

## Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves

Pedro Antonio dos Santos<sup>1</sup>  
Fernando da Costa Baeta<sup>2</sup>  
Ilda de Fátima Ferreira Tinôco<sup>2</sup>  
Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>3</sup>  
Paulo Roberto Cecon<sup>4</sup>

### RESUMO

Objetivando avaliar o conforto térmico e a qualidade do ar na produção de frangos, no inverno, proporcionado por dois sistemas de ventilação, modos túnel e lateral, foi conduzido um experimento com frangos de corte da marca *COBB*, idade entre 18 e 35 dias, em galpões comerciais localizados na região de Barbacena, MG. A caracterização do ambiente térmico foi feita com base na temperatura do ar, umidade relativa, no índice de temperatura de globo negro e na umidade e carga térmica de radiação. A caracterização da qualidade do ar foi feita com base nas concentrações dos gases amônia, monóxido de carbono e dióxido de carbono. E a avaliação de desempenho das aves teve como base o consumo de ração, peso vivo, a conversão alimentar, taxa de mortalidade e eficiência produtiva. Os resultados dos parâmetros térmicos ambientais permitiram concluir que os dois sistemas de ventilação estudados mostraram-se eficientes para manter as aves em condições de conforto térmico no interior dos galpões durante o período estudado, porém com melhores resultados para o sistema de ventilação lateral. Em relação aos gases, concluiu-se que as concentrações mensuradas nos dois sistemas foram inferiores àquelas consideradas de risco à saúde e ao bem estar das aves e dos trabalhadores; contudo, os menores valores foram observados no sistema de ventilação lateral. E quanto ao desempenho das aves, as que foram alojadas no sistema de ventilação lateral, no geral, apresentaram melhores índices.

**Palavras-chave:** Ventilação positiva, poluentes gasosos, índices zootécnicos, galpões avícolas e bem estar animal.

### ABSTRACT

#### Effects of tunnel and lateral ventilation systems in poultry sheds on thermal comfort, air quality and broiler performance

Aiming to estimate the thermal comfort and air quality in broiler production provided by both tunnel and lateral ventilation systems, an experiment using *COBB* broilers, age between 18 to 35 days, was carried out in commercial sheds located in the municipality of Barbacena, MG. Thermal environment characterization was based on air temperature, relative humidity, black globe temperature, humidity index and thermal radiation. Air quality characterization was based on gas concentrations of ammonia, carbon monoxide and carbon dioxide. Broiler performance was evaluated on the

Recebido para publicação em novembro de 2007 e aprovado em fevereiro de 2009

<sup>1</sup>Escola Agrotécnica, Universidade Federal de Roraima – UFRR, 69304-000 Boa Vista - RR. paz140@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 36571-000 Viçosa-MG.

<sup>3</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 36571-000 Viçosa-MG.

<sup>4</sup>Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 36571-000 Viçosa-MG.

basis of food consumption, body weight, food conversion, mortality rate and productive efficiency. Results on thermal environment showed that both ventilation systems were efficient to keep broilers in thermal comfort conditions inside the sheds during the studied period, with better results for the lateral ventilation system. Gas concentrations measured in the two systems were below the health risk limits to animals and workers. The lowest values were recorded for the lateral ventilation system. Finally, better indices of broiler performance were in general provided by the lateral ventilation system.

**Key words:** Animal ventilation systems, pollutant gases, production indices, poultry sheds and animal welfare.

## INTRODUÇÃO

No atual nível de desenvolvimento da avicultura brasileira, principalmente nas criações com alta densidade, faz-se necessária a instalação adequada dos sistemas de ventilação, objetivando conforto ambiental das aves, principalmente relativo ao ambiente térmico e à qualidade do ar.

Quanto ao conforto térmico, um ambiente é considerado confortável quando não ocorre nenhum desperdício de energia pelo animal, seja para compensar o frio ou para acionar seu sistema de dissipação do excesso de calor corporal. Nessas condições, a faixa de temperatura na qual as aves apresentam máximo desempenho é conhecida como zona de conforto térmico (Tinôco, 2001; Ferreira, 2005).

Apenas a temperatura do ar ( $T_a$ ) não é suficiente para caracterizar as condições térmicas ambientais, outros elementos são também importantes, como a umidade relativa, (UR), a velocidade do vento ( $V$ ) e a carga térmica radiante (CTR).

De acordo com Baeta e Souza (1997) e Tinôco (2004), um ambiente é considerado confortável para produção de frango de corte na fase adulta quando apresenta temperaturas na faixa de 15 a 26 °C e UR entre 50 e 70%.

Utilizam-se também para caracterizar o ambiente térmico o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), a qual reúne os efeitos combinados de temperatura, umidade, radiação e velocidade do ar. Medeiros *et al.* (2005) verificou que o ITGU entre 69 e 77 apresenta maior produtividade e melhores parâmetros zootécnicos. Os autores também observaram bons resultados com os elementos ambientais,  $T_a$ , UR e  $V$ , para produção de frangos de corte nas fases de crescimento e final, em torno de 26 °C, 55% e 1,5 m.s<sup>-1</sup>, respectivamente.

Existem basicamente duas formas de promover artificialmente a movimentação do ar no interior dos aviários, por pressão negativa e pressão positiva.

