

ALEXANDRE KLUGE PEREIRA

FATORES TÉRMICOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DO AR NO
DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM
ALTA DENSIDADE SOB SISTEMAS DE VENTILAÇÃO POSITIVA.

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

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

T

P436f
2006

Pereira, Alexandre Kluge, 1965-

Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva / Alexandre Kluge Pereira. – Viçosa : UFV, 2006. xix, 76f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 52-57.

1. Construções rurais - Aspectos ambientais.
 2. Frango de corte - Instalações - Aquecimento e ventilação.
 3. Frango de corte - Registros de desempenho.
 4. Ar - Controle de qualidade.
 5. Qualidade ambiental.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.2

ALEXANDRE KLUGE PEREIRA

FATORES TÉRMICOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DO AR NO
DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM
ALTA DENSIDADE SOB SISTEMAS DE VENTILAÇÃO POSITIVA.

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

APROVADA: 22 de agosto de 2006.

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Co-orientador)

Profª. Cecília de Fátima Souza

Prof. Fernando da Costa Baêta

Profª. Regina Célia Santos Mendonça

Profª. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Orientadora)

A DEUS, por seu imenso amor e por dar-me condições para realização de mais um grande sonho.

A Santa Rita de Cássia por amparar-me em todos os momentos de minha vida.

OFEREÇO

Aos meus pais, Velcy e Francisco, pelos ensinamentos de vida...

Aos meus irmãos Andréa e Adriano, pela amizade...

A Joesse, minha amada esposa, grande amor da minha vida, amiga, companheira e cúmplice dos meus erros e acertos, exemplo de dedicação à família, aos estudos, a mim, pelo amor incondicional, carinho, respeito, minha maior incentivadora em todas as horas e quem me auxiliou e contribuiu de todas as formas possíveis para que este sonho pudesse ser concretizado, fazendo parte de mais esta conquista.

DEDICO

...Me leva amor,
Por onde for quero ser seu par...
(Paulinho Tapajós, Danilo Caymmi e Edmundo Souto)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença e proteção constantes no meu dia a dia.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

À Escola Agrotécnica Federal de Ceres, pela oportunidade de treinamento concedida.

À empresa Rivelli Alimentos LTDA, nas pessoas dos senhores Carlos Rivelli e Antonio Marcos de Andrade, pela oportunidade de realização do experimento em suas instalações, viabilizando a concretização do trabalho e o intercâmbio da pesquisa e sua aplicabilidade no setor produtivo.

À professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pela orientação, amizade, confiança durante o desempenho deste trabalho, por acreditar num ilustre desconhecido, desvendando-me o universo da ambiência animal e sua aplicabilidade como importante ferramenta de análise da qualidade na cadeia produtiva.

Ao professor Jadir Nogueira da Silva pela contribuição, aconselhamento e sugestões na condução deste trabalho.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelos aconselhamentos, sugestões, atenção sempre que se fez necessário, por ajudar-me a compreender o SAEG, e decifrar as informações contidas em meus disquetes.

Aos professores Cecília de Fátima Souza e Fernando da Costa Baêta, pelos ensinamentos, sugestões durante o desenvolvimento do trabalho e participação da banca de defesa de tese.

À Professora Regina Célia Santos Mendonça, pelas sugestões oportunas na melhoria deste trabalho e participação da banca de defesa de tese.

Ao estagiário Daniel, pela ajuda na montagem e coleta dos dados.

Aos mestres, pela contribuição na formação da minha cidadania.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela ajuda e suporte dispensados.

A todos os colegas da pós-graduação, do Ambiagro, pela amizade, companheirismo sempre presente.

Aos amigos Socorro, Nathália, Selene, Nédio e Paulo Henrique pela amizade e agradável convivência.

A Eliane, José Antônio, Gabriel, Guilherme, “Tiquinho” e Dó, pela convivência agradável.

Aos amigos Ruth, Moacil, Nádia, Adriana e Douglas, pela amizade incondicional.

A Terezinha e Welington, pela amizade, conselhos, respeito e por serem grandes incentivadores para realização deste trabalho.

À minha família, pelo carinho, respeito e consideração; especialmente à minha mãe, Velcy, pelo amor dedicado aos filhos, em especial a mim, com seus exemplos valiosos de honestidade, perseverança, superação como pessoa, profissional e principalmente como mãe que, para mim, sempre foi, é e será.

À família da minha esposa, pelo incentivo, respeito e consideração, em especial a D^a Ziláh pelo constante carinho e orações sempre dispensados a mim e a Joesse.

Às minhas sobrinhas Joés, Samara e Ana Lara, por serem tão carinhosas, dedicadas, pela alegria e esperança que sempre me transmitiram, tornando a vida mais alegre.

À Joesse, minha eterna namorada, que abrilhanta minha vida, sempre disponibilizando de sua amizade, atenção, carinho, sinceridade e ainda por sugestões durante o período deste trabalho.

Àqueles que por ventura não foram citados, mas que direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE TABELAS.....	XIII
RESUMO.....	XVI
ABSTRACT.....	XVIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Panorama da avicultura brasileira.....	3
2.2. A ave e o ambiente.....	4
2.3. Acondicionamento térmico das instalações avícolas.....	6
2.3.1. Sistema de ventilação positiva em modo túnel.....	7
2.3.2. Sistema de ventilação positiva lateral.....	8
2.4. Bem-estar animal.....	10
2.5. Qualidade do ar.....	11

2.6. Índices de ambiente térmico	14
2.6.1. Índice de temperatura de globo negro e umidade	14
2.6.2. Carga térmica radiante	17
2.6.3. Umidade relativa do ar	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Características das construções	19
3.2. Características dos sistemas de acondicionamento de ambiente.....	20
3.2.1. Sistema de ventilação positiva lateral	20
3.2.2. Sistema de ventilação positiva em modo túnel.....	20
3.3. Manejo das aves nos galpões experimentais	23
3.4. Manejo dos sistemas de acondicionamento de ambiente.....	23
3.4.1. Sistema de ventilação lateral.....	23
3.4.2. Sistema de ventilação em modo túnel.....	23
3.5. Instrumentos e medições	24
3.5.1. Interior dos galpões	24
3.5.1.1. Temperatura de globo negro	24
3.5.1.2. Temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido	25
3.5.1.3. Velocidade do ar	27
3.5.1.4. Temperatura máxima e mínima	27
3.5.2. Área externa aos galpões.....	27
3.6. Índice de conforto térmico.....	28
3.7. Qualidade do ar	29
3.8. Avaliação do desempenho das aves	30
3.9. Análise Estatística.....	31
3.9.1. Análise dos índices de conforto térmico	31
3.9.2. Análise da qualidade do ar	31
3.9.3. Análise de desempenho animal	31

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Avaliação dos índices conforto térmico ambiente	32
4.1.1. Temperatura bulbo seco.....	34
4.1.2. Umidade relativa	36
4.1.3. Índice de temperatura de globo negro e umidade	37
4.1.4. Carga térmica radiante	39
4.2. Avaliação da qualidade do ar.....	41
4.2.1. Análise da concentração de amônia	42
4.2.2. Análise da concentração de dióxido de carbono	45
4.2.3. Análise da concentração de monóxido de carbono	46
4.3. Avaliação do desempenho das aves	47
4.3.1. Peso vivo, ganho de peso e taxa de mortalidade.....	47
4.3.2. Consumo de ração	48
4.3.3. Conversão alimentar	49
5. CONCLUSÕES.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
7. APÊNDICE.....	58

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 01 Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em relação à de temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura globo e umidade (ITGU), presentes em galpões avícolas.....	33
Quadro 02 Valores médios de temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para os dois tipos de sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em galpões avícolas, no mês de março de 2005.....	33
Quadro 03 Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em relação à carga térmica radiante (CTR), presentes em galpões avícolas.	39
Quadro 04 Valores médios de carga térmica radiante (CTR) para os dois tipos de sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em galpões avícolas, no mês de março de 2005.	40

Quadro 05	Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em relação à concentração de gases de amônia (NH ₃), dióxido de carbono (CO ₂) e monóxido de carbono (CO), presentes em galpões avícolas.	42
Quadro 06	Valores médios dos gases de amônia (NH ₃), dióxido de carbono (CO ₂) e monóxido de carbono (CO), para os sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), nas duas alturas (30 cm e 170 cm) e horários observados (09:00 e 15:00 horas).	43
Quadro 07	Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em relação ao peso vivo (PV), ganho de peso (GP) e taxa de mortalidade (TM) nas três semanas de observação de galpões avícolas.....	47
Quadro 08	Valores de peso vivo (kg/ave) para a respectiva densidade utilizada e produção obtida ao final dos 42 dias de vida das aves, para os sistemas de ventilação positiva em modo túnel e lateral.	48
Quadro 09	Consumo de ração (kg/ave), durante os 42 dias de vida das aves, nos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL).	49
Quadro 10	Valores médios de conversão alimentar (CA), obtidos no período de 42 dias de vida das aves, submetidas aos dois sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL).	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01A Vista interna do galpão equipado com sistema de ventilação lateral, mostrando a disposição dos ventiladores.....	21
Figura 01B Vista interna do galpão equipado com sistema de ventilação em modo túnel, mostrando a disposição dos ventiladores.....	21
Figura 02 Disposição dos ventiladores e das linhas de nebulização para os dois sistemas de arrefecimento de temperatura, a saber: A : Sistema de Ventilação Lateral e B : Sistema de Ventilação em modo Túnel.....	22
Figura 03 Vista interna do galpão com a instalação dos instrumentos de aquisição de dados.....	25
Figura 04 Esquema da disposição dos instrumentos (globo negro: ● e datalogger: ▲) no interior dos galpões avícolas, para coleta de dados na fase de pós-aquecimento, ao longo do período experimental.....	26
Figura 05 Vista do abrigo meteorológico instalado próximo ao galpão para a coleta de dados, visando caracterização do ambiente externo.....	28
Figura 06 Coleta de dados para análise de gases (amônia e dióxido de carbono) no interior do galpão.....	30
Figura 07 Estimativa dos valores de temperatura de bulbo seco (Tbs), em função dos horários de observação, para os ambientes interno (SVT e SVL) e externo.....	34

Figura 08	Estimativa da umidade relativa do ar (UR %), em função dos horários de observação, para os ambientes interno (SVT e SVL) e externo.....	36
Figura 09	Estimativa do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), para os ambientes interno (SVT e SVL) e externo, em função dos horários de observação.	38
Figura 10	Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em função dos diferentes horários de observação, para os ambientes interno e externo.	40

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 01 Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva em túnel (SVT), na primeira semana experimental.....	59
Tabela 02 Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva em túnel (SVT), na segunda semana experimental.....	61
Tabela 03 Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva em túnel (SVT), na terceira semana experimental.	63

Tabela 04	Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva lateral (SVL), na primeira semana experimental.	65
Tabela 05	Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva lateral (SVL), na segunda semana experimental.	67
Tabela 06	Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva lateral (SVL), na terceira semana experimental.	69
Tabela 07	Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o ambiente externo, na primeira semana experimental.	71

Tabela 08	Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o ambiente externo, na segunda semana experimental.....	73
Tabela 09	Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o ambiente externo, na terceira semana experimental.....	75
Tabela 10	Valores diários e médias semanais da temperatura máxima, mínima e amplitude térmica registradas no exterior dos galpões, durante o período experimental.	76

RESUMO

PEREIRA, Alexandre Kluge Pereira, Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2006. **Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva.** Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-orientadores: Paulo Roberto Cecon e Jadir Nogueira da Silva.

Com vistas à otimização do desempenho produtivo do setor avícola, faz-se necessário a correta adequação do ambiente de criação das aves à realidade climática brasileira. Para isto, busca-se planejar sistemas de ventilação adequados que atendam simultaneamente a questões térmicas e questões higiênicas do ambiente de criação. Em razão da questão ambiental e no que diz respeito à questão higiênica, atualmente a qualidade do ar, especialmente o nível de emissão de gases pela atividade de produção animal, tem sido alvo de inúmeras pesquisas em todo o mundo, visando a preservação da vida sobre o planeta. Tendo em vista o exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de dois diferentes sistemas de ventilação positiva: em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), sobre o conforto térmico ambiente, sobre a qualidade do ar e, conseqüentemente, sobre o desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade de alojamento. A pesquisa foi realizada em quatro galpões comerciais, em Barbacena-MG, no período de 10 a 30 de março de 2005, utilizando-se frangos de corte, linhagem "Cobb", na fase pós-aquecimento. O conforto térmico ambiente foi avaliado por: temperatura de bulbo seco (Tbs), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), umidade relativa (UR) e carga térmica de radiação

(CTR). Os valores de Tbs, ITGU, UR foram obtidos em intervalos de 15 minutos, durante as 24 horas do dia; a CTR foi tomada diariamente, das 8:00 às 18:00 horas, em intervalos de duas horas. A qualidade do ar foi avaliada com base em medições diárias instantâneas das concentrações de amônia (NH₃), dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO) em ppm, nas alturas de 0,30 m e 1,70 m, às 9:00 e 15:00 horas. O desempenho produtivo das aves foi avaliado com base no ganho de peso, peso médio, consumo de ração, conversão alimentar e taxa de mortalidade. Verificou-se com base no ITGU, UR e CTR diferença significativa entre os sistemas de acondicionamento ambiente ($P < 0,05$), obtendo-se os maiores valores no sistema de ventilação lateral. Os valores médios das concentrações de NH₃ e CO foram significativamente diferentes ($P < 0,05$) entre os sistemas de ventilação, tanto nas alturas quanto nos horários de observação, apesar destes valores serem menores do que aqueles indicados como críticos. Os valores médios de concentração do CO₂, nos dois sistemas de ventilação estudados, não diferiram significativamente entre si ($P > 0,05$), sendo também inferiores aos limites máximos fixados pela União europeia, para exposição contínua de animais nas instalações. Os dois sistemas de ventilação não influenciaram o desempenho produtivo das aves, garantindo condições satisfatórias para o seu bem estar. Assim, pode-se afirmar que os dois sistemas de ventilação positiva instalados nos galpões avícolas estudados foram eficientes para manutenção do conforto térmico ambiente e qualidade do ar, favorecendo assim um desempenho animal satisfatório.

ABSTRACT

PEREIRA, Alexandre Kluge Pereira, M.S. Universidade Federal de Viçosa, August, 2006. **Environmental thermic factors and air quality on productive performance of broilers created under high density of positive ventilation systems.** Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco. Co-Advisers: Paulo Roberto Cecon and Jadir Nogueira da Silva.

