarp or sheet, helps to eliminate pathogenic organisms. However, care must be taken in stacking litter in a storage barn because excess heating can occur and the litter pile can actually catch fire! In order to reduce the potential for fire, litter should not be stacked higher than 1.5 – 1.8 m, and moist litter should not come in contact with dry litter. In addition, litter should not be compacted.

If litter will be used as cattle feed, covering with a tarp or sheet is an excellent method of retaining the high protein content of the litter as well as reducing pathogens.

### ***Dead animal management:***

Disposal of the normal death loss on every poultry farm is an important issue as it relates to environmental protection. Typically, the number of dead animals resulting from normal mortality is from 3 to 7 percent of each flock, depending on the type of bird, climatic factors, and the level of management.

The key practices that have been used during the past decade have been burial pits, incineration, rendering, and composting. Each of these has advantages, but the one that has gained the greatest acceptance in the past eight years is composting. Although composting requires a reasonable level of management, it provides an excellent way to convert the carcasses of the dead birds into a safe product that can be utilized on the farm. Composting units can be relatively small, stand-alone structures, or they can be incorporated into the design of a litter storage barn.

Properly constructed dead-bird pits are perhaps the most economical method of disposal. However, burial of dead chickens has been banned in some states for fear of ground water contamination. Although a study of fabricated dead animal disposal pits in Alabama revealed that leaching from the pits is virtually non-existent, public perception of the pit as an environmental hazard has led to their abandonment. In addition, many pits were not properly constructed, leading to problems with odors and fly breeding.

Incineration of carcasses is also widely used. Properly constructed incinerators are essential to ensure that odors are not a problem. In addition, fuel costs and the continuing need to replace parts makes this method somewhat more expensive.

Whichever method of disposal is used, it should be addressed in the waste management plan for the farm.

### **Conclusions**

Many methods and techniques are available for controlling the wastes from poultry facilities. A few of them have been noted in this paper. However, the real key to environmental protection on the poultry farm is still good

management. A high quality waste management plan can be developed for a producer and all the necessary structural and vegetative practices can be installed, but proper management is still critical to success.

In this era of great environmental concern, the poultry industry is challenged as never before to be good stewards of all of our natural resources. The industry is responding to the challenge and has made great progress in addressing the issue of protecting the environment. A positive response on the part of every poultry producer and all those associated with poultry production is completely necessary, not only for the benefit of the environment, but also for the benefit of the industry.

## References

- ALABAMA SOIL & WATER CONSERVATION COMMITTEE (1995). Protecting Water Quality on Alabama's Farms, Montgomery, AL.
- BARKER, J. C. and J. P. ZUBLENA (1996). *Livestock Manure Nutrient Assessment* in Phytase in Animal Nutrition and Waste Management, BASF Ref. Manual DC9601; publ. BASF, Mt. Olive, NJ.
- BOLES, J. C., JR.; K. VAN DEVENDER; J. LANGSTON and A. RIECK (1994). Dry Poultry Manure Management, University of Arkansas Cooperative Extension Service, Fayetteville, AK.
- COELHO, M. B. (1966). *Ecological Nutrition: A Costly or Smart Move?* in Phytase in Animal Nutrition and Waste Management. BASF Ref. Manual DC9601; publ. BASF, Mt. Olive, NJ.
- COELHO, M. B. (1966). *Ecological Nutrition: A Costly or Smart Move?* in Phytase in Animal Nutrition and Waste Management. BASF Ref. Manual DC9601; publ. BASF, Mt. Olive, NJ.
- KIES, K. (1996). *Phytase—Mode of Action*; in Phytase in Animal Nutrition and Waste Management. BASF Ref. Manual DC9601; publ. BASF, Mt. Olive, NJ.
- KINGERLY, W. L.; C. W. WOODS; D. P. DELANEY; J. C. WILLIAMS and G. L. MULLINS (1994). *Impact of Long-Term Application of Broiler Litter on Environmetally Related Soil Properties*. J. Environ. Qual. 23:139-147
- MIKKELSON, R. L. (1996). *Best Management Practices for Plant Nutrients* in Phytase in Animal Nutrition and Waste Management. BASF Ref. Manual DC9601; publ. BASF, Mt. Olive, NJ.
- MOORE, P. A., JR., T. C. DANIEL, D. R. EDWARDS, and D. M. MILLER (1996). *Evaluation of Chemical Amendments to Reduce Ammonia Volatilization from Poultry Litter*. Poultry Sci. 75:315-320.
- PAYNE, V. W. E. (1973). Taste and Odor in Auburn's Water Supply. Masters Degree Thesis, Auburn University, AL
- PAYNE, V. W. E. and J. O. DONALD (1991). Poultry Waste Management and Environmental Protection Manual. Alabama Cooperative Extension Service, Auburn University, AL.
- UNIVERSITY OF MARYLAND (1997). *The Cambridge Consensus: Forum on Land-Based Pollution and Toxic Dinoflagellates in Chesapeake Bay*. University of Maryland Center for Environmental Science; Cambridge, MD.

- UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA (1998). *The Raleigh Report 1998 – Pfiesteria Research Needs and Management Actions; Special Report No. SRS-19*; Water Resource Research Institute, The University of North Carolina, Raleigh, NC.
- U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – Natural Resources Conservation Service (1992). *Agricultural Waste Management Field Handbook*, Washington, DC.
- U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1976). *Quality Criteria for Water*. USEPA, Washington, DC.
- U. S. GENERAL ACCOUNTING OFFICE (1995). *Animal Agriculture, Information on Waste Management and Water Quality*. Washington, DC.





---

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves**  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento  
Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC  
Telefone: (049) 4428555 Fax(049) 4428559  
[cnpsa@cnpsa.embrapa.br](mailto:cnpsa@cnpsa.embrapa.br)

**Ministério da**  
**Agricultura e do**  
**Abastecimento**