No sistema de ventilação por pressão negativa o ar é succionado por exaustores de dentro para fora, criando um vácuo parcial no interior da construção; desse modo, succionando o ar externo. No sistema de ventilação com pressão positiva o ar externo é forçado, por meio de ventiladores, a entrar na construção, criando um gradiente de pressão de fora para dentro da instalação. Esse sistema é o mais comum nos aviários de construção aberta, podendo ser de dois tipos: em modos túnel e lateral (Midwest Plan Service, 1990; Baeta & Souza, 1997; Abreu & Abreu, 2000; Tinôco, 2004).

Em relação à qualidade do ar, além de ser fonte de oxigênio para o metabolismo de qualquer espécie animal, é ótimo veículo de dissipação do excedente de calor, do vapor d'água, dos gases provenientes dos animais e da decomposição dos dejetos, da poeira liberada pela cama e outros. De acordo com Macari e Furlan (2001), todos estes fatores agem poluindo e alterando as características normais do ar, tendo como consequência aumento na susceptibilidade de doenças respiratórias, resultando, consequentemente, em prejuízos ao processo produtivo.

Além do gás amônia ( $NH_3$ ), outros poluentes gasosos significativos em instalações para animais, segundo Curtis (1983), são o dióxido carbônico ( $CO_2$ ), o monóxido de carbono (CO), o metano ( $CH_4$ ) e o gás sulfídrico ( $H_2S$ ). No caso das instalações para frango de corte, a  $NH_3$ , o  $CO_2$  e o CO são os gases que mais contribuem para a má qualidade do ar.

Frequentemente  $NH_3$  é tido como o gás poluente tóxico encontrado em altas concentrações no interior das instalações zootécnicas, sendo sua formação atribuída à decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos (Macari & Furlan, 2001). Esse gás pode ser detectado por humanos a partir de uma concentração de 10 ppm ou menos. Sendo menos denso que o ar, ele se movimenta com muita facilidade pela instalação (Curtis, 1983).

Em relação ao  $CO_2$ , é um gás inodoro presente no ar atmosférico a uma concentração média de 350 ppm. Nas gran-

jas é produzido pelos próprios animais e pela queima de combustíveis em sistemas de aquecimento, e em maior quantidade pela decomposição dos dejetos. Lima *et al.* (2004) citaram que nas granjas de frangos sua concentração já é da ordem de 900 ppm variando conforme o uso da ventilação. Para Alencar *et al.* (2002), concentração de 600 a 4.000 ppm, não tem afetado as aves e os trabalhadores.

O monóxido de carbono (CO) é um gás venenoso e inodoro que está presente nos galpões, principalmente na época fria, nas primeiras semanas de alojamento das aves. Sua presença na fase adulta das aves é praticamente nula, salvo numa diminuição da temperatura por período prolongado, quando então haverá a necessidade de colocar em funcionamento os aquecedores. O limite máximo de CO recomendado por Wathes (1999) é 10 ppm para exposição contínua dos animais nas instalações. E para humanos, considerando oito horas em média de exposição, é de 50 ppm.

A importância de se realizem avaliações dos sistemas de ventilação em aviários está em verificar o bem estar animal e o humano dentro desse ambiente em relação ao conforto térmico e à qualidade do ar. Tais avaliações poderão reverter em informações para que as empresas tomem decisões para alterar o manejo, além de contribuir para o inventário nacional sobre emissão de gases relacionados ao efeito estufa e alertar o setor sobre os efeitos desses gases na alteração do clima.

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da ventilação por sistemas em modos túnel e lateral sobre o ambiente de aves adultas, com base no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho produtivo das aves.

## MATERIAL E METODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados quatro galpões de criação comercial de frangos de corte situados na área experimental da Empresa Nogueira Rivelli Alimentos, localizada no Município de Ressaquinha, microrregião de Barbacena, Minas Gerais, com 1.126 m de altitude e coordenadas geográficas de 21° 04' S e 43° 46' W. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido e com inverno seco, e a temperatura do mês mais quente, superior a 22 °C. O experimento foi conduzido com aves da marca comercial COBB, de tal modo que em cada galpão metade das aves era constituída por machos e metade por fêmeas, separadas por divisórias, com idade entre 18 e 35 dias, totalizando 35.000 aves, recebendo o mesmo manejo.

Os quatro galpões possuíam as mesmas características arquitetônicas, com 8 m de largura, 2,90 m de pé-direito e 60 m de comprimento, orientação leste-oeste, piso de concreto e 40 m entre galpões. As faces leste e oeste eram

fechadas com alvenaria de blocos de concreto, na espessura de 20 cm, revestidas com argamassa, pintadas de branco e com janelas. E as faces norte e sul possuíam muretas com 20 cm de altura, com alvenaria de blocos de concreto, tela de arame com malha de 2,5 cm e sistema de vedação com três cortinas de polietileno, em que a externa era fechada de baixo para cima até a altura do telhado. Os galpões também possuíam forros de polietileno, posicionados a 2,9 m de altura a partir do piso e telhado com estrutura de madeira apoiada em colunas de concreto armado formando duas águas, 20° de inclinação, beiral de 1,50 m, sem laternim, e cobertura com telha de cimento-amianto.