In order to improve the productive performance of poultry, it's necessary to adjust the ambient of poultry creation to the Brazilian climate. For this reason, there's need to plan adequate ventilation systems that solve simultaneously thermic and hygienic matters of ambient for creation. On account of environmental matters and concerns of hygienic questions, especially the gas emission level from animal production, nowadays air quality is an issue of several researches all over the world about preservation of living on the planet. Thus this work has the objective to evaluate the effect of two positive ventilation systems: tunnel way (SVT) and side way (SVL), about thermic comfort ambient, air quality and consequently productive performance of commercial broilers created under high density in the unit. This work was realized using four broilers houses in Barbacena, MG, in the period of March 10 to 30, 2005. It was used broilers of the race "Cobb", in the post-heating phase. The thermic comfort ambient was evaluated by temperature of bulb dry (Tbs), temperature rate of black globe and humidity (ITGU), relative humidity (UR) and thermic charge of radiation (CTR). The values for TBS, ITGU, UR were obtained with intervals of 15 minutes during 24 hours/day; CTR were obtained from 08 to 18:00 hours daily, with intervals of 2 hours. Air quality was evaluated based on instantaneous daily measurements of

ammonia concentrations (NH_3), carbon dioxide (CO_2) and carbon monoxide (CO) in ppm, in the heights of 0,30 and 1,70 m at 9:00 and at 15:00 o'clock. The productive performance of commercial broilers was evaluated based on weight gain, average weight, food consumption, food conversion and mortality rate. The analyses based on ITGU, UR and CTR showed a meaningful difference between the systems of housing conditions ($P < 0,05$) resulting in the highest value for side system. The average values of NH_3 e CO concentrations were meaningfully different ($P < 0,05$) between the ventilation systems such for height as observation time, in spite of these values had been lower than those indicated as critical. The average values of CO_2 concentration on both systems didn't differ meaningfully from each other ($P > 0,05$), which were lower than the maximum stated by European Union for continuous exposure of animals in units. Both systems didn't influenciate the productive performance of poultry what warranted satisfactory conditions to its welfare. Thus it shows that both positive ventilation systems installed on those intensive poultry units were efficient to maintain a thermic comfort ambient and air quality what promotes a satisfactory animal performance.

1. INTRODUÇÃO

A indústria avícola brasileira, nos últimos anos, tem apresentado extraordinário desenvolvimento. As exportações, no último quinquênio, cresceram em média 20 % ao ano e, em 2004, o Brasil assumiu a liderança absoluta nas exportações mundiais de carne de frango, detendo 42,8 % do mercado internacional (ABEF, 2005).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, cuja produção de 2005 subiu para 9,348 milhões de toneladas, volume 11,18 % superior a 2004, o que permitiu um consumo *per capita* de 35,4 kg por habitante, representando assim um crescimento de 4,69 % em relação a 2004, constituindo-se de uma área promissora e em expansão (ABEF, 2005). Existe uma previsão de que ao final do ano de 2006, o Brasil venha a produzir 9,700 milhões de toneladas de carne de frango (ABEF, 2006).

Entretanto, visando a otimização do desempenho produtivo do setor avícola, torna-se necessária a correta adequação do ambiente de criação das aves à realidade climática brasileira. Assim, nos últimos anos, houve grande avanço no pensamento e na atitude da indústria avícola do país com relação às técnicas de alojamento e, efetivamente, ao ambiente de criação de aves. Esta evolução surgiu com a perspectiva do processo de globalização que hoje movimenta a economia mundial, forçando o incremento agressivo da competitividade como forma de garantir a sobrevivência no mercado. Desta forma, a avicultura nacional teve que se adaptar rapidamente a uma situação onde cada empresa ou integração deve tomar decisões relativas à adoção de concepções arquitetônicas e de manejos inovadores, associados ao sistema de acondicionamento

térmico compatíveis com a realidade climática e econômica de cada região e unidade, visando a crescente exigência por condições de bem-estar animal (TINÔCO, 2003). Essas decisões incluem sempre a utilização de ventilação forçada no arrefecimento térmico dos galpões avícolas, com destaque a sistemas de ventilação positiva lateral ou em modo túnel, sistemas estes merecedores de maiores investigações comparativas.

Simultaneamente, faz-se necessário a determinação e a quantificação de poluentes aéreos em instalações de aves e suínos, bem como estudos para compreender a interação desses gases com o ambiente térmico da edificação, com o desempenho produtivo animal e com a saúde dos animais e dos trabalhadores. Sabe-se que a demora em obter e organizar tais informações de forma científica poderá, num futuro próximo, prejudicar a participação do Brasil no mercado avícola internacional, uma vez que alguns mercados internacionais atendidos pelo Brasil vêm sinalizando a importância de tais informações.

Em vista ao exposto, é importante que se realizem avaliações quanto à influência dos diferentes sistemas de ventilação forçada no conforto térmico ambiente de galpões avícolas e na concentração de gases emitidos. Estas informações poderão viabilizar, no futuro, um inventário completo sobre emissão de gases gerados nas atividades avícolas em nível nacional, gases estes que podem afetar a salubridade dos trabalhadores, o bem-estar animal e o equilíbrio do planeta.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois diferentes sistemas de ventilação positiva (em túnel e lateral), instalados em galpões avícolas comerciais, quanto ao conforto térmico ambiente e à qualidade do ar e, conseqüentemente, o desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade de alojamento, visando adequar às condições de bem estar animal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Panorama da avicultura brasileira

De acordo com o relatório de desempenho das exportações de carne de frango durante o ano de 2005, o Brasil exportou 2,845 milhões de toneladas, traduzindo-se em um crescimento de 15 % sobre o total exportado no ano anterior, possibilitando uma receita cambial 35 % superior a 2004. Os principais mercados consumidores da carne de frango brasileira, neste período, foram o Oriente Médio, Ásia e União Européia (ABEF, 2006).

Segundo TURRA (2006), para a moderna avicultura brasileira, a exportação é como o alicerce de uma casa, uma vez que é neste parâmetro que ela se sustenta e abriga todas as condições para atender ao mercado interno. É no mercado internacional que se obtém os melhores preços e rentabilidade.

De acordo com a ABEF (2005), o Brasil nos próximos anos sofrerá forte pressão da concorrência internacional, assustada com o crescimento das exportações brasileiras. Para manter a posição conquistada a nível mundial, a cadeia produtiva deverá priorizar o plano nacional de sanidade avícola, elevando os padrões de exigência dos níveis de qualidade e segurança alimentar para certificações de exportadores e, também, para o frango consumido no mercado interno. Diante dessa necessidade, estudos sobre ampliação qualitativa, com seguridade na cadeia alimentar, visando o ambiente animal têm sido desenvolvidos.

2.2. A ave e o ambiente

Para SILVA (2000), o ambiente pode ser resumido como sendo o conjunto de tudo o que afeta a constituição, o comportamento e a evolução de um organismo e este será sempre consequência do ambiente em que vive. Os principais fatores causadores de efeitos sobre a produção animal são: temperatura, umidade, radiação e vento, que constituem o ambiente térmico animal. Deve-se pois, ao projetar-se a instalação, buscar amenizar os efeitos extremos destes fatores.

A caracterização do ambiente térmico animal pode ser feita por meio de uma única variável, chamada de temperatura efetiva. Para determinada faixa de temperatura efetiva ambiental, o animal mantém constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios. É a chamada zona de conforto térmico ou de termoneutralidade, em que não há sensação de frio ou calor e o desempenho do animal em qualquer atividade é otimizado (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Para NÃÃS (1994), o conceito de conforto térmico é muito amplo e está diretamente relacionado ao microclima gerado dentro da instalação, que é naturalmente influenciado pelas condições climáticas externas. As condições climáticas variam de acordo com a localização de determinada região, ou com a existência de variações no período de 24 horas. Como as variáveis ambientais não são estáticas, as instalações não devem ser iguais para regiões diferentes.

Entretanto, segundo BAÊTA e SOUZA (1997), o ambiente interno de uma instalação é dependente 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 por aqueles que visam o acondicionamento ambiental. Visando atender as necessidades microambientais dos animais de forma a que os mesmos possam expressar seu máximo desempenho produtivo, pode-se realizar modificações ambientais primárias e secundárias. As modificações primárias incluem proteção contra a exposição direta aos raios solares,

quebra-ventos, proteção contra a chuva, dentre outros, enquanto as modificações secundárias correspondem ao manejo do microambiente interno, compreendendo processos artificiais de ventilação, aquecimento e refrigeração, isolados ou conjugados.

A característica mais utilizada por pesquisadores na determinação da zona de termoneutralidade das aves de corte, é a idade das mesmas. Com o desenvolvimento do sistema termorregulador e o aumento de sua reserva energética, a ave modifica sua exigência de temperatura crítica superior de 35 °C para 24 °C em quatro semanas, chegando a 21 °C na sexta semana de vida, período próximo ao abate. Entretanto, nesta fase, a temperatura corporal dos frangos adultos na zona termoneutra é de 41 °C. De maneira geral, aves adultas, com cinco semanas de idade, sobrevivem a temperaturas ambientais de 27 °C a 32 °C, sem problemas com o nível de umidade relativa ao qual estão sendo submetidas, contudo, sofrem grandes prejuízos em sua *performance* produtiva. Entretanto, sob temperaturas ambientais maiores que 32 °C e taxas de umidade relativa superiores a 75 %, as aves são severamente estressadas e o óbito é eminente, dependendo da durabilidade do período de desconforto (MOURA, 2001).

Segundo TINÔCO (2003), para manter a competitividade e atender à crescente demanda de consumo do produto, torna-se imperativo o aumento da produção de carne de frango, com o mínimo de investimento em construção e a minimização dos custos fixos, como: mão de obra, equipamentos, infra-estrutura de apoio e transportes. Dessa forma, enquanto a realidade atual aponta para uma média brasileira de 11 a 13 aves/m², com modificações ambientais satisfatórias, pode-se obter o máximo de 15 a 18 aves/m² (no caso de alojamentos termicamente menos favoráveis que o ideal ou providos de equipamentos e comedouros mais simples), e de 18 a 22 aves/m² (no caso de galpões termicamente confortáveis e providos de comedouros e bebedouros automáticos).

A alta densidade também pode ser entendida como a obtenção de mais carne de ave por unidade de área construída, podendo-se chegar, ao final da produção, a 40 kg/m². A comunidade européia, contudo, tem

estipulado uma quantidade máxima de 30 kg de carne/m² como exigência à importação do produto (UNIÓN EUROPEA, 2006), o que tem limitado o aumento da densidade avícola brasileira para patamares compatíveis aos mencionados. Valores superiores a 30 kg/m² de carne já são considerados alta densidade.

Do ponto de vista de ambiência, entretanto, deve-se observar que maior número de aves alojadas por área de galpão significa, também, maior dissipação de calor (das próprias aves) por metro quadrado de alojamento, o que poderá gerar sobreaquecimento do ambiente em níveis incompatíveis com o bom desempenho animal. Assim, a criação de frangos de corte em alta densidade nos próximos anos se tornará de extrema importância. Entretanto, devido aos problemas decorrentes do estresse calórico no desempenho avícola, faz-se necessário considerar que a criação em alta densidade só é possível e viável com a utilização de sistemas de condicionamento de ambiente, compatíveis com a realidade climática e com o tipo de instalações avícolas utilizadas em cada região do Brasil (TINÔCO, 2003).

2.3. Acondicionamento térmico das instalações avícolas

Dentre os sistemas de arrefecimento térmico do ambiente de criação existentes, pode-se destacar ventilação simples e ventilação associada à nebulização. Há basicamente dois tipos de sistemas de ventilação: o de pressão negativa e o de pressão positiva.

Sistema de ventilação de pressão negativa: é aquele em que o ar é succionado por exaustores acarretando em vácuo parcial no interior do galpão. Por sua vez, a diferença de pressão gerada entre o interior e o exterior do abrigo succionará o ar externo para o interior da construção.

Sistema de ventilação de pressão positiva: Neste sistema, o ar é forçado por ventiladores de fora para dentro da instalação, ocasionando em aumento da pressão do ar. O gradiente de pressão interno-externo gerado acarretará no deslocamento do ar interno para fora do galpão.

Este sistema, usualmente, é o mais utilizado nas instalações avícolas abertas.

De acordo com TINÔCO (2003), o sistema de ventilação positiva pode ser obtido de várias formas, destacando-se o sistema de ventilação positiva lateral e sistema de ventilação positiva em modo túnel.

Ambos os sistemas de ventilação positiva, em modo túnel e lateral são constituídos por equipamentos que movimentam o ar, sistemas de distribuição do ar e equipamentos de controle de acionamento dos referidos sistemas. Os equipamentos usados para movimentar o ar deverão promover as diferenças de pressão entre o interior e o exterior da instalação. Segundo ABREU e ABREU (2000), estes equipamentos devem ser capazes de movimentar certa quantidade de ar ao nível dos animais; entretanto, a localização e o espaçamento destes são determinantes para o bom desempenho do sistema.

Para a adequada manutenção do ambiente interno, deve-se usar controles apropriados, obtidos pela mudança na capacidade do equipamento de movimentação do ar e a área de entrada e saída do ar (ABREU e ABREU, 2000).

2.3.1. Sistema de ventilação positiva em modo túnel

Este sistema consiste em criar um fechamento lateral do galpão por meio de cortinas bem vedadas, permitindo duas aberturas similares, nas duas extremidades do galpão. 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 de forma a succionar o ar de uma extremidade e levá-lo para fora através da extremidade oposta de modo uniforme. Este sistema criará uma corrente de ar de alta velocidade, chegando a 2,5 m/s, gerando uma sensação térmica para a ave de, no máximo, 6 a 8 abaixo da temperatura registrada no termômetro de bulbo seco (CUNNINGHAM, 1995 e DONALD, 1996).

A principal vantagem do sistema de ventilação em túnel é possibilitar altas velocidades do ar por toda a instalação, não importando as condições de vento, resultando assim, em melhor desempenho das aves devido à redução dos efeitos do estresse calórico (BOTTCHEER et al., 1995).

2.3.2. Sistema de ventilação positiva lateral

Os ventiladores são localizados na lateral do galpão, promovendo o fluxo de ar no sentido da largura do mesmo, de forma a ocorrer um fluxo de ar no sentido da menor dimensão do galpão, succionando o ar externo, injetando-o para o interior e expulsando o ar viciado pelo lado posterior. Os equipamentos devem ser posicionados preferencialmente no sentido do vento dominante, obtendo assim um melhor aproveitamento da ventilação natural. Os ventiladores devem ser posicionados na altura correspondente à metade do pé-direito da construção e com o jato direcionado levemente para baixo. Desta maneira, conseguirão subtrair o ar quente e úmido próximo à região de ocupação das aves. As cortinas permanecerão abertas durante todo tempo em que o sistema estiver funcionando. Para TINÔCO e RESENDE (1997), os ventiladores deverão ser acionados quando a temperatura interna ultrapassar 25 °C, que é considerada como limite superior da zona de conforto para aves adultas.

Um aspecto a ser observado, independente do tipo de ventilação forçada adotada, mesmo quando bem projetada, é que nem sempre este sistema é suficiente para proporcionar um ambiente adequado; pois a temperatura mínima que se poderá obter no interior do galpão será exatamente aquela do ar externo usado na ventilação (TINÔCO, 1996).

Quando ambos os sistemas (ventilação em túnel ou ventilação lateral) forem equipados com um sistema de nebulização, ocorrerá um arrefecimento adicional do ar, por meio do processo evaporativo que, segundo TINÔCO (2003), poderá levar a uma queda na temperatura de até 6 °C.

BAÊTA, MEDEIROS e OLIVEIRA (2000), pesquisando a importância do acionamento do sistema de resfriamento evaporativo, quando a temperatura interna dos galpões estivesse acima de 21 °C e a umidade relativa fosse inferior a 80%, constataram que este acionamento favorece aos animais obterem um maior ganho de peso.

Para TINÔCO (2003), dificilmente se encontram sobre o planeta dois lugares de condições climáticas iguais. Desta forma, não existirá um tipo de instalação avícola que seja ideal no combate ao estresse por calor ou frio, que possa ser adotada em todas as regiões do mundo, pois cada região climática impõe uma exigência própria de arranjos com vistas ao conforto térmico por calor.

ZANOLLA (1998), avaliando o efeito de dois diferentes sistemas de arrefecimento de temperatura (sistema de ventilação em modo túnel e lateral), associados à nebulização interna, sobre o conforto térmico ambiente de galpões avícolas e, conseqüentemente, sobre o desempenho produtivo de frangos de corte de 15 a 42 dias de idade, criados em densidade de 14 aves/m², em condições de verão, na região do Vale do Rio Doce, constatou que ambos os sistemas de ventilação possibilitaram desempenho produtivo satisfatório.

FERREIRA (1996), baseando-se nos índices térmicos ambientais, consumo de energia elétrica e índices zootécnicos, pesquisou o desempenho da ventilação forçada no interior de galpões para frangos de corte, no Município de Igarapé-MG, em função do posicionamento dos ventiladores e orientação do fluxo de ar. Foi verificado que o posicionamento do ventilador na lateral com fluxo de ar transversal ao comprimento do galpão foi o que apresentou melhor desempenho, porém, ressalta-se a influência dos ventos dominantes naturais, com relação ao fluxo de ar, provido pelos ventiladores, o que reforça a necessidade de se posicionar os ventiladores no sentido vento dominante.

Ao avaliar os efeitos da densidade de alojamento sobre o desempenho de frangos de corte criados em sistemas de nebulização e ventilação positiva em modo túnel sobre o conforto térmico ambiente, determinado pelos índices de conforto térmico ambientais e desempenho

zootécnico, criados em três níveis de alta densidade (14, 16 e 18 aves/m²), em condições de verão, na região da Zona da Mata de Minas Gerais, FONSECA (1998) verificou que o sistema de nebulização associado à ventilação positiva em modo túnel permitiu a criação de frangos de corte em alta densidade, sem comprometer os índices de desempenho produtivo das aves.

MATOS (2000), pesquisando o efeito de dois diferentes sistemas de ventilação (túnel e lateral) associados à nebulização interna e aspersão sobre a cobertura, em dois níveis de alta densidade de alojamento, 16 e 18 aves/m², constatou que ambos os sistemas de ventilação mostraram-se eficientes no sentido de manter satisfatórias as condições térmicas no interior das instalações, em relação ao ambiente externo.

2.4. Bem-estar animal

Atualmente, para a produção animal, aspectos como o bem-estar têm sido considerados importantes. Em se tratando da avicultura industrial, há uma crescente preocupação dos países de primeiro mundo com relação ao meio ambiente, às condições em que as aves são criadas, dentre outros. Questões que, em outros tempos, eram deixadas em segundo plano, como: qualidade do ar, bem-estar animal e bem-estar dos operadores e qualidade de vida, hoje, são considerados de vital importância, principalmente, pela União Européia, que é responsável atualmente por 17,7 % das exportações brasileiras de carne de frango (ABEF, 2005).

A União Européia recentemente apresentou uma proposta normativa sobre as regras de bem-estar animal referente à criação de aves (UNIÓN EUROPEA, 2006). O documento prevê o estabelecimento de regras rigorosas, podendo-se citar:

- Exigência de que as explorações não concentrem mais de 30 kg de peso vivo por metro quadrado (m²). Com algumas exceções, poderá chegar até 38 kg de peso vivo m², como no caso de

explorações que for cumprido uma série de exigências extras de bem estar, relativas aos limites de ventilação e temperatura e naquelas que, mediante inspeções, for verificado não existir problemas de bem estar (UNIÓN EUROPEA, 2006).

- A cama dos animais deverá ser mantida seca e limpa, evitando-se contaminações.
- A ventilação, calefação, qualidade do ar e minimização do ruído nas explorações devem ser asseguradas.
- A iluminação deverá apresentar uma intensidade mínima de 20 lux durante o dia e períodos mínimos de obscuridade de oito horas, garantindo quatro horas de escuridão consecutivas.
- Os produtores deverão garantir a inspeção dos animais, pelo menos duas vezes por dia, mantendo registros adequados.
- Os estados-membros devem assegurar a formação dos trabalhadores das explorações avícolas, contemplando, em particular, ensinamentos sobre o bem-estar animal.

2.5. Qualidade do ar

A qualidade do ar, atualmente, tem sido alvo de inúmeras pesquisas em todo o mundo. Este fato se deve, em grande parte, a uma mudança de comportamento por parte do consumidor que, cada vez mais esclarecido, fica mais exigente não somente com a qualidade do alimento, mas também com relação ao custo ambiental gerado pela produção dos mesmos.

Dentre os fatores que podem influenciar a qualidade do ar, os gases são os principais. Muitos deles são odoríferos e, ao entrar em contato com o trato respiratório, são absorvidos a nível de pulmões; sendo então difundidos pelos vasos capilares, possibilitando a ocorrência de uma intoxicação.

Para Morishita (1991, citado por FERREIRA, 2004), o confinamento dos animais em instalações fechadas aumenta a possibilidade de intoxicações por gases, dependendo da concentração existente, sendo os

principais envolvidos a amônia - proveniente da decomposição do ácido úrico e fezes e o monóxido de carbono - proveniente da combustão incompleta de combustíveis em aquecedores.

Segundo FERREIRA (2004), devido à qualidade do ar a que as aves estão expostas no interior dos galpões, durante seu ciclo de vida podem surgir problemas respiratórios. Entretanto, este processo pode ser agravado devido aos gases produzidos tanto nas camas quanto aqueles resultantes da combustão que ocorre nos sistemas de aquecimento.

De acordo com CURTIS (1983), os gases nocivos presentes no ar podem ter efeitos primários e secundários nos animais. Os efeitos primários afetam os tecidos, agindo diretamente sobre o trato respiratório, pele e olhos, enquanto que os efeitos secundários referem-se a reações sistêmicas após o gás ter sido absorvido pelos vasos sanguíneos. O dióxido de carbono possui efeitos secundários metabólicos e respiratórios. A presença de altos níveis desses gases na corrente sanguínea reduz o conteúdo de oxigênio para níveis inferiores aos necessários à vida. A amônia é um gás tóxico, considerado um irritante primário, que pode acarretar efeitos metabólicos secundários, tal como envenenamento.

Visando um melhor desempenho animal, alguns sistemas de ventilação positiva vêm sendo testados. FERREIRA (1996), FONSECA (1998), ZANOLLA (1998) e MATOS (2000) avaliaram esses tipos de sistemas de ventilação positiva, entretanto, não verificaram o efeito dos mesmos na qualidade do ar associado ao desempenho animal. Neste sentido, torna-se fundamental avaliar o nível de concentração de gases poluentes com vistas a atender as exigências do mercado internacional.

Os limites máximos recomendados, em caso de exposição contínua dos animais nas instalações, são: 20 ppm para amônia, 3.000 ppm para dióxido de carbono e 10 ppm para monóxido de carbono. Entretanto, os limites máximos de exposição para humanos, considerando em média oito horas, de acordo com a BRASIL (1978), são: para amônia 25 ppm, dióxido de carbono 5.000 ppm, monóxido de carbono 50 ppm, sulfeto de hidrogênio 10 ppm, dióxido de nitrogênio 3 ppm e poeiras 10 ppm. Se o tempo de exposição for de 15 minutos, esses limites passam a ser de 35,

15.000, 300, 30, 15, 05 e 30 ppm, respectivamente, refletindo desta maneira o risco para a saúde humana, envolvido no processo produtivo avícola, em razão dos gases gerados pela atividade (WHATES, 1999). Desta forma, verifica-se que não apenas os níveis de amônia devem ser monitorados nos ambientes de criação, mas também os de dióxido de carbono, monóxido de carbono e oxigênio, de forma que se possa caracterizar adequadamente a qualidade do ar no interior das instalações.

Geralmente, a concentração de gás carbônico presente no ar atmosférico encontra-se na faixa de 300 ppm. Em instalações avícolas industriais, este gás é produzido pela respiração dos próprios animais, pela queima de combustíveis em sistemas de aquecimento e, em maior quantidade, pela decomposição dos dejetos, porém sua concentração em instalações avícolas abertas, tal como é o padrão do Brasil, dificilmente atinge níveis que colocam em risco o bem estar animal (FERREIRA, 2004).

MILHAS, BRANTON e LOTT (2004) avaliaram o impacto da concentração de amônia em aves. Durante o período de 0 a 4 semanas de idade, os animais foram expostos a diferentes níveis de amônia 0 (controle), 25, 50, e 75 ppm. Os autores observaram um peso médio final entre 6 e 9 % significativamente menor para os tratamentos com concentrações de 50 e 75 ppm de amônia, quando comparados com 0 ppm. O índice de mortalidade foi significativamente maior em ambientes a 75 ppm de amônia, quando comparado a ambientes com ausência do gás. O rendimento de carcaça por ave foi ligeiramente menor com a crescente exposição a amônia, embora este diferencial não tenha sido estatisticamente significativo. Este experimento demonstrou que concentrações elevadas de amônia inibem o desempenho das aves.

A questão relativa à poluição do ar foi discutida na reunião de Kioto, Japão, em 1997, onde vários países participantes, inclusive o Brasil, se comprometeram a não poupar esforços na redução efetiva da emissão de gases poluentes, incluindo aqueles provenientes da produção animal. Os princípios desta convenção foram normatizados no documento denominado Protocolo de Kioto.

A avaliação das emissões de poluentes aéreos pelas instalações de produção animal tem sido objeto de estudo de muitas pesquisas (MENEGALI, 2005; CORDEIRO, 2003; MIRAGLIOTTA, et al., 2002), que têm buscado dimensionar o volume da emissão de diversos poluentes originados dessas instalações, visando aprimorar as técnicas de coleta de dados, bem como os efeitos dos poluentes sobre a saúde animal e dos humanos que transitam em tais instalações. Entretanto, para estimar o quanto a produção brasileira de animais representa em termos de poluição ambiental aérea, ou ainda, estimar as condições de salubridade dos trabalhadores de granjas comerciais, é necessário conhecer os poluentes aéreos existentes nestas granjas. Segundo NÃÃS (2004), apesar das pesquisas em andamento, ainda falta muita informação sobre a qualificação, a quantificação, a distribuição e os efeitos dos poluentes aéreos, principalmente em edificações abertas de climas quentes.

2.6. Índices de ambiente térmico

A temperatura do ar, possivelmente, é um dos fatores bioclimáticos que mais podem influenciar o ambiente físico animal (McDOWELL, 1975). Apesar da temperatura do ar ser de extrema importância, esta variável isoladamente não é suficiente para avaliar as condições térmicas ambientais que influenciam o processo fisiológico do mesmo. Para se ter uma avaliação mais completa do ambiente térmico ao qual o animal está submetido, deve-se avaliar além da temperatura, fatores como a umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do ar. Esta avaliação é importante devido à atenção que vem sendo dispensada ao conforto térmico animal, devendo sempre ser feita nas instalações zootécnicas durante o período de criação, nas diferentes estações do ano e localidades.

2.6.1. Índice de temperatura de globo negro e umidade

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), segundo BUFFINGTON et al. (1981), considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar. Este índice é usado para avaliar as condições de conforto animal e pode ser representado pela seguinte expressão (Equação 1):

$$\text{ITGU} = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

ITGU = Índice de Temperatura de Globo e Umidade, adimensional;

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

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera de cobre, com 0,15 m de diâmetro e 0,0005 m de espessura, pintada externamente com tinta fosca, contendo o elemento sensor de temperatura em seu centro.

SOUZA et al. (2002) pesquisaram materiais alternativos para confecção do termômetro de globo negro, onde foram testados globo-termômetros confeccionados com diversos materiais, e concluíram que os globo de plástico do tipo cloreto de polivinila (PVC), oco com 0,115 m de diâmetro e espessura 0,0005 m e o globo de plástico do tipo cloreto de polivinila (PVC), oco com 0,15 m de diâmetro e espessura 0,0005 m, apresentam características físicas semelhantes às do globo de cobre, com relação à absorção da radiação solar; desta forma, representam opções satisfatórias para substituição do globo de cobre na confecção do termômetro de globo negro utilizado em grande escala na montagem de experimentos da área de ambiência animal e vegetal.

Segundo vários autores (TEIXEIRA, 1983; PIASENTIN, 1984; TINÔCO, 1988; FERREIRA, 1996; ZANOLLA, 1998; FONSECA, 1998; MATOS, 1999; SILVA, 2002; MORAES 2002; FERREIRA 2004), o ITGU é um dos índices mais utilizados para expressar o conforto térmico ambiental na produção de frangos de corte em climas tropicais.

TEIXEIRA (1983), pesquisando os índices de conforto térmico para frangos de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, observou que os valores de ITGU variando entre 65,0 e 75,9 da terceira à sexta semana de vida das aves, foram satisfatórios para a produção avícola.

PIASENTIN (1984), pesquisando índices de conforto para dois tipos de pisos suspensos na região de Viçosa, observou que valores de ITGU variando entre 65,0 e 77,0 para o período de quatro a sete semanas, não influíram na produção das aves.

TINÔCO (1988), pesquisando resfriamento adiabático na produção de frangos de corte, na região de Uberaba-MG, verificou que valores de ITGU superiores a 75,0 causam desconforto às aves acima dos quinze dias de vida, sendo que a situação de estresse se agrava à medida que as aves se desenvolvem.