O acondicionamento artificial dos ambientes foi composto por um sistema de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e outro de ventilação positiva lateral (SVL).

O SVT foi constituído por ventiladores axiais, de três hélices, diâmetro de 0,90 m e vazão de 300 m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>; posicionados em duas linhas, com fluxo no sentido do comprimento do galpão, a 1,5 m do piso; afastados 8,5 m um do outro na direção do comprimento e 3,0 m na direção da largura, 2,5 m das paredes laterais e início a 2,0 m dos oitões do galpão; totalizando 14 ventiladores, acionados por motores de indução bifásica tipo monobloco, com potência de 368 W, 1.130 rpm e 220 V.

SVL foi constituído pelos mesmos tipos de ventiladores do SVT, posicionados a 1,50 m do piso e a cada 6,0 m um do outro, dispostos em uma das laterais do galpão, de forma que o fluxo tinha o mesmo sentido do vento predominante do local, constituindo-se de nove ventiladores (SVL).

Sempre que o manejo da ventilação natural não foi suficiente para atender ao conforto térmico das aves, foi acionado o sistema de ventilação artificial. Nesse sistema os ventiladores entravam em funcionamento quando a temperatura do ar atingia valores iguais ou superiores a 25 °C.

A fim de caracterizar o ambiente interno por meio dos elementos ambientais constituídos pela temperatura (Ta) e umidade relativa (UR), foi colocado na região central de cada galpão. Foi utilizado um dataloggers da marca HOBO®, com resolução de 0,1 °C e precisão de ± 0,7 °C para determinação de leituras contínuas durante as 24 horas do dia.

Foram feitas medições a cada duas horas, das 8 às 18, em três pontos medianos e equidistantes no interior dos galpões e a nível das aves, dos seguintes elementos ambientais: temperatura de globo negro (t<sub>gn</sub>), temperatura de bulbo úmido (t<sub>bu</sub>) e velocidade do ar (V).

As medições de t<sub>gn</sub> foram realizadas utilizando-se termômetros de vidro com sensor de mercúrio e resolução de 1 °C, colocados no interior de globos negros com diâmetro de 150 mm, enquanto as t<sub>bu</sub> foram medidas com

higrômetros, cujos sensores de mercúrio também tinham resolução de 1 °C. A medição da velocidade do ar foi realizada nas proximidades de cada sensor de globo negro, por meio de um anemômetro digital de hélice, com resolução de 0,1 m.s<sup>-1</sup>.

Para a coleta de dados climáticos do ambiente externo utilizou-se um abrigo meteorológico. Nele foram feitas as mesmas medições correspondentes às dos galpões, com sensores de mesma resolução e precisão. E um higrômetro e um dataloggers foram colocados dentro do abrigo e o termômetro de globo negro foi colocado externamente.

Feitas as medições e realizado o processamento dos dados, o nível de conforto térmico tanto no interior dos galpões como externamente foi caracterizado pela utilização dos indicadores térmicos, sendo eles a temperatura do ar (Ta), e a umidade relativa (UR), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica radiante (CTR).

Quanto ao ITGU proposto por Buffington *et al.* (1981), foi calculado pela equação 1, e a CTR, segundo Esmay (1974), pode ser determinada pela equação 2.

$$ITGU = 0,72 (t_{gn} + t_{bu}) + 40,6 \quad (1)$$

em que:

$t_{gn}$  = temperatura de globo negro (°C); e

$t_{bu}$  = temperatura de bulbo úmido (°C).

$$CTR = \sigma (T_m)^4 \quad (2)$$

em que:

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ );

$T_m$  = temperatura média radiante, calculada pela equação (3).

$$T_m = 100 \cdot \left[ 2,51 \cdot \sqrt{V} \cdot (t_{gn} - Ta) + \left( \frac{t_{gn}}{100} \right)^4 \right]^{1/4} \quad (3)$$

em que:

V = velocidade do ar, m.s<sup>-1</sup>;

$t_{gn}$  = temperatura de globo negro, K; e

Ta = temperatura de bulbo seco, K.

A qualidade do ar foi caracterizada por meio das medições diárias instantâneas das concentrações dos gases amônia (NH<sub>3</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO). Sendo as concentrações registradas às 6, 9, 15 e 21 h, medidas ao nível das aves no período de 18 a 35 dias de idade.

As concentrações de amônia foram medidas utilizando-se um detector de amônia da marca Gasman, com sensor de resolução 0,1 ppm e precisão de  $\pm 1$  ppm.

Para o registro das concentrações dos gases CO<sub>2</sub> e CO foi utilizado um detector multigás marca Testo, modelo 330-1,

com sensor de CO<sub>2</sub>, de resolução de 1 ppm e precisão de  $\pm 50$  ppm, enquanto o sensor de CO, teve resolução de 1 ppm e precisão de  $\pm 1$  ppm.