ZANOLLA (1998), pesquisando sistemas de ventilação (túnel e lateral) na produção de frangos de corte em alta densidade (14 aves/m²), observou, em relação ao peso vivo, que as aves criadas com valores máximos de ITGU de 84,2 obtiveram maior peso vivo final do que aquelas aves criadas com valor máximo de ITGU de 84,9; contudo, em ambos os casos, o desempenho foi prejudicado em relação ao que seria obtido em condições de conforto.

SILVA (2002), pesquisando tipos de painéis evaporativos utilizados em galpões avícolas com sistemas de resfriamento adiabático evaporativo do ar, verificou que valores de ITGU superiores a 79,2 indicam que as aves adultas estão em condições de conforto térmico acima da faixa desejável, expressando estresse por calor.

Ao pesquisar sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás, MORAES (2002) constatou que frangos de corte a partir de 21 dias de vida, no horário entre 12 e 16 horas, estiveram em condições de estresse por calor, quando avaliados pelos valores de ITGU que foram superiores a 76.

2.6.2. Carga térmica radiante

O índice de carga térmica radiante (CTR) representa a incidência total de radiação proveniente de todo o ambiente circundante. Segundo ESMAY (1982), a CTR pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\text{CTR} = \sigma (\text{TRM})^4 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

CTR = carga térmica de radiação, em W.m^{-2} ;

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

TRM = temperatura radiante média, em K.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura ambiente de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra para eliminar o efeito de reflexão, com o qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto a do ambiente atual considerado (BOND e KELLY, 1955)

Sendo:

$$\text{TRM} = 100 \times \{[2,51 \times (V)^{1/2} \times (T_{gn} - T_{bs})] + (T_{gn}/100)^4\}^{1/4} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

V = velocidade do ar, em m/s;

T_{gn} = temperatura do globo negro, em K; e

T_{bs} = temperatura de bulbo seco (temperatura do ar), em K.

MORAES (2002), pesquisando sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás, utilizou como parâmetro limite de conforto térmico para aves adultas, CTR com valores de até 450 W.m^{-2} , uma vez que acima deste valor foi constatado que os animais apresentavam sintomas de estresse por calor.

2.6.3. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é um fator climático que auxilia na determinação do conforto térmico do ambiente, podendo constituir-se num fator negativo para produtividade avícola, quando atinge valores muito baixos ou muito altos. Segundo BAIÃO (1995), o principal mecanismo de dissipação de calor pelas aves em temperaturas elevadas, ocorre por evaporação via respiratória; sendo assim, a capacidade da ave para suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Além disto, a alta umidade pode acelerar o processo de decomposição microbiana do ácido úrico, uma vez que a forma dominante de nitrogênio orgânico presente na cama é o íon amônio (NH_4), que é convertido em amônia (NH_3) com a elevação do pH, resultando assim no ambiente em amônia e gás carbônico.

A umidade dos galpões avícolas está presente não apenas no ar ambiente, mas também na cama. Cerca de 60 – 70 % da água ingerida pelas aves é eliminada nas fezes sendo que, em períodos quentes, esta percentagem aumenta ainda mais (MACARI, 1996).

A determinação da umidade relativa do ar pode ser feita por meio de psicrômetros, os quais consistem de dois termômetros idênticos dispostos paralelamente. Um deles tem o bulbo envolvido por um envoltório permanentemente umedecido; este termômetro é conhecido por termômetro de bulbo úmido e o outro sem nenhum envoltório é o termômetro de bulbo seco. Quando o ar não está saturado, a água presente no tecido evapora retirando calor latente que circula o bulbo do termômetro, o que provoca o resfriamento do elemento sensível. O termômetro de bulbo seco mantém-se em equilíbrio com o ar. A diferença de temperatura entre os dois termômetros (depressão psicrométrica) é tanto maior quanto menor for a umidade. Por outro lado, estando o ar saturado, nenhuma perda de calor será detectada e os dois termômetros devem fornecer o mesmo valor de temperatura (ZOLNIER, 1994).

Segundo CURTIS (1983), a depressão psicrométrica varia com a localização geográfica da instalação e com a hora do dia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi conduzida em galpões comerciais da Empresa Rivelli Alimentos LTDA, no município de Barbacena, Minas Gerais, situada na latitude de 21° 15' S e longitude de 43° 46' W, altitude de 1126 metros, no período de 10 a 30 de Março de 2005, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

O clima da região é classificado segundo Köppen como Cwa.

3.1. Características das construções

Foram utilizados quatro galpões similares, de um mesmo núcleo, posicionados lado a lado, com aproximadamente 40 m de afastamento um do outro e orientados no sentido leste-oeste. Os galpões, com as mesmas dimensões e características construtivas, possuem 8 m de largura por 60 m de comprimento (480 m² de área). As muretas laterais têm 0,20 m de altura, e as laterais teladas são protegidas por duplo cortinado de poliuretano. Os forros são de poliuretano, posicionados a 2,9 m de altura a partir do piso, sendo a cobertura em telhas de cimento amianto, sem lanternim, beirais de aproximadamente 1,5 m. A estrutura do telhado é em madeira aparelhada, apoiada em pilares de concreto armado espaçados a cada 2,66 m.

Dois destes galpões foram equipados, aleatoriamente, com sistemas de ventilação positiva lateral (SVL) e dois com sistemas de ventilação positiva em modo túnel (STV). Ambos os sistemas foram dimensionados de maneira a garantir uma velocidade do ar de até 2,5

m/s, ao nível das aves e uma renovação de todo ar do galpão até uma vez a cada minuto.

3.2. Características dos sistemas de acondicionamento de ambiente

3.2.1. Sistema de ventilação positiva lateral

O sistema de ventilação positiva lateral foi constituído por nove ventiladores axiais com diâmetro de 0,95 m e vazão de 300 m³/min, posicionados a 1,5 m de altura do piso e a cada 6 m, dispostos em uma das laterais do galpão, com fluxo de ar no sentido dos ventos predominantes no local (Figura 01 A).

O sistema de nebulização foi formado por duas linhas de nebulizadores, dispostas no sentido do comprimento do galpão, posicionadas próximas à linha dos ventiladores de forma a otimizar o processo de nebulização. Uma das linhas fica na proximidade da linha que acompanha o eixo central do galpão e a outra a 1,0 m da linha dos ventiladores, sendo os bicos nebulizadores colocados a cada 2,5 m (Figura 02 A).

3.2.2. Sistema de ventilação positiva em modo túnel

O sistema de ventilação positiva em modo túnel foi constituído por ventiladores axiais com diâmetro de 0,95 m e vazão de 300 m³/min, posicionados em duas linhas, com o fluxo no sentido do comprimento do galpão e a 1,5 m de altura do piso (Figura 01 B). Nas duas linhas os ventiladores foram posicionados iniciando a 2,0 m do lado frontal do galpão e os seguintes colocados a cada 9,0 m de distância um do outro, totalizando 14 ventiladores. As duas linhas de ventiladores eram afastadas 2,0 m das laterais do galpão e 4,0 m entre si. O sistema de nebulização foi formado por duas linhas de tubulação, dispostas no sentido do comprimento do galpão, posicionadas no sentido do eixo dos

ventiladores, sendo os bicos nebulizadores colocados a cada 2,5 m
Figura 02 B.



Figura 01 A: Vista interna do galpão equipado com sistema de ventilação lateral, mostrando a disposição dos ventiladores.



Figura 01 B: Vista interna do galpão equipado com sistema de ventilação em modo túnel, mostrando a disposição dos ventiladores.

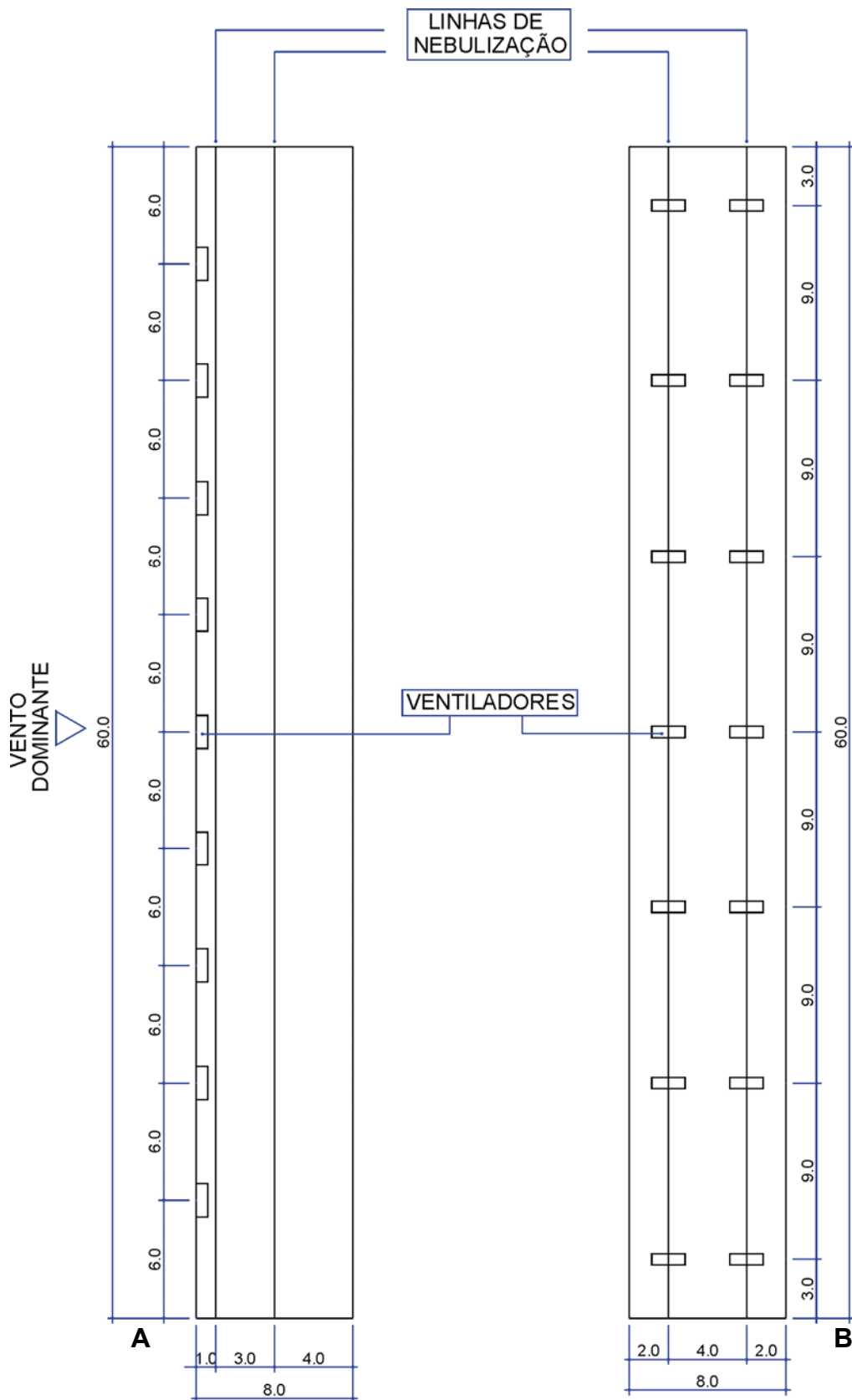


Figura 02: Disposição dos ventiladores e das linhas de nebulização para os dois sistemas de arrefecimento de temperatura, a saber: **A:** Sistema de Ventilação Lateral e **B:** Sistema de Ventilação em modo Túnel

3.3. Manejo das aves nos galpões experimentais

O experimento foi conduzido com frangos de corte dos 21 aos 42 dias de idade (fase pós-aquecimento), da linhagem “Cobb”, utilizando uma densidade de 17,5 aves/m², perfazendo um total de 33.500 aves, machos e fêmeas, divididas proporcionalmente nos quatro galpões. O manejo foi idêntico em todas as instalações.

3.4. Manejo dos sistemas de acondicionamento de ambiente

3.4.1. Sistema de ventilação lateral

Neste sistema, os ventiladores entravam em funcionamento sempre que a temperatura do ar atingia valores iguais ou superiores a 25 °C, pois segundo TINÔCO (1988), esta é a temperatura considerada como aquela situada no limite superior da zona de conforto térmico para aves adultas. Quando a temperatura atingisse 29 °C, o sistema de nebulização deveria ser acionado e mantido em funcionamento até que a umidade relativa atingisse 80 % ou a temperatura atingisse patamares inferiores a 29 °C. Ao atingir umidade superior a 80 %, os nebulizadores eram desligados, mantendo-se apenas os ventiladores em funcionamento.

Este sistema era acionado manualmente, durante o dia (das 08:00 às 18:00 horas), todas as vezes que as condições ambientais de umidade e temperatura do ar permitiam.

3.4.2. Sistema de ventilação em modo túnel

Neste sistema, os ventiladores entravam em funcionamento sempre que a temperatura do ar atingisse valores iguais ou superiores a 25 °C. Até valores de temperatura do ar menores ou iguais a 29 °C, as cortinas eram mantidas abertas e a nebulização desligada.

Quando a temperatura do ar ultrapassava 29 °C, fechavam-se as cortinas e ligava-se simultaneamente a nebulização interna, formando assim o túnel de vento. Este sistema permanecia ligado enquanto a umidade relativa do ar apresentasse valores inferiores ou iguais a 80 %. A partir deste ponto, a nebulização era interrompida e as cortinas abertas saindo das condições de túnel de vento.

Este sistema era acionado manualmente, durante o dia, todas as vezes que as condições ambientais de umidade e temperatura do ar permitiam.

3.5. Instrumentos e medições

Os dados de temperatura de globo negro, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido foram coletados eletronicamente por meio de sistemas de aquisição de dados, com registro automatizado, onde foram utilizados dataloggers da marca HOBOTM, modelo H 08-032-08 e, a partir destes dados, obteve-se os valores de temperatura e umidade do ar e conseqüentemente ITGU, a cada 15 minutos durante todo o período experimental.

Também foi registrado, por 21 dias, diariamente, a cada duas horas, no período de 8:00 às 18:00 horas, valores da velocidade do ar, visando complementar os dados medidos eletronicamente para determinação dos valores de carga térmica radiante nos respectivos horários, nos quatro galpões e na área externa destes.

3.5.1. Interior dos galpões

3.5.1.1. Temperatura de globo negro

No interior dos galpões, foram utilizados termômetros de globo negro, de material plástico do tipo cloreto de polivinila (PVC), oco com 0,115 m de diâmetro e espessura de 0,0005 m (SOUZA et al., 2002),

instalados na altura correspondente ao centro geométrico de massa das aves (Figura 03).