Para avaliação dos lotes de frangos nos dois sistemas de ventilação foram utilizados os índices zootécnicos consumo de ração (CR), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e índice de eficiência produtiva (IEP). A ração consumida pelas aves com idades entre 18 e 35 dias foi obtida com base na idade e no controle da empresa das datas e da quantidade de ração encaminhada para cada galpão. O peso vivo foi obtido por meio de amostragem aleatória de 100 aves, sendo cada amostra constituída metade de aves fêmeas e metade machos, utilizando-se balança com resolução de 1 g aos 18 e 35 dias de idade. A conversão alimentar foi calculada pela razão entre o consumo de ração e PV obtidos no dia das pesagens. Para determinar a TM, considerou-se o número de aves mortas nas idades de 18 e 35 dias, expressando tal número em termos de porcentagem, em relação ao número de pintos de um dia alojados. Calculou-se o índice de eficiência produtiva pela equação (4) proposta por Albino (1998), incorporando num único valor o PV (em kg); a viabilidade (V em %); as idades de 18 e 35 dias (IA); e a conversão alimentar (CA).

$$IEP = [(PV.V).(IA.CA)^{-1}].100 \quad (4)$$

O experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os sistemas de ventilação e nas subparcelas os horários de medição no delineamento em blocos casualizados com repetições correspondentes aos dias de leitura. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e análise de regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes de regressão a 5 %, utilizando-se o teste de Student "t".

Nas análises de variância para as variáveis térmicas e de qualidade do ar, independentemente da interação ser ou não significativa, foi feito o desdobramento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Avaliação do conforto térmico ambiental*

O conforto térmico ambiental foi avaliado mediante a análise de dados coletados da temperatura do ar, da umidade relativa, do índice de temperatura de globo negro e umidade e da carga térmica radiante, em função dos horários de observação em dois sistemas de ventilação durante o período entre 18 e 35 dias de vida das aves.

Os valores médios de temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR) em função dos horários de observação, para cada sistema de ventilação, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios de temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR) observados em função dos horários para os sistemas de ventilação em modo túnel (SVT), lateral (SVL) e ambiente externo

Horários	Ta (°C)			UR (%)		
	SVT	SVL	Externa	SVT	SVL	Externa
0	21,3 a	20,9 a	16,7	77 a	77 a	89
1	21,2 a	20,7 a	16,4	77 a	78 a	90
2	21,1 a	20,9 a	15,9	78 a	79 a	92
3	20,9 a	20,5 a	15,7	80 a	80 a	93
4	20,6 a	20,4 a	15,4	80 a	80 a	94
5	20,3 a	20,1 a	15,1	81 a	82 a	95
6	20,1 a	20,0 a	15,0	82 a	82 a	96
7	20,7 a	21,0 a	15,8	81 a	79 a	94
8	20,6 a	20,5 a	17,9	77 a	76 a	85
9	21,6 a	21,1 a	19,5	71 a	73 a	77
10	22,6 a	22,3 a	21,0	65 a	67 a	70
11	23,8 a	23,4 a	22,3	60 a	62 a	64
12	24,8 a	24,6 a	23,4	55 a	56 a	58
13	25,6 a	25,4 a	24,1	51 a	53 a	54
14	25,4 a	25,4 a	24,3	51 a	53 a	54
15	25,2 a	25,1 a	24,0	52 a	54 a	54
16	24,6 a	24,6 a	23,5	54 a	56 a	57
17	24,0 a	23,7 a	22,0	59 a	61 a	64
18	23,3 a	22,8 a	19,7	66 a	68 a	75
19	23,1 a	22,4 a	18,7	70 a	71 a	81
20	22,5 a	22,1 a	18,3	71 a	72 a	83
21	22,1 a	21,8 a	17,7	73 a	74 a	86
22	21,5 a	21,3 a	17,2	75 a	76 a	88
23	21,5 a	21,0 a	16,9	75 a	76 a	89
24	21,2 a	21,0 a	16,8	76 a	77 a	88

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se na Tabela 1 que não houve diferença estatística entre os sistemas SVT e SVL. Também se observou que a temperatura, em geral, variou em média de 20 a 25,6 °C em 24 horas. Com base na temperatura de conforto sugerida pelos autores, Baeta e Souza (1997) e Tinôco (2004), que consideram a faixa de 15 a 26 °C ideal para as aves em fases de crescimento e final, pode-se inferir que os dois sistemas de ventilação testados não proporcionaram estresse térmico às aves no período estudado.

Considerando que os ventiladores foram acionados toda vez que a temperatura do ar interno ultrapassou 25 °C, observa-se, na Tabela 1, que isso ocorreu entre 13 e 15 horas, correspondendo ao redor de 12% do tempo.

Em relação à UR, de acordo com a mesma Tabela não houve diferença estatística entre os sistemas de ventilação. A faixa de UR ideal, associada à temperatura de conforto das aves, segundo Baeta e Souza (1997) e Ronchi (2004), é de 50 a 70%. Com base nessa recomendação e com os valores da Tabela 1, os sistemas de ventilação (SVT e SVL) apresentaram durante o dia, das 10 às 19h, UR entre 51 e 71%, e Ta entre 22,3 e 25,6 °C, sem problemas de desconforto. Porém, das 20 às 9h ocorreu UR acima da faixa considerada de conforto,

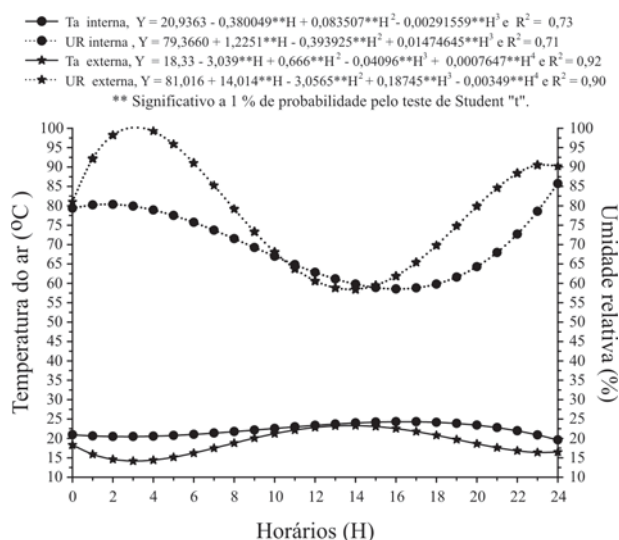
entre 71 e 82%, que associadas a Ta entre 20 e 21 °C possíveis efeitos não têm relevância a esses níveis de umidade.

Para analisar a relação entre os horários de observações e os valores obtidos de Ta e UR em cada sistema de ventilação e do ambiente externo, foram ajustadas as equações de regressão. A Figura 1 ilustra a representação gráfica do comportamento de Ta e UR com base nessas equações.

Na Figura 1 observa-se a capacidade das instalações em retardar os efeitos das temperaturas mais altas ocorridas externamente, por volta das 13h, as quais só foram refletir internamente por volta das 17h. Nesse intervalo, com essas condições, vislumbra-se a importância de acionar os sistemas de ventilação.

Nota-se também na Figura 1, quanto à estimativa da UR para o interior dos galpões, que os menores valores ocorreram entre 15 e 17 h, com valores mínimos em torno de 60%. O que corresponde aos maiores valores de temperatura para esse mesmo horário, aproximadamente entre 24 e 25 °C, corroborando que, nesses horários, há possibilidades de ter que acionar os ventiladores.

Em relação ao índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e à carga térmica de radiação (CTR), os



**Figura 1.** Estimativas da temperatura do ar (Ta) e da umidade relativa (UR) por meio de equações ajustadas em função dos horários (H) de observação dos ambientes interno e externo com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

valores médios em função dos horários de observações, para cada sistema de ventilação, estão apresentados na Tabela 2.

Conforme se observa na Tabela 2, nos horários de 12, 14, 16 e 18 h, os valores do ITGU para o sistema de ventilação em modo túnel (SVT) foram, estatisticamente, maiores do que para o sistema de ventilação lateral (SVL). E para os valores de CTR, do mesmo modo, ocorreu diferença significativa apenas às 18 h.

Ainda de acordo com essa Tabela, o ITGU variou em média entre 67 e 73. De forma geral, esses valores estão em conformidade com os intervalos de 69 a 77 verificados por Medeiros *et al.* (2005) e de 65 a 77 observados por Piasentin (1984) como indicadores de conforto para frangos de corte na fase adulta.

Em relação à CTR, observa-se que ela não contribuiu de forma diferenciada para a quantificação do ITGU nos dois sistemas considerados.

Para analisar o efeito dos horários de observações sobre os valores obtidos de ITGU e CTR em cada sistema de ventilação e do ambiente externo, foram ajustadas as equações de regressão aos dados observados, de tal modo que a Figura 2 ilustra a representação gráfica do comportamento dessas variáveis.

De acordo com a Figura 2A, o valor máximo de ITGU externo estimado de 78,4 ocorreu por volta das 12 h 30. Devido ao amortecimento e retardo térmico das instalações, o ITGU máximo estimado no ambiente interno dos galpões foi de 72 em torno das 14 h. Portanto, um amortecimento de 6,4 do ITGU e retardo de 1h 30, o que contribuíram, para melhores condições de conforto térmico para os animais.

Para a CTR, houve comportamento semelhante ao ITGU, porém com valores relativos ainda maiores.

Em relação à CTR externa, o maior valor ocorreu às 12 h, possivelmente devido à perpendicularidade dos raios solares em relação ao plano do horizonte local, estimado em  $641 \text{ W.m}^{-2}$ . Relacionando esse valor com os valores estimados dos sistemas, o SVT e o SVL apresentaram redução de CTR da ordem de 26,4 e 27,18 %, respectivamente.

Nas condições de realização deste experimento, por meio das variáveis Ta, ITGU e CTR, no período quente do dia, notou-se que o SVL proporcionou ambiente mais confortável para as aves do que SVT.