Os dados de T_{gn} foram obtidos através de registros automatizados, onde foi utilizado termistores fixados no interior do globo negro e estes acoplados a dataloggers da marca HOB0®, modelo H 08-006-04 (4 chanel External), com resolução de 0,1 °C e acurácia de 0,7 °C e faixa de mensuração de – 20 °C a 70 °C (Figura 03). As leituras foram realizadas de forma contínua em intervalos de 15 minutos, durante todo o período experimental.

Visando o controle para acionamento dos sistemas, também foram realizados registros manuais, onde no interior de cada globo negro, foi alojado um termômetro de vidro, com escala externa de leitura graduada de -10 a +110 , que permitia a obtenção da temperatura de globo negro em intervalos pré-determinados.



Figura 03: Vista interna do galpão com a instalação dos instrumentos de aquisição de dados.

3.5.1.2. Temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido

Os dados de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido foram obtidos através de dataloggers, de leitura contínua em intervalos de 15

minutos, durante todo o período experimental, nas proximidades de cada um dos globos negros, instalados em três pontos equidistantes dentro de cada galpão, em relação ao comprimento do mesmo (Figura 04).

A partir dos valores de temperaturas, determinou-se a temperatura do ponto de orvalho (T_{po}) e a umidade relativa do ar (UR), para cada horário de observação.

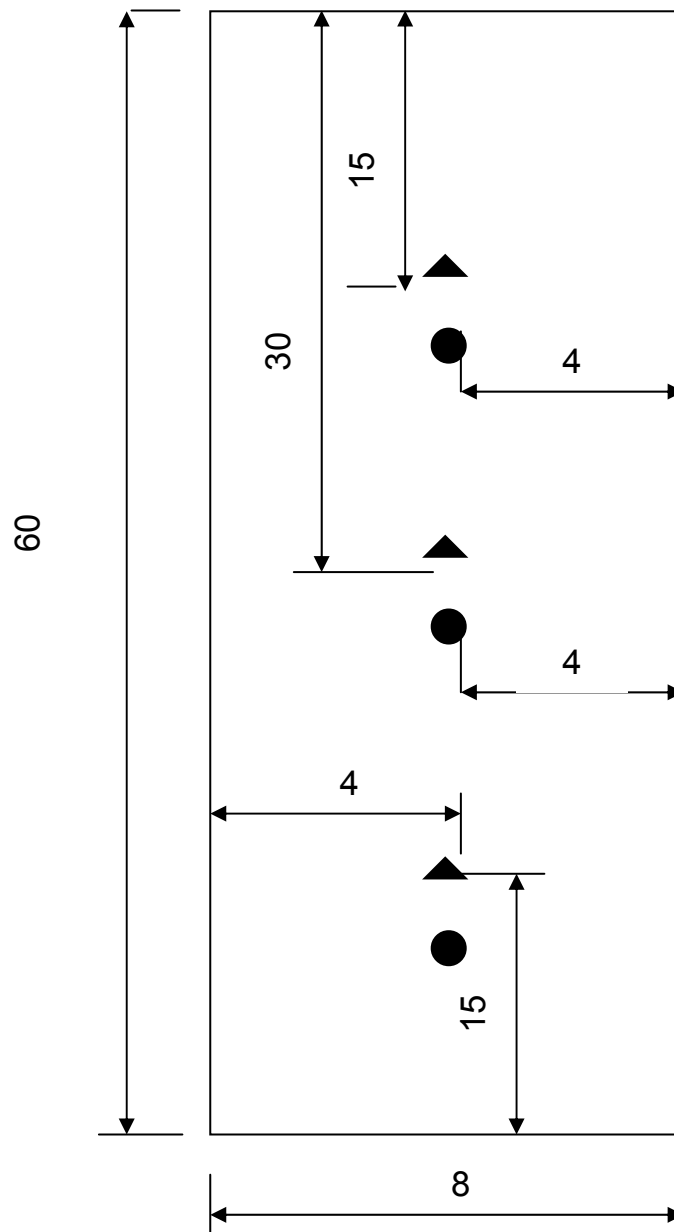


Figura 04: Esquema da disposição dos instrumentos (●: globo negro e ▲: datalogger) no interior dos galpões avícolas, para coleta de dados na fase de pós-aquecimento, ao longo do período experimental.

3.5.1.3. Velocidade do ar

A velocidade do ar foi obtida com o uso de anemômetro digital de conchas da marca LAMBRECHT®, modelo meteo digit I. As leituras foram realizadas nas proximidades de cada um dos 12 globos negros.

3.5.1.4. Temperatura máxima e mínima

Para a obtenção das temperaturas máximas e mínimas, foram utilizados termômetros tipo capela da marca incoterm®, escala -38 °C a 50 °C, divisão de 1 °C, precisão de ± 1 °C, com enchimento de mercúrio, instalados no interior dos galpões, próximo ao globo negro e na área externa ao galpão, dentro do abrigo meteorológico. As leituras foram realizadas diariamente, às 18 horas.

3.5.2. Área externa aos galpões

Os dados externos foram obtidos em abrigo meteorológico posicionado nas proximidades dos galpões experimentais, a uma altura aproximada de 1,5 m com sua parte frontal voltada para o sul (Figura 05).

Os dados foram coletados por um sistema de registro automatizado, onde foram utilizados sensores acoplados a um datalogger da marca HOBO®, modelo H 08-006-04 (4 Channel External), com resolução de 0,1 °C e acurácia de 0,7 °C e faixa de mensuração de - 20 °C a 70 °C. Foram habilitados três canais do datalogger, onde o canal 1 foi utilizado para a mensuração da temperatura de globo negro através de um termistor fixado no interior do mesmo e localizado nas proximidades do abrigo, o canal 2 para a mensuração da temperatura de bulbo seco e o canal 3 para a mensuração da temperatura de bulbo úmido através de um termistor envolvido em um envoltório e este embebido em água. O datalogger foi programado para coletar os dados a cada 15 minutos, continuamente (24 horas por dia), durante todo o período experimental.



Figura 05: Vista do abrigo meteorológico instalado próximo ao galpão para a coleta de dados, visando caracterização do ambiente externo.

3.6. Índice de conforto térmico

Com os dados da temperatura do globo negro, bulbo seco, bulbo úmido e velocidade do ar, foram calculados: umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR).

Os ITGUs foram calculados em intervalos de 15 minutos durante as 24 horas do dia, em cada galpão, utilizando-se os valores observados de temperatura do globo negro, bulbo seco e bulbo úmido e a pressão atmosférica da localidade, aproximadamente 897,00 hPa, na equação 1 (item 2.6.1).

Os valores de CTRs foram calculados a cada duas horas, das 8:00 às 18:00 horas, utilizando-se os valores coletados de temperatura do globo negro, temperatura de bulbo seco e velocidade do ar, nas equações 2 e 3 (item 2.6.2.).

Os valores de UR (%) foram obtidos em intervalos de 15 minutos durante as 24 horas do dia, em cada galpão, utilizando-se os valores coletados das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido.

3.7. Qualidade do ar

A qualidade do ar foi avaliada através de medições diárias instantâneas das concentrações de amônia, monóxido de carbono e dióxido de carbono, em ppm, a 0,30 m (nível respiratório das aves) e a 1,70 m (nível respiratório humano). As medições foram realizadas em dois conjuntos representativos de horários (HINZ e LINKE, 1998) nos 4 galpões, durante todo o período experimental, às 9:00 e às 15:00 horas, alternando aleatoriamente a seqüência de leitura nos galpões. As leituras para cada um dos gases foram realizadas em três pontos diferentes por galpão, sempre próximos aos globos negros.

A coleta de dados de CO₂ foi feita utilizando sensor da marca Testo, modelo 535, de “princípio infravermelho”, com resolução de 1 ppm e acurácia de ± 50 ppm que detecta a concentração instantânea em uma faixa de medição de 0 a 10.000 ppm, cuja célula foi calibrada em empresa cadastrada pelo *inmetro* (Figura 06).

A coleta dos dados de CO foi realizada utilizando sensor da marca Testo, modelo 315-2, de “princípio eletroquímico”, com resolução de 1 ppm e acurácia de ± 1 ppm que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 100 ppm, cuja célula foi calibrada em empresa cadastrada pelo *inmetro*.

As concentrações de NH₃ foram medidas utilizando um sensor da marca Quest, modelo *Safecheck* 100, de “princípio eletroquímico”, com resolução de 1 ppm e acurácia de ± 1 ppm que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 50 ppm, cuja célula foi calibrada em empresa cadastrada pelo *inmetro* (Figura 06).



Figura 06: Coleta de dados para análise de gases (amônia e dióxido de carbono) no interior do galpão

3.8. Avaliação do desempenho das aves

O desempenho animal pode ser avaliado utilizando-se índices zootécnicos. Para avaliar o desempenho das aves foi utilizado os índices zootécnicos semanais de ganho de peso, peso médio, consumo de ração, conversão alimentar e taxa de mortalidade, obtidos durante todo o ciclo produtivo (42 dias). De acordo com ENGLERT (1987) e ALBINO (1998), esses índices são assim definidos:

- *Ganho de Peso*: obtido pela diferença entre o peso vivo das aves ao final e o peso vivo ao início de um período de tempo considerado.
- *Peso Vivo*: obtido pela divisão do peso total das aves amostradas pelo número de aves da amostra.
- *Consumo de ração*: quantidade de ração consumida durante o período considerado, valor este obtido por meio de pesagem.
- *Conversão Alimentar*: relação entre a quantidade de ração consumida e o ganho de peso correspondente ao período considerado. A relação inversa denomina-se eficiência alimentar.
- *Taxa de Mortalidade*: percentagem dos animais mortos durante o ciclo produtivo ou período de tempo considerado.

3.9. Análise Estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando o programa SAEG 7.0 (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

3.9.1. Análise dos índices de conforto térmico

O experimento para análise do conforto térmico (ITGU, CTR e UR) foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os sistemas de ventilação e nas subparcelas os horários, no delineamento em blocos casualizados (D.B.C.) com 3 repetições (semanas). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e análise de regressão. Para o fator qualitativo (tratamentos), as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (semana), os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, adotando-se o nível de 5 % de probabilidade no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{S.Q.Regressão}/\text{S.Q.Horas}$).

3.9.2. Análise da qualidade do ar

O experimento para avaliação da qualidade do ar (CO , CO_2 e NH_3) foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 2 X 2 e nas subparcelas os horários, no delineamento de blocos casualizados (D.B.C.), com 3 repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de F, adotando-se o nível de 5 % de probabilidade.

3.9.3. Análise de desempenho animal

Para as variáveis que compõem o desempenho animal, foi feita análise descritiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação dos índices conforto térmico ambiente

Para avaliação do conforto térmico ambiente foram coletados dados para obtenção de temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (h) observados no interior dos galpões, submetidos aos tratamentos experimentais de sistema de ventilação positiva em túnel (SVT) e ventilação positiva lateral (SVL), e no ambiente externo aos galpões. Além destes dados, foram coletadas as temperaturas máximas e mínimas diárias.

O resumo da análise de variância envolvendo os resultados de temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos sistemas de ventilação positiva em túnel (SVT) e lateral (SVL) e horários observados, encontra-se no Quadro 01.

Quadro 01: Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT), lateral (SVL) e dos horários de observação, em relação à temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU), em galpões avícolas e os coeficientes de variação

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		Tbs	UR	ITGU
Bloco	2	107,4456	711,6642	177,9376
Tratamento	1	0,2053 ^{ns}	16,6656**	2,9951**
Resíduo (a)	2	0,4535	1,1848	0,1248
Horário	47	13,0566**	230,9645**	19,5153**
Horário x Tratamento	47	0,07117 ^{ns}	1,4559 ^{ns}	0,0570 ^{ns}
Resíduo (b)	188	0,286679	6,4822	0,3025
CV (%) parcela		2,89	1,38	0,49
CV (%) subparcela		2,29	3,23	0,77

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios de temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para os dois tipos de sistemas de ventilação, SVT e SVL, encontram-se no Quadro 02.

Quadro 02: Valores médios de temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para os dois tipos de sistemas de ventilação estudados, sistema de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), em galpões avícolas, em março de 2005

Tratamento	Tbs	UR	ITGU
SVT	23,32 ^a	78,55 ^b	71,21 ^b
SVL	23,26 ^a	79,03 ^a	71,41 ^a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

4.1.1. Temperatura bulbo seco

De acordo com o Quadro 01, verifica-se que os valores de Tbs não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (SVT e SVL) e na interação horário x tratamentos. Contudo, os valores de Tbs variaram significativamente ($P < 0,01$) entre os horários de observação.

Para estudar o efeito das horas de observação sobre os valores medidos de Tbs, para o ambiente interno de ambos os sistemas de condicionamento e ambiente externo, testou-se modelos de regressão, e o que melhor explicou o ajuste dos dados obtidos foi o modelo cúbico.

A Figura 07 ilustra o comportamento dos valores estimados da Tbs, dos ambientes interno (SVT e SVL) e externo, em função dos horários de observação.

De acordo com a equação de regressão ajustada para estes valores, observa-se que os valores de Tbs do ambiente interno atingiram o ponto máximo às 15 horas e 18 minutos (918,57 minutos), decrescendo a partir daí.

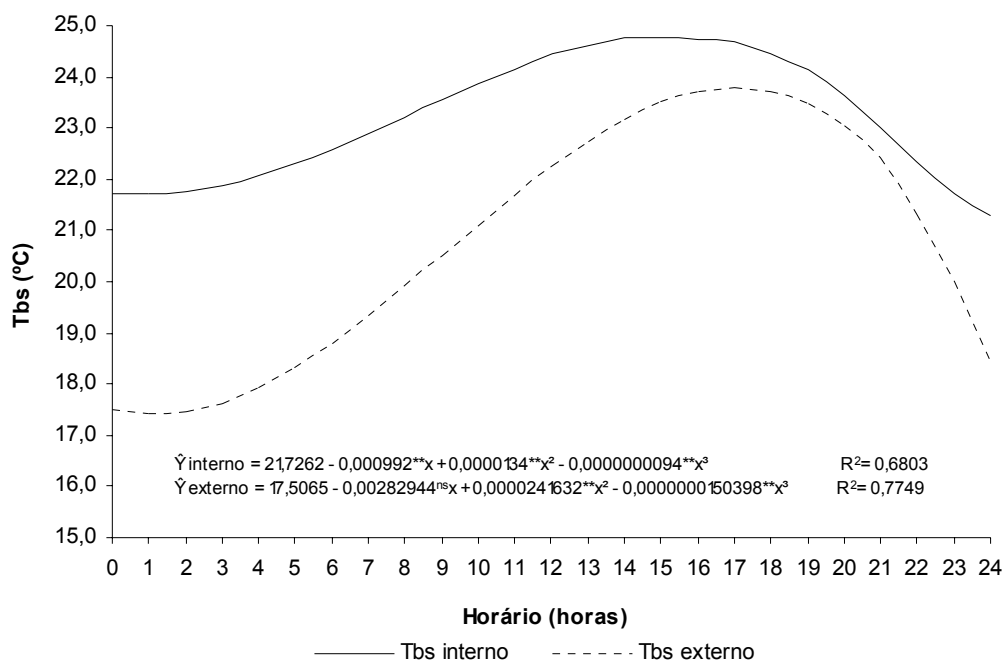


Figura 07: Estimativa dos valores de temperatura de bulbo seco (Tbs), em função dos horários de observação, para os ambientes interno (SVT e SVL) e externo.