### Avaliação da qualidade do ar ambiente

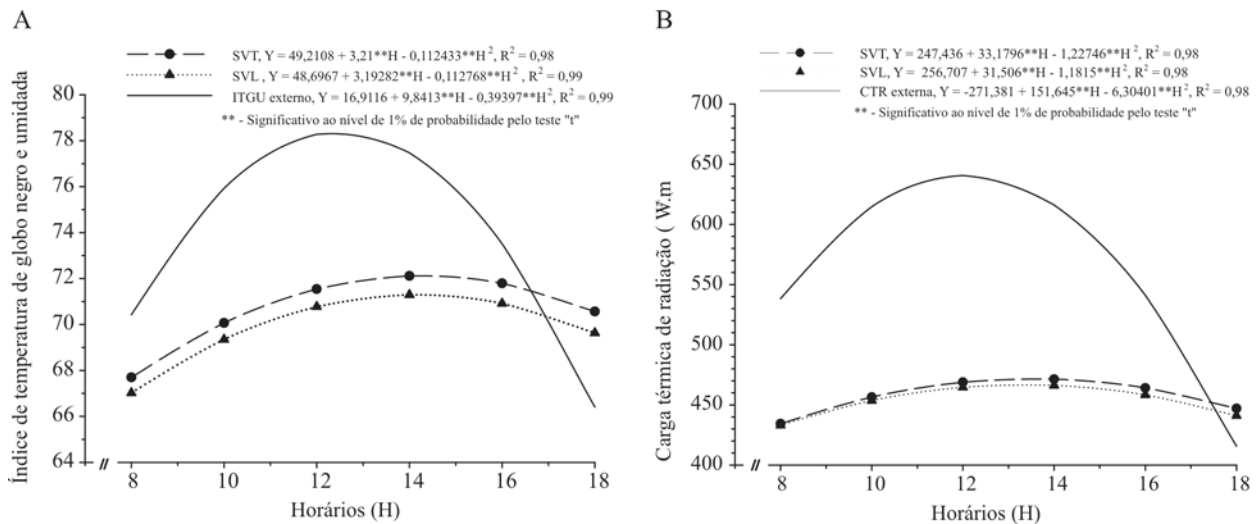
Os valores médios da  $\text{NH}_3$ , do CO e do  $\text{CO}_2$  em função dos horários de observações para cada sistema de ventilação estão apresentados na Tabela 3.

Como se verifica na Tabela 3, comparando SVT e SVL, somente houve diferença significativa entre os valores observados de  $\text{NH}_3$  às 21 h, não ocorreu diferença para o CO e houve diferença significativa entre os valores observados de  $\text{CO}_2$  nos horários de 9 e 21 h. De forma geral, os menores valores de concentração foram verifi-

**Tabela 2.** Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR) observados para cada sistema de ventilação e ambiente externo

Sistemas	Horários					
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
<i>A. Índice de temperatura do globo negro e umidade</i>						
SVT	67,8a	69,9a	71,5a	72,5a	71,5a	70,6a
SVL	67,1a	69,2a	70,7b	71,6b	70,7b	69,7b
Externo	70,8	75,4	78,3	77,2	74,4	66,0
<i>B. Carga térmica da radiação (<math>\text{W.m}^{-2}</math>)</i>						
SVT	433a	459a	468a	472a	452a	448a
SVL	434a	454a	461a	469a	459a	440b
Externo	547	600	642	614	557	407

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



**Figura 2.** Valores médios observados e estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade (A) e da carga térmica de radiação (B), em função dos horários em cada sistema de ventilação e estimativa do ambiente externo

cados durante o dia. Entretanto, esses valores de concentração média observados no SVT e SVL estiveram abaixo dos limites de tolerância recomendados. De acordo Whates (1999), o recomendável é um limite máximo de 20 ppm de  $NH_3$ , 10 ppm de CO e de 3000 ppm de  $CO_2$ , para exposição contínua dos animais nas instalações.

Considerando o bem estar animal, a HFAC (2006) e a Directive 2007/43/EC (2007), que tratam de regras mínimas para a proteção dos frangos de corte, se estabelece que a concentração de  $NH_3$  e  $CO_2$  não deve ser superior a 20 e 3000 ppm, respectivamente, com as medições feitas ao nível das aves. Da mesma forma como anteriormente, o maior valor médio de concentração de  $NH_3$  encontrado neste trabalho foi de 10,2 ppm, e para  $CO_2$ , foi de 672 ppm, os valores encontrados estiveram bem abaixo daqueles fixados pelas regras mínimas de bem estar.

**Tabela 3.** Valores médios de concentração de amônia, monóxido e dióxido de carbono observados em função dos horários para cada sistema de ventilação

Sistemas	Horários			
	6:00	9:00	15:00	21:00
<b>A. Amônia – <math>NH_3</math> (ppm)</b>				
SVT	8,8 a	5,0 a	5,3 a	10,2 a
SVL	7,9 a	4,2 a	4,4 a	8,2 b
<b>B. Monóxido de carbono - CO (ppm)</b>				
SVT	0,2 a	0,4 a	0,3 a	0,4 a
SVL	0,3 a	0,4 a	0,4 a	0,4 a
<b>C. Dióxido de carbono – <math>CO_2</math> (ppm)</b>				
SVT	651,7 a	418,2 a	382,9 a	672,4 a
SVL	652,9 a	354,7 b	380,5 a	602,0 b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação aos trabalhadores, a Norma Regulamentadora - NR15 (1990) recomenda o limite de tolerância de 20 ppm de  $NH_3$ , 39 de CO e 3.900 de  $CO_2$ , com exposição de 48 h semanais. Do mesmo modo, Wathes (1999), para esses mesmos gases, recomendou o limite de tolerância de 20 ppm para  $NH_3$ , 50 para CO e 5.000 para  $CO_2$ , com exposição de 8 h diárias para humanos. Comparando esses limites com os valores da Tabela 3, não foi constatado, dentre os horários observados, níveis de concentração considerados prejudiciais aos trabalhadores.