Segundo BAÊTA e SOUZA (1997), a radiação solar é transformada em calor, que, por meio de processos diversos, é transferido para o ambiente, produzindo alterações na temperatura. Essas alterações seguem um ciclo característico senoidal durante as horas do dia. Os valores de máximo e mínimo das senóides variam de local para local, em função da latitude, clima e topografia local.

Dessa forma, o fato do valor máximo estimado de T_{bs} interna ter atingido, em média, 24,83 °C, às 15 horas e 18 minutos (918,57 minutos), pode ser atribuído ao horário de maior incidência de radiação solar nos galpões avaliados. Considerando-se que, segundo MORAES (2002), 26 °C é o ponto limite para conforto térmico das aves e que a média máxima estimada de T_{bs} interna encontrada neste trabalho foi de 24,83° C, pode-se inferir que as aves avaliadas, estatisticamente, não estiveram submetidas ao estresse térmico. Este fato pode ser explicado pelas condições climáticas amenas durante todo o período experimental (10 a 30 de março de 2005).

Os valores ajustados de T_{bs} para o ambiente externo, apresentaram comportamento semelhante àqueles encontrados no ambiente interno. O ponto de máxima temperatura externa ocorreu às 14 horas e 48 minutos (888,31 minutos), com valor estimado de 23,5. Porém, a amplitude térmica no ambiente externo foi maior que a apresentada pelo ambiente interno.

O fato da amplitude térmica ter sido menor que a amplitude externa pode ser atribuído ao tipo de cobertura utilizada nas instalações zootécnicas, pois segundo TINÔCO (1996) e ZANOLLA (1998), para as condições brasileiras, o sombreamento por meio de coberturas pode favorecer a redução da troca de calor por radiação. Assim, pode-se inferir que o alojamento contribuiu de forma significativa para redução da amplitude térmica, favorecendo o bom desempenho das aves.

4.1.2. Umidade relativa

De acordo com os dados do Quadro 01, observa-se que, apesar da interação entre os tratamentos e horários não ter tido efeito significativo ($P>0,05$), a umidade relativa do ar variou tanto com o horário de observação quanto com o tipo de sistema de ventilação ($P<0,01$).

Para este parâmetro, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados obtidos no período experimental foi o cúbico. A Figura 08 ilustra o comportamento dos valores estimados de umidade relativa, para os ambientes interno e externo, em função dos horários de observação ao longo do período experimental.

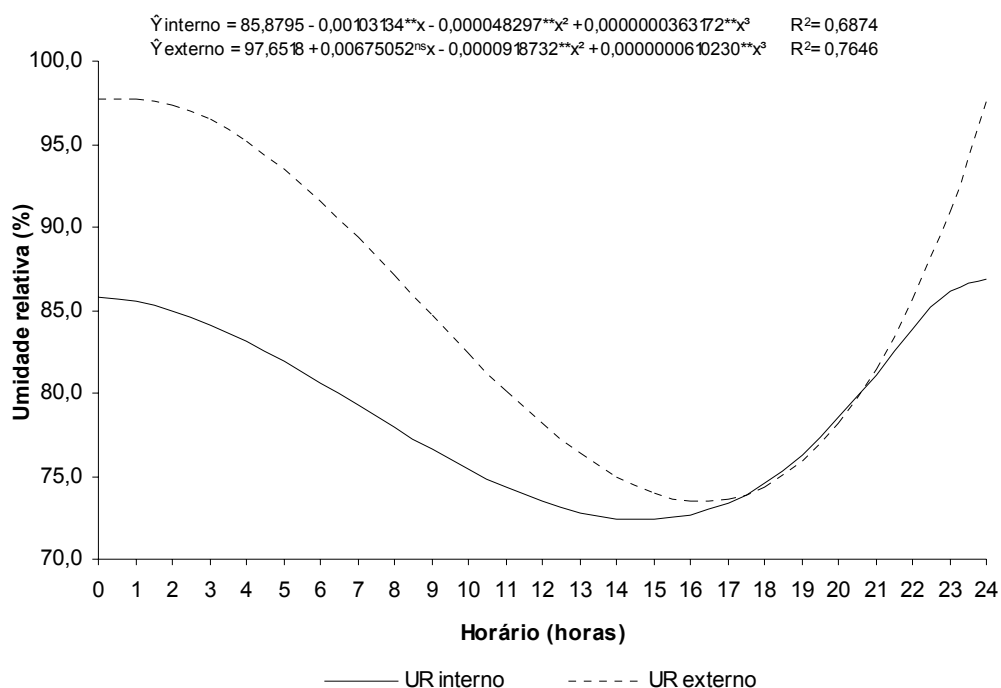


Figura 08: Estimativa da umidade relativa do ar (UR %), em função dos horários de observação, para os ambientes interno (SVT e SVL) e externo.

Com base nestes resultados, que representam um comportamento médio estimado dos tratamentos quanto aos valores de umidade UR interna e externa em função das horas, observa-se que os valores de umidade relativa interna e externa foram decrescentes a partir dos primeiros instantes da manhã. O ambiente interno atingiu o valor de

mínima umidade relativa (72 %) no horário de 14 horas e 57 minutos (897,13 minutos), voltando a crescer a partir deste horário. Entretanto, apesar de se verificar comportamento semelhante para a umidade relativa externa, o valor de mínima umidade relativa externa (73,5 %) ocorreu no horário de 16 horas e 05 minutos (965,28 minutos). A umidade relativa do ar ambiente externo apresentou-se ligeiramente superior à umidade relativa do ar interno na maioria dos horários de observação. Este fato pode ser atribuído às freqüentes precipitações, características desta época do ano (final de verão), ocorridas geralmente no período matutino, no decorrer da coleta de dados.

Ao observar a curva de Tbs do ambiente externo aos aviários, verifica-se que praticamente não houve durante todo o período experimental, temperaturas superiores a 29 °C, que é a temperatura de acionamento dos sistemas de nebulização, explicando assim os comportamentos similares entre as umidades relativas dos ambientes externo e interno.

4.1.3. Índice de temperatura de globo negro e umidade

De acordo com os dados do Quadro 01, observa-se que apesar da interação entre os tratamentos não ter tido efeito significativo ($P > 0,05$), o índice de temperatura de globo negro e umidade variou com o horário de observação e com o tipo de sistema de ventilação ($P < 0,01$).

Verifica-se que houve diferença entre os valores médios de ITGU para os dois tratamentos. O sistema de ventilação em modo túnel obteve valores médios de ITGU menores; assim, pode-se inferir que este propiciou um melhor ambiente térmico aos animais em estudo.

Ao testar os modelos de regressão, para este parâmetro, o que melhor explicou o ajuste dos dados obtidos para os ambientes interno e externo foi o cúbico.

A partir das equações de regressão, traçou-se o gráfico com os valores estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade,

para os ambientes interno e externo aos galpões avícolas, em função dos horários de observação no decorrer do período experimental (Figura 09).

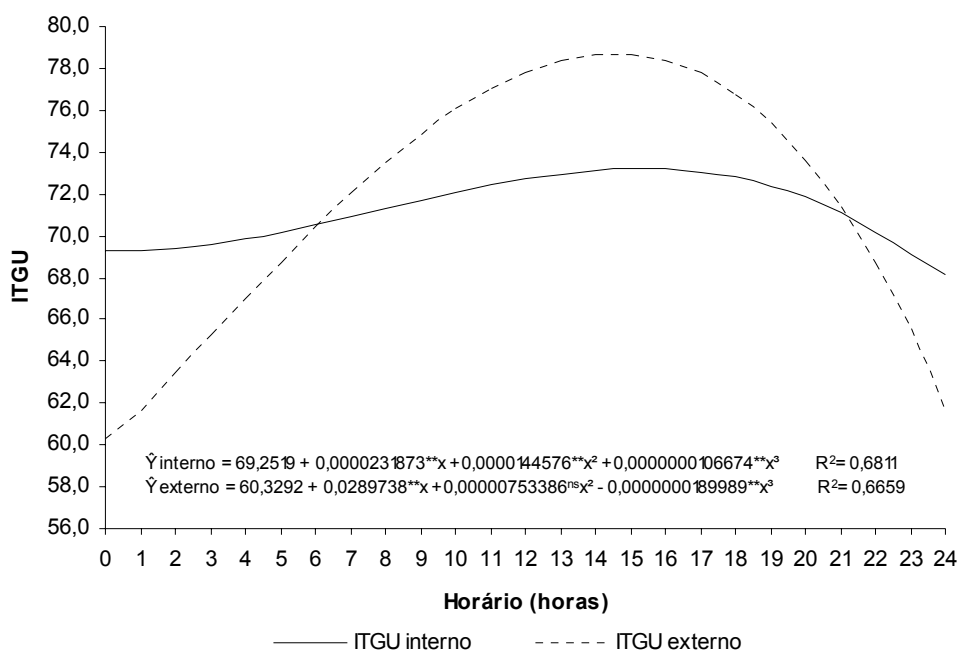


Figura 09: Estimativa do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), para os ambientes interno (SVT e SVL) e externo, em função dos horários de observação.

De acordo com a equação de regressão ajustada para os índices de temperatura de globo negro e umidade (Figura 10), observa-se que os valores médios estimados de ITGU do ambiente interno atingiram o ponto máximo às 15 horas e 4 minutos (904,39 minutos), com ITGU de 73,2, decrescendo a partir daí.

Considerando que o valor limite de conforto térmico de ITGU, em galpões avícolas, para frangos de corte, é igual a 76,0 (MORAES, 2002), pode-se inferir que o ambiente interno manteve-se em condições de conforto térmico para as aves de 21 a 42 dias de idade, no decorrer de todo o período experimental.

Apesar dos valores de ITGU para o ambiente externo apresentarem comportamento semelhante ao ambiente interno, o valor máximo estimado encontrado foi 78,7 às 13 horas e 48 minutos (829 minutos). Este valor foi superior àquele considerado como limite para conforto térmico de frangos adultos, citado por MORAES (2002),

demonstrando assim, que os sistemas de ventilação mantiveram as condições de conforto térmico para as aves adultas, no decorrer de todo o período experimental.

4.1.4. Carga térmica radiante

O resumo da análise de variância envolvendo os resultados de carga térmica radiante, em função dos sistemas de ventilação positiva em túnel (SVT) e lateral (SVL) e horários observados, encontra-se no Quadro 03.

Quadro 03: Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel e lateral, e dos horários de observação em relação à carga térmica radiante (CTR), em galpões avícolas e o coeficiente de variação

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
		CTR
Bloco (semana de observação)	2	1298,794
Tratamento	1	946,7929 **
Resíduo (a)	2	29,1175
Horário	5	1230,024 **
Horário x Tratamento	5	43,9155 ^{ns}
Resíduo (b)	20	64,4307
CV (%) parcela		1,17
CV (%) subparcela		1,74

^{ns} não significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F.

**significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Observa-se que, apesar da interação entre os tratamentos e horários não ter tido efeito ($P > 0,05$), o índice de carga térmica radiante (CTR) variou tanto com o horário de observação quanto com o tipo de sistema de ventilação ($P < 0,01$).

Verifica-se que houve diferença entre os valores médios de CTR, dos dois tratamentos, no decorrer do período experimental (Quadro 04).

Quadro 04: Valores médios de carga térmica radiante (CTR) para os dois tipos de sistemas de ventilação estudados, SVT e SVL, em galpões avícolas, no mês de março de 2005.

Tratamento	CTR
SVT	454,22 ^b
SVL	464,48 ^a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 1 % de probabilidade, pelo teste de F.

Para este parâmetro, o modelo de regressão que melhor explicou o ajuste dos dados obtidos para o ambiente interno foi o quadrático, enquanto que para o ambiente externo foi o cúbico (Figura 10).

A partir das equações de regressão, traçou-se o gráfico com a estimativa da variação da CTR para os ambientes interno e externo aos galpões avícolas, em função das horas, no decorrer do período de observação (Figura 10).

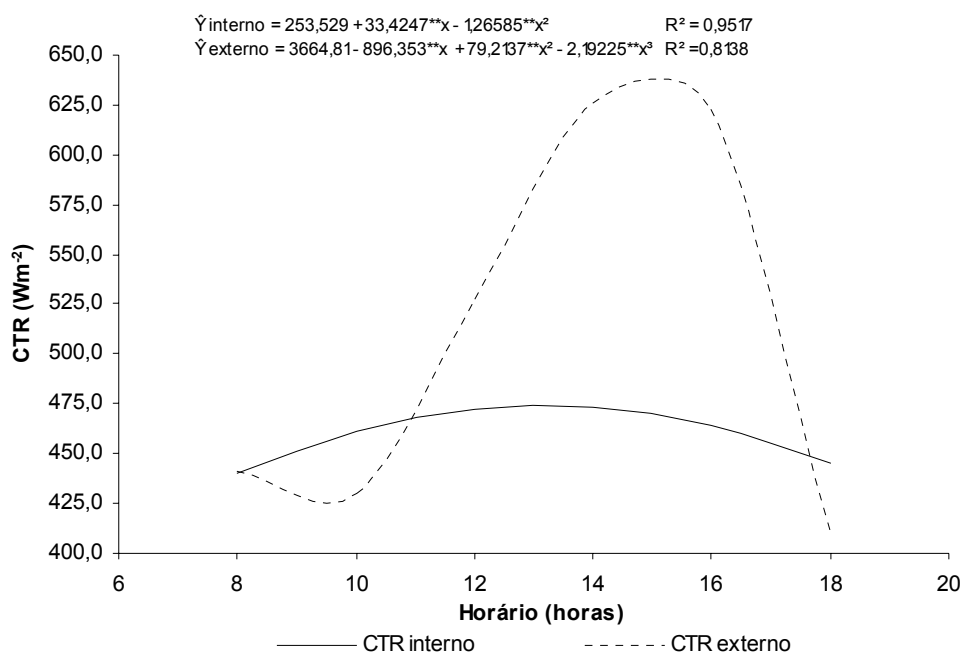


Figura 10: Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em função dos diferentes horários de observação para os ambientes interno e externo.