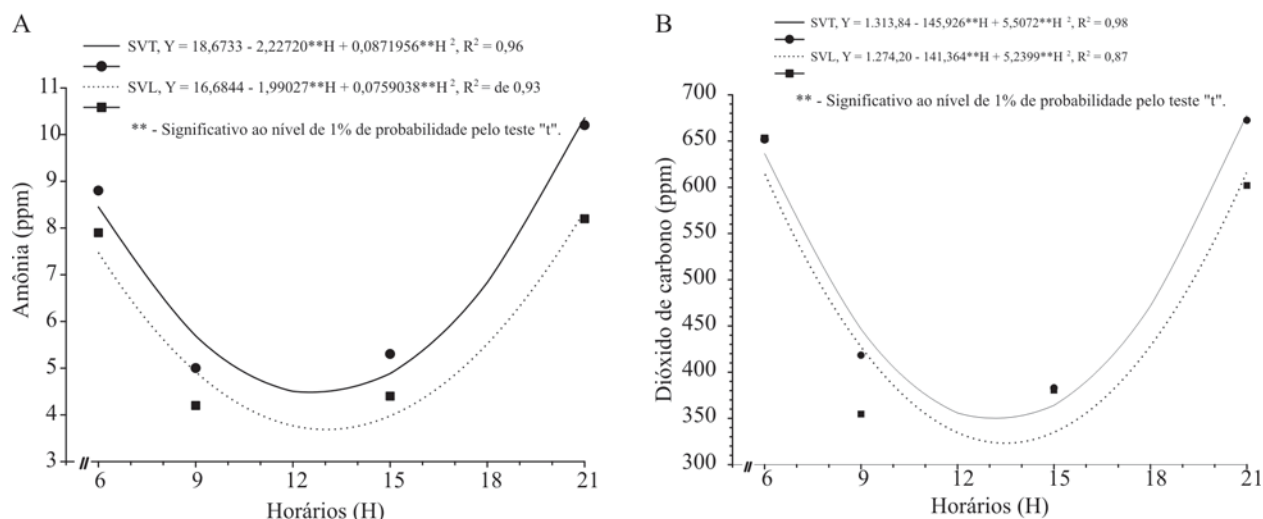
Quanto às baixas concentrações de CO detectadas em ambos os sistemas de ventilação, possivelmente elas deveram-se a não necessidade de acionamento de sistemas de aquecimento, isso devido à maior resistência ao frio adquirida pelas as aves.

O modelo para os valores da concentração de  $NH_3$  e  $CO_2$ , ajustado em função das observações horárias, que apresentou melhor ajuste foi o quadrático. A Figura 3 representa graficamente o comportamento da concentração desses dois gases em ambos os sistemas (SVT e SVL).

Nota-se na Figura 3 que a variação de concentrações estimadas durante o dia e a noite dos gases  $NH_3$  e  $CO_2$  pode estar associada à ventilação e ao manejo das cortinas com o fechamento do galpão durante o período noturno.

Observa-se, pela Figura 3, que os valores mínimos de  $NH_3$  estimados nos sistemas de ventilação (SVT e SVL) foram, respectivamente, de 4,5 e 3,6 ppm nos horários de 12h 48 e 13h 6. Do mesmo modo, os valores mínimos de  $CO_2$  foram de 347 e 320 ppm nos horários de 13h 12 e 13h 30.

Em resumo, de acordo com os valores médios da concentração de  $NH_3$ , CO e  $CO_2$  detectados nesta pesquisa e comparados com os valores de referência, pode-se inferir que a qualidade do ar dentro dos galpões avícolas avaliados está adequada tanto para o bem estar das aves como para os trabalhadores.



**Figura 3.** Valores estimados e observados da concentração de amônia e dióxido de carbono para os sistemas (SVT e SVL) de ventilação em função dos horários.

### Avaliação do desempenho das aves

Os valores médios dos índices de desempenho observados no período entre 18 e 35 dias de idade das aves, como consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar, taxa de mortalidade e índice de eficiência produtiva, correspondentes ao sistema de ventilação em modo túnel (SVT) e ao sistema de ventilação lateral (SVL), estão apresentados na Tabela 4.

De acordo com a Tabela 4, cada ave do SVL consumiu mais ração do que as aves do SVT, em média 62 g no período de 17 dias, o que pode ter contribuído para um ganho de peso maior, de aproximadamente de 52 g.

Comparando com a mortalidade normal na fase de crescimento, que, segundo Mendes e Patrício (2004), pode chegar à média de 0,5% por semana, o SVT apresentou 0,80% e o SVL 0,87%, valores maiores do que os esperados para ambos os sistemas.

Finalmente, com base na tabela anterior, mesmo o SVL apresentando percentual maior de mortalidade, as aves ali instaladas tiveram uma CA melhor e um índice de eficiência produtiva de 1,4% maior em relação ao SVT ao final de 35 dias de idade.

**Tabela 4.** Dados de desempenho das aves do consumo de ração (CR), peso vivo (PV), ganho de peso no período (GP), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e índice de eficiência produtiva (IEP) observados nos sistemas de ventilação em modos túnel (SVT) e lateral (SVL) entre as idades de 18 e 35 dias

Dados de desempenho	SVT		SVL	
	18 dias	35 dias	18 dias	35 dias
CR (kg.ave <sup>-1</sup> )	0,969	3,287	0,978	3,358
CR no período (kg.ave <sup>-1</sup> )	2,318		2,380	
PV (kg.ave <sup>-1</sup> )	0,652	1,852	0,640	1,892
GP no período (kg.ave <sup>-1</sup> )	1,200		1,252	
CA [(kg <sub>ração</sub> ).(kg <sub>ave</sub> ) <sup>-1</sup> ]	1,486	1,775	1,528	1,775
CA no período	1,93		1,90	
TM (%)	1,159	3,102	1,530	3,649
TM no período (%)	1,943		2,119	
IEP		289		293

## CONCLUSÕES

Com base na temperatura do ar, na umidade relativa, no índice de temperatura de globo negro e na umidade e carga térmica de radiação, os dois sistemas de ventilação estudados, o de modo túnel e o de ventilação lateral, mostraram-se eficientes para manter as aves em condições de conforto térmico no interior dos galpões, porém o SVL foi um pouco melhor.

Não houve níveis de concentração de amônia, dióxido de carbono e monóxido de carbono mensurados nos sistemas de ventilação que oferecessem riscos à saúde das aves e dos trabalhadores. Contudo, os menores valores foram observados no sistema de ventilação lateral.

No geral, as aves alojadas no sistema de ventilação lateral apresentaram índices de desempenho melhores.



**REFERÊNCIAS**

- Abreu PG & Abreu VMN (2000) Ventilação na avicultura de corte. Concórdia; Embrapa Suínos e Aves. 50 p.
- Albino LFT (1998) Frango de corte, manual prático de manejo e produção. Viçosa: Aprenda Fácil. 72 p.
- Alencar MBC, Gontijo LA, Nãas IA, Baracho MS & Miragliotta MY (2002) A saúde ocupacional da produção de frangos de corte no Brasil: será que sabemos o bastante? In: Anais do seminário sobre poluentes aéreos e ruídos em instalações para produção de animais. Campinas, UNICAMP. p.57-62.
- Baeta FC & Souza CF (1997) Ambiência em edificações rurais - Conforto animal Viçosa; UFV. 246 p.
- Buffington DE, Collaso-Arocho A, Canton GH & Pit D (1981) Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, 24:711-714.
- Curtis SE (1983) Environmental management in animal agriculture. Ames; The Iowa State University Press. 409 p.
- Directive 2007/43/EC of 28 (June 2007) Laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production. Official Journal of the European Union. L 182/19. Disponível em: < [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/l\\_182/l\\_18220070712en00190028.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/l_182/l_18220070712en00190028.pdf)> Acesso em: 12 de outubro de 2007.
- Esmay ML (1974) Principles of animal environment. West port; AVI, 2. 325 p.
- Ferreira RA (2005) Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, Aprenda fácil. 371 p.
- HFAC - Humane Farm Animal Care (2006) Padrões do HFAC para a produção de frangos de corte. Disponível em: < [http://www.certifiedhumane.com/pdfs/Std04.Broilers.3A\\_po..pdf](http://www.certifiedhumane.com/pdfs/Std04.Broilers.3A_po..pdf) >. Acesso em: 07 de março de 2007.
- Lima AMC, Nãas IA, Baracho MS & Miragliotta MY (2004) Ambiência e bem-estar. In: mendes, AA; Nãas IA & Macari M (Eds) Produção de frangos de corte. Campinas, FACTA. p. 37-54
- Macari M & Furlan RL (2001) Ambiência na produção de aves de corte. In: Silva, IJO. Ambiência na produção de aves em clima tropical. Piracicaba, FUNEP. p. 51-87.
- Medeiros CM, Baêta FC, Oliveira RFM, Tinôco IFF, Albino LFT & Cecon PR (2005) Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. Engenharia na agricultura, 13:277-286.
- Mendes AA & Patricio IS (2004) Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. In: Mendes A A, Nãas IA & Macari M (Eds.) Produção de frango de corte. Campinas. FACTA. p. 324 - 335.
- Midwest Plan Service (1990) Mechanical ventilating systems for livestock housing. Ames, Iowa: Iowa State University. 72 p.
- Normas Regulamentadora - NR15 (1990) Anexo nº 11, agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho (115.015-4 / I.). Revogado pela Portaria nº 3.751, de 23-11-1990 (DOU 26-11-90).
- Piasentin JA (1984) Conforto medido pelo índice de temperatura de globo negro e umidade relativa na produção de frangos de corte para dois tipos de pisos em Viçosa, MG. Dissertação de mestrado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 98p.
- Ronchi C (2004) Principais práticas de manejo para aves recém nascidas. In: Aveworld, dez / jan de 2004. Disponível em: [hms.alltech.com/brasil/artigos/pics/artigo02.pdf](http://hms.alltech.com/brasil/artigos/pics/artigo02.pdf)
- Tinôco IFF (2001) Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. Revista Brasileira de Ciências Avícolas, 3:1-26.
- Tinôco IFF (2004) A granja de frangos de corte. In: Mendes A A, Nãas IA & Macari M (Eds.) Produção de frangos de corte. Campinas. FACTA. p. 55-84.
- Whates CM (1999) Strive for clean air in your poultry house. World Poultry, 15:17-79.