Observa-se que, para o ambiente interno, o maior valor estimado da carga térmica radiante, (474Wm^{-2}) ocorreu às 13 horas e 16 minutos (13,27 horas). Este fato pode ser atribuído à radiação advinda da

cobertura existente no galpão e radiação solar global que é mais elevada nas horas mais quentes do dia, o que acarretou numa maior intensidade de emissão de ondas longas para o ambiente avícola.

Comportamentos semelhantes foram encontrados por SILVA (2002), ao comparar painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel.

Ao estudar a caracterização operacional de dois sistemas de semiclimatização em galpões para frangos de corte, MORAES (2002) também encontrou resultados semelhantes.

Ao avaliar o efeito de dois diferentes sistemas de ventilação positiva (em túnel e lateral), MATOS (2001) observou que a CTR, para os dois sistemas estudados, permaneceram relativamente homogêneos.

O maior valor de CTR externa estimado foi de 643 Wm^{-2} e ocorreu às 15 horas. Este valor foi 26,3 % maior que o maior valor estimado encontrado no ambiente interno, demonstrando assim o efeito da cobertura do galpão e dos sistemas de ventilação na redução da carga térmica radiante. FONSECA (1998), avaliando o desempenho de frangos de corte criados sob sistema de nebulização e ventilação em modo túnel, também encontrou uma redução da CTR, de 26 %.

4.2. Avaliação da qualidade do ar

O resumo da análise de variância envolvendo os resultados de amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO), em função dos sistemas de ventilação positiva em túnel (SVT) e lateral (SVL), altura de amostragem e horários observados, encontra-se relacionado no Quadro 05.

Segundo o guia de manejo de frangos de corte (COBB-VANTRESS, 2005), a qualidade do ar dentro dos galpões de criação deve apresentar as seguintes características: concentração de dióxido de carbono (CO_2) menor que 0,3 %, monóxido de carbono (CO) menor que 10 ppm, amônia (NH_3) menor que 10 ppm.

Quadro 05: Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel e lateral, em relação às alturas (30 e 170 cm) e aos horários de observação (09:00 e 15:00 horas), para concentração de gases de amônia, dióxido de carbono e monóxido de carbono, presentes nos galpões avícolas, e os respectivos coeficientes de variação

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		NH ₃	CO ₂	CO
Bloco	5	7,55	8910,11	1,27
Tratamento (Trat)	1	8,26*	18,23 ^{ns}	0,47**
Altura	1	19,91**	35729,34**	0,72**
Trat x Altura	1	1,47 ^{ns}	19,48 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Resíduo (a)	15	1,08	476,98	0,56
Horário	1	8,82**	3859,57*	0,13 ^{ns}
Horário x Trat	1	0,17 ^{ns}	602,66 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Horário x Altura	1	1,04 ^{ns}	140,36 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Horário x Altura x Trat	1	0,24 ^{ns}	1175,95 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Resíduo (b)	20	0,50	837,83	0,17
CV (%) parcela		30,52	6,28	152,38
CV (%) subparcela		20,82	8,33	47,63

^{ns}: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste F.

*: Significativo ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste F.

** : Significativo ao nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F.

4.2.1. Análise da concentração de amônia

Não houve efeito significativo da interação ($P > 0,05$), entre os tratamentos, horários e alturas observados, em relação ao NH₃. Foram significativos os efeitos do tratamento ($P < 0,05$), da altura ($P < 0,01$) e do horário ($P < 0,01$), indicando existência de diferença na concentração de NH₃ para os tratamentos realizados, nas alturas avaliadas e nos horários observados.

Os resultados médios de amônia (NH₃), dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO), para os sistemas de ventilação positiva em

túnel (SVT) e lateral (SVL) e alturas de amostragem, nos horários observados encontram-se relacionados no Quadro 06.

Quadro 06: Valores médios de concentração de amônia (NH₃), dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO), em ppm, para os sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), nas duas alturas (30 e 170 cm) e horários de observação (09:00 e 15:00 horas)

Variável	Fator					
	Tratamento	Altura (cm)		Horário (horas)		
NH ₃	SVT	3,82 ^a	30	4,05 ^a	09:00	3,84 ^a
	SVL	2,99 ^b	170	2,76 ^b	15:00	2,98 ^b
CO ₂	SVT	347,35 ^a	30	374,64 ^a	09:00	356,32 ^a
	SVL	346,74 ^a	170	320,07 ^b	15:00	338,39 ^b
CO	SVT	0,77 ^b	30	0,99 ^a	09:00	0,92 ^a
	SVL	0,97 ^a	170	0,74 ^b	15:00	0,81 ^a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios das concentrações de amônia para os sistemas de ventilação positiva em modo túnel e lateral foram respectivamente 3,82 e 2,99 ppm (Quadro 06), valores estes menores que aqueles que poderiam causar danos ao trato respiratório, ou diminuir a produtividade das aves. De acordo com COBB-VANTRESS (2005), exposição a 20 ppm de amônia por mais de 3 minutos causa danos ao trato respiratório e exposição a ambientes com concentrações iguais ou superiores a 25 ppm causa diminuição da produtividade dos animais.

Os resultados encontrados neste experimento para o sistema de ventilação em modo túnel (3,82 ppm), são próximos aos valores mais baixos encontrados por REDWINE et al. (2002), que foi 2 ppm. Estes autores avaliaram as concentrações de amônia presente nos galpões de frangos de corte com sistema de ventilação em modo túnel e obtiveram valores entre 2 e 45 ppm.

GROOT KOERKAMP et al. (1998), pesquisando sobre emissão de amônia em instalações para animais no Norte Europeu, observaram que os valores de concentração de amônia obtidos na Inglaterra, Países

Baixos, Dinamarca e Alemanha foram de 27,1, 11,2, 8,0 e 20,8 ppm, respectivamente. Segundo estes autores, os cuidados relativos à emissão de amônia das instalações animais não devem ser restritos apenas ao ambiente de criação animal, mas sim ao ambiente como um todo, considerando que a amônia provoca severos danos ao meio ambiente.

Valores baixos também foram encontrados por HAYES, CURRAN e DODD (2006), ao avaliarem, na Irlanda, a emissão de amônia produzida por unidades de criação avícola intensiva. Segundo estes autores, numerosos aspectos podem influenciar na emissão de amônia, entre os quais tipo e profundidade da cama, tipo e manejo dos bebedouros, sistemas de ventilação e controles de temperatura utilizados.

GUIZIOU e BELINE (2004), pesquisando a concentração de amônia presente em galpões de frango de corte, na França, no decorrer do ciclo de criação, encontraram alguns resultados parecidos aos desta pesquisa. Estes autores compararam dois tipos de sistemas de criação quanto ao tipo de piso e cama, mais utilizados naquele país, concluindo que a concentração de amônia variou com o passar do tempo entre 0,8 e 32 ppm e que o tipo de sistema de criação influenciou na emissão de amônia.

JONES, WHATHES e WEBSTER (2005), pesquisando, no Reino Unido, sobre a aversão de aves domésticas por ambientes com concentrações elevadas de amônia, observaram que frangos de corte, quando submetidos a ambientes com concentrações crescentes de amônia apresentavam aversão aos ambientes que possuíam concentrações superiores a 10 ppm. Assim, pode-se inferir que elevadas concentrações de amônia, além de afetar a saúde dos animais, também afetam o seu bem-estar.

Desta forma, os valores médios para concentração de amônia encontrados nesta pesquisa estão abaixo dos níveis críticos citados por COBB-VANTRESS (2005). Este fato pode ser atribuído ao tipo de instalações utilizadas na granja pesquisada, cujas instalações são de tipologia aberta e ventiladas, além dos sistemas de ventilação positiva

pesquisados que possibilitaram maior controle tanto da ventilação quanto da temperatura dos galpões.

Os valores médios das concentrações de amônia para os sistemas de ventilação positiva em modo túnel e lateral, nas duas alturas observadas, 30 e 170 cm, foram respectivamente 4,05 e 2,76 ppm (Quadro 06). Estes valores apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$). Esta diferença encontrada na concentração de NH_3 pode ser resultante de um efeito de arraste dos gases ocasionado pelo sistema de ventilação, uma vez que, ao nível dos animais, a velocidade do ar tende a ser menor, favorecendo uma maior concentração da amônia nesta altura.

Os valores médios das concentrações de amônia, nos dois sistemas de ventilação estudados, nos dois horários avaliados, 9:00 e 15:00 horas, foram respectivamente 3,84 e 2,98 ppm (Quadro 06). Estes valores apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$). Esta diferença encontrada na concentração de NH_3 , nos horários de observação, pode ser devido à abertura das cortinas logo pela manhã e ao acionamento do sistema de ventilação. Assim, no início da manhã ainda há um acúmulo de gases remanescentes do período noturno, que ainda não foram totalmente dissipados, indicando uma possível maior concentração de NH_3 no período noturno.

4.2.2. Análise da concentração de dióxido de carbono

Verifica-se no Quadro 05 que houve diferença significativa entre os valores de CO_2 para as diferentes alturas ($P < 0,01$) e horários de avaliação ($P < 0,05$), sendo que os valores médios encontram-se no Quadro 06.

Ao analisar no Quadro 06, os valores médios de concentração de dióxido de carbono encontrados para as diferentes alturas, verifica-se que o valor encontrado a 170 cm (320,07 ppm), também é inferior aos limites máximos de tolerância para o homem que, de acordo com a Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho de 1998 (NR-15), é de 2500 ppm.

Por considerar a qualidade do ar da instalação avícola como um dos parâmetros para certificação de bem estar animal, a União Européia, por meio da sua comissão de bem-estar animal, fixou que, para galpões avícolas, o limite máximo de concentração de dióxido de carbono medido a 30 cm do chão, deve ser em média 3000 ppm (RONDÓN, 2005). No presente experimento, os valores médios de concentração de gás carbônico encontrados para os tratamentos variaram entre 346,74 (SVL) e 347,35 (SVT), valores estes bem inferiores aos limites máximos de tolerância para exposição contínua de animais nas instalações, fixados pela União Européia.

Valores superiores aos encontrados nesta pesquisa foram obtidos por PEDERSEN et al. (1998), que pesquisaram a taxa de ventilação em instalações para aves de postura no Norte Europeu, no período de verão, cujos índices das concentrações de dióxido de carbono variaram entre 692 e 1457 ppm.

Assim, comparando os resultados dos valores médios da concentração de dióxido de carbono encontrados nesta pesquisa, com aqueles valores fixados pela Comissão de bem-estar animal da União Européia, pode-se afirmar que a qualidade do ar dentro dos galpões avícolas avaliados encontra-se dentro dos padrões qualitativos de bem-estar animal.

4.2.3. Análise da concentração de monóxido de carbono

De acordo com os valores médios do monóxido de carbono (Quadro 06), verifica-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) na concentração de cada um dos tratamentos e alturas avaliados, sendo que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os horários de observação.

A concentração média de monóxido de carbono (ppm) presente nos galpões avícolas encontra-se abaixo daqueles valores máximos tolerados conforme sugeridos por COBB-VANTRESS (2005), que seria de, no máximo, 10 ppm. Esta menor média de concentração de CO pode

ser atribuída à fase de criação dos frangos estudada, pós-aquecimento, onde não há necessidade de acionar o sistema de aquecimento. Além disto, há também o período do ano em que o experimento foi conduzido (meia estação: verão-outono), onde não houve necessidade de alongar o período de aquecimento.

4.3. Avaliação do desempenho das aves

4.3.1. Peso vivo, ganho de peso e taxa de mortalidade

O resumo da análise de variância envolvendo os resultados de peso vivo (PV), ganho de peso (GP) e taxa de mortalidade (TM), em função dos sistemas de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), para o período observado, encontra-se relacionado no Quadro 07. De acordo com os dados mostrados neste quadro, verifica-se que não houve diferença significativa entre os valores destas variáveis para os diferentes tipos de ventilação. Por estes resultados, pode-se inferir que ambos os sistemas de arrefecimento térmico comportaram-se de forma equivalente em relação aos resultados de desempenho produtivo das aves, para as condições avaliadas.

Quadro 07: Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação positiva em túnel (SVT) e lateral (SVL), em relação ao peso vivo (PV), ganho de peso (GP) e taxa de mortalidade (TM), nas três semanas de observação de galpões avícolas, com respectivo coeficiente de variação

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		PV	GP	TM
Bloco	2	0,575415	4395,125	0,11735
Tratamento	1	0,000682 ^{ns}	8,166667 ^{ns}	0,000816 ^{ns}
Resíduo	2	0,000601	122,7917	0,001216
CV (%)		0,44	2,16	5,58

ns: não significativo ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste F.

Com base no peso vivo final das aves, obtido em ambos os sistemas de acondicionamento de ambiente, fez-se uma comparação da

produção em kg de ave/m² final obtida, bem como taxa de mortalidade (Quadro 08).

Quadro 08: Valores de peso vivo (kg/ave) para a respectiva densidade utilizada e produção obtida ao final dos 42 dias de vida das aves, para os sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL)

Sistema	Peso vivo (kg/ave)	Densidade final (ave/m ²)	Produção (kg ave/m ²)	Taxa de mortalidade (%)*
SVT	2,294	16,62	38,1	4,73
SVL	2,303	16,67	38,4	4,45

* dados obtidos nas fichas de registro diário dos galpões pesquisados, fornecidos pela Empresa Rivelli Alimentos LTDA.

Pode-se observar que ambos os sistemas de acondicionamento de ambiente proporcionaram uma boa produção, em kg de ave/m². Apesar desta produção ser considerada como de alta densidade, ela se posiciona de forma aceitável pelas normas de bem-estar animal. Para DAWKINS, DONNELLY e JONES (2004), o ambiente proporcionado às aves durante o período de criação possui maior influência sobre o seu bem-estar, do que a própria densidade de estocagem.

A soma da taxa de mortalidade da primeira à sexta semana de vida das aves para o SVT foi de 4,73 %, enquanto que, para o SVL de 4,45 % (Quadro 08). Ao comparar estes valores com aqueles citados por ALBINO (1998) como índices de mortalidade aceitáveis para produção de frangos de corte, pode-se verificar que os valores encontrados neste experimento estão dentro da faixa aceitável, que é de 4 a 5 %, demonstrando assim a eficiência dos dois sistemas de ventilação.

4.3.2. Consumo de ração

De acordo com os dados obtidos nas fichas de registro diário dos galpões, fornecidos pela Empresa Rivelli Alimentos LTDA, pode-se obter os valores médios de consumo de ração (kg/ave), durante os 42 dias de vida das aves, em cada um dos sistemas estudados (Quadro 09).

Quadro 09: Consumo de ração (kg/ave), durante os 42 dias de vida das aves, nos sistemas de ventilação em túnel (SVT) e lateral (SVL)

Sistema de ventilação	Consumo de ração total dos 42 dias (kg/ave)
SVT	4,110
SVL	4,059

De acordo com os dados encontrados, verifica-se que as aves criadas sob o sistema de ventilação em modo túnel consumiram em média 51g a mais de ração em relação àquelas criadas sob o sistema de ventilação lateral. Assim, pode-se inferir que as aves criadas sob SVL obtiveram um melhor desempenho zootécnico.

4.3.3. Conversão alimentar

A partir dos dados gerados pelas fichas de registro diário dos galpões, fornecidos pela Empresa Rivelli Alimentos LTDA, obteve-se os valores médios para conversão alimentar, durante os 42 dias de vida das aves, em cada um dos sistemas estudados, os quais encontram-se apresentados no Quadro 10.

Quadro 10: Valores médios de conversão alimentar (CA) em kg de ração/kg de peso, obtidos para aves no período de 42 dias de vida das aves, submetidas aos dois sistemas de ventilação, em modo túnel (SVT) e lateral (SVL)

Sistema de ventilação	Conversão Alimentar total dos 42 dias (kg de ração/de peso)
SVT	1,79
SVL	1,76

De acordo com os dados encontrados no Quadro 10, observa-se que os valores absolutos de CA apresentaram comportamento pouco diferenciado entre os sistemas de acondicionamento de ambiente.

Resultados semelhantes foram encontrados por ZANOLLA (1998), ao avaliar os efeitos dos SVT e SVL, ambos associados à nebulização interna, sobre o conforto térmico ambiente de galpões avícolas e desempenho de frangos de corte de 15 a 42 dias de idade, criados em

densidade de 14 aves/m², em condições de verão. Estes resultados aproximam-se dos resultados esperados para as principais linhagens comerciais utilizadas no país.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados do experimento realizado no período de 10 a 30 de março de 2005, em altitude de 1,126 m, cuja temperatura média, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia, era de 21 °C e umidade relativa média de 85 %, pode-se concluir que:

- As condições térmicas ambientais, avaliadas com base nos valores médios de Tbs, UR, ITGU e CTR, obtidos para os galpões avícolas submetidos aos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), foram considerados satisfatórios. Os galpões avícolas equipados com SVT propiciaram valores estatisticamente menores para as variáveis UR, ITGU e CTR.
- A qualidade do ar, avaliada com base nos valores médios de concentração de NH₃, CO₂ e CO, obtidos no interior dos galpões avícolas, submetidos aos sistemas de ventilação estudados (SVT e SVL), foi considerada satisfatória. Detectou-se diferença significativa na concentração de NH₃ e CO nos dois tratamentos.
- Não houve diferença significativa da concentração de CO₂ nos galpões estudados.
- A concentração dos gases foi maior ao nível das aves e na parte da manhã, estando sempre abaixo do limite de tolerância indicada pelos órgãos oficiais.
- Os sistemas de ventilação não influenciaram o desempenho produtivo das aves, garantindo condições satisfatórias para o seu bem estar. Todavia, a qualidade do ar proporcionada pelo sistema de ventilação lateral foi ligeiramente melhor no que tange à concentração de gases poluentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G.de; ABREU, V. M. N. **Ventilação na avicultura de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 50p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 63).

ALBINO, L. F. T. **Frango de corte: manual prático de manejo e produção**. Viçosa: Aprenda Fácil, 1998; 72 p: il.

Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango - ABEF. Disponível em http://www.abef.com.br/Abef_numeros.pdf. Acesso em 18 de Abril de 2005.

Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango - ABEF. Disponível em http://www.abef.com.br/Abef_numeros.pdf. Acesso em 01 de Fevereiro de 2006.

BAÊTA, F. C.; MEDEIROS, C. M.; OLIVEIRA, R. F. M. Potencialidade do uso do resfriamento evaporativo na criação de frangos de corte em função da temperatura e umidade local. In: **XXXVII Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000. CD Rom.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997; 246p.

BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: **Simpósio Internacional sobre ambiência e instalações na avicultura industrial**. 1995, São Paulo. Anais... Campinas, SP, FACTA, 67-75, 1995.

BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 36, n. 7, p. 251-255, 1955.

BOTTCHER, R. W.; BRAKE, J.; BAUGHMAN, G. R.; MAGURA, J. R. Reducing heat stress in broilers-vertically directed mixing fans as an alternative to tunnel ventilation. **World Poultry-Misset**, Suttam, v. 11, n. 3, p. 24-31, 1995.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3.214 de jul. 1978. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho (NR-**

15): atividades e operações insalubres. Brasília, 1978. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15>>. Acesso em: dez. 2005.

BUENO, L. G. **Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frango de corte.** Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2004. 86p. (Tese de Mestrado em Engenharia Agrícola).

BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE.** St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

COBB-VANTRESS. **Guia de manejo de pollo de engorde.** Siloam Springs, Arkansas, 2005. 63p. Disponível em <http://www.cobb-vantress.com> Acesso em 13 de novembro de 2005.

CORDEIRO, M. B. **Avaliação de sistemas de camas sobrepostas quanto ao conforto térmico e ambiental e ao desempenho zootécnico para suínos nas fases de crescimento e terminação.** Viçosa, MG: UFV, 2003. 62p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CUNNINGHAM, D. L. **Poultry production systems in Georgia, costs and returns.** Analysis cooperative extension service, college of agricultural in Environmental Sciences, The University of Georgia, Athens, GA 306024356, 1995.

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

DAWKINS, M. S.; DONNELLY, C. A.; JONES, T. A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. **Nature.** London, v. 427, n. 6972, p. 342-344, 2004.

DONALD, J. **Considerações básicas sobre ventilação em galpões de integração de aves.** 1996. 22p. (Circular ANR, 956).

ENGLERT, S. I. **Avicultura: tudo sobre raças, manejo, alimentação e sanidade.** 6ª ed. Porto Alegre, Editora Agropecuária, 1987. 288p.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment.** Westport: Avi, 1982; 325p.

FERREIRA, J. H. **Posicionamento de ventiladores em galpões para frangos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 68p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1996.

FERREIRA, W. P. M. **Avaliação de uma fornalha a carvão vegetal para aquecimento de aviário.** Viçosa, MG: UFV, 2004. 137p. (Tese de

Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2004.

FONSECA, J. M. **Efeito do sistema de ventilação em túnel no conforto ambiente e na produção de frango de corte em alta densidade.** Viçosa, MG: UFV, 1998. 57p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1998.

GROOT KOERKAMP, P. W.; METZ, J. H. M.; UENK, G. H.; PHILLIPS, V. R.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; SHORT, J. L.; WHITE, R. P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K. H.; PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J. O.; WATHES, C. O. Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research.** London, v. 70, n. 1, p. 79-95, 1998.

GUIZIOU, F; BELINE, F. In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France. **Bioresource Technology.** Essex, v. 96, n. 2, p. 203-207, 2005.

HAYES, E. T.; CURRAN, T. P.; DODD, V. A. Odour and ammonia emissions from intensive poultry units in Ireland. **Bioresource Technology.** Essex, v. 97, n. 7, p. 933-939, 2006.

HINZ, T., LINKE, S. A Comprehensive Experimental Study of Aerial Pollutants in and Emissions from Livestock Buildings. Part 2: Results. **Journal of Agricultural Engineering Research.** London, v. 70, n. 1, p. 119-129, 1998.

JONES, E. K. M; WHATHES, C. M.; WEBSTER, A. J. F. Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. **Applied animal behaviour science.** Amsterdam, v. 90, n. 3-4, p. 293-308, 2005.

MACARI, M. Equilíbrio Hídrico em frangos de corte criados em diferentes densidades. In: MACARI, M. (eds.). **Água na avicultura industrial.** Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1996, p.53-71.

MATOS, M. L. **Sistema de ventilação em modo túnel e lateral no desempenho de frangos de corte em diferentes densidades de alojamento.** Viçosa, MG: UFV, 1999. 89p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1999.

McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales.** Zaragoza, Espanha: Editora Acribia, 1975. 692p.

MENEGALI, I. **Diagnóstico da qualidade do ar na produção de frangos de corte em instalações semi-climatizadas por pressão negativa e positiva, no inverno, no Sul do Brasil.** Viçosa, MG: UFV, 2005. 78p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2005.

MILHAS, D. M.; BRANTON, S. L.; LOTT, B. D. Atmospheric Ammonia Is Detrimental to the Performance of Modern Commercial Broilers 2004 **Poultry Science** 83:1650-1654. Disponível em: <http://www.poultryscience.org/ps/journal.asp?Society=PSA&month=10&year=2004#2> Acesso em 14/04/2005.

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÃÃS, I. A.; BARACHO, M. S.; ALENCAR, M. C. B. Avaliação das condições do ambiente interno na produção comercial de frangos de corte em alta densidade. In: **Seminário: Poluentes aéreos e ruídos em instalações para produções de animais**. Campinas, São Paulo, Brasil, 2002.

MORAES, S. R. P. **Caracterização de sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 148p. (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

MOURA, D. J. Ambiência na Produção de Aves de Corte. In: SBEA. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1 ed. Piracicaba-SP, Iran José Oliveira da Silva-NUPEA-ESALQ/USP, v. 2, p. 75-148, 2001.

NÃÃS, I. A. Aspectos físicos da construção no controle térmico do ambiente das instalações. In: **Conferência APINCO**, Anais..., 1994.

NÃÃS, I. A. Categorias de Poluentes do Ar. In: **I Workshop Qualidade do Ar em Instalações Zootécnicas**. Viçosa: UFV, Anais..., 2004, cd room.

PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J. O.; METZ, J. H. M.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; UENK, G. H.; PHILLIPS, V. R.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; SHORT, J. L.; WHITE, R. P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRODER, M.; LINKERT, K. H.; WHATES, C. M. A comparison of three balance methods for calculating ventilation rates in livestock buildings. **Journal of Agricultural Engineering Research**. London, v. 70, n. 1, p. 25-37, 1998.

PIASENTIN, J. A. **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**. Viçosa, MG: UFV 1984. 98p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1984.

REDWINE, J. S.; LACEY, R. E.; MUKHTAR, S.; CAREY, J. B. Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel-ventilated broiler houses under summer conditions in Texas. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 45, n. 4, p. 1101-1109, 2002.

RONDÓN, E. O. O. Manejo de qualidade del aire er avicultura. **Revista Indústria Avícola**, Mount Morris, v. 52, n. 10, p. 18-22, 2005.

SILVA, C. E. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistemas de resfriamento adiabático do ar**

em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel. Viçosa, MG: UFV, 2002. 67p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo. Nobel, 2000; 286p.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p.157-164, 2002.

TEIXEIRA, V. H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco.** Viçosa, MG: UFV, 1983. 62p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1983.

TINÔCO, I. F. F. A granja de frangos de corte. In: **Manejo e criação de frangos de corte.** APINCO, p. 55-84, 2003.

TINÔCO, I. F. F. e RESENDE, P. L. **Produção de frango de corte em alta densidade.** Viçosa: Manual CPT - Centro de Produções Técnicas, 1997; 20 p.

TINÔCO, I. F. F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono.** Belo Horizonte: UFMG, 1996. 169p. (Tese de Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

TINÔCO, I. F. F. **Sistema de resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte.** Viçosa, MG: UFV, 1988. 92p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1998.

TURRA, F. Cenário de Aflição e superação. **Revista Anuário 2006 da Avicultura Industrial.** Disponível em: www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=17084&tipo_tabela=negocios&categoria=mercado Acesso em: 12/02/06.

UNION EUROPEA. Propuesta COM (2005)221. Propuesta de Directiva del consejo, de 30de mayo de 2005. **Disposiciones mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne.** Diário Oficial DO C 146 de 16 jun 2005. Disponível em <<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/j82002.htm>> Acesso em 20 de agosto de 2006.

WHATES, C. M. Strive for clean air in your poultry house. **World Poultry**, Surrey, v. 15, n. 13, p. 17-19, 1999.

ZANOLLA, N. **Sistema de ventilação em túnel e sistema de ventilação lateral na criação de frangos de corte em alta densidade.** Viçosa, MG.

1998. 81p. (Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1998.

ZOLNIER, S. **Psicrometria I** – Caderno Didático: Engenharia na Agricultura. Viçosa, UFV, 1994; 14 p.

7. APÊNDICE

Tabela 1: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva em túnel (SVT), na primeira semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	23,64	82,00	72,23	446,46
08:00	2	24,02	78,60	72,32	449,99
08:00	3	23,44	79,05	71,95	452,82
08:00	4	22,86	77,40	70,67	438,79
08:00	5	23,25	78,10	71,42	445,31
08:00	6	23,25	79,50	71,34	443,47
08:00	7	22,29	84,55	70,40	437,28
Média da Semana 1		23,25	79,89	71,47	444,87
10:00	1	26,34	66,95	74,90	466,63
10:00	2	24,98	76,40	73,26	450,30
10:00	3	25,18	73,20	73,66	462,50
10:00	4	25,18	69,25	73,72	473,02
10:00	5	25,37	69,25	73,99	477,10
10:00	6	25,18	73,20	74,04	460,10
10:00	7	24,40	75,65	72,80	457,99
Média da Semana 1		25,23	71,99	73,77	463,95
12:00	1	27,72	57,75	76,09	496,51
12:00	2	26,74	71,95	75,85	483,74
12:00	3	28,11	59,80	76,82	499,11
12:00	4	26,74	62,10	75,19	492,77
12:00	5	26,74	64,20	75,18	485,84
12:00	6	24,79	82,10	73,81	475,39
12:00	7	26,73	67,25	75,26	473,42
Média da Semana 1		26,79	66,45	75,46	486,68
14:00	1	28,91	54,65	77,37	459,35
14:00	2	26,93	63,95	75,62	446,81
14:00	3	29,31	50,50	77,43	457,17
14:00	4	28,31	54,65	76,57	449,12
14:00	5	27,92	63,70	76,73	478,78
14:00	6	27,13	64,70	75,56	472,22
14:00	7	26,93	65,20	75,34	490,72
Média da Semana 1		27,92	59,62	76,37	464,88
16:00	1	28,11	57,20	76,17	480,41
16:00	2	27,32	61,85	75,56	475,99
16:00	3	25,95	68,50	74,12	461,52
16:00	4	26,93	63,40	74,97	467,46
16:00	5	26,34	66,70	74,49	461,75
16:00	6	25,95	76,20	74,94	468,24
16:00	7	26,34	64,95	74,34	464,18
Média da Semana 1		26,71	65,54	74,94	468,51

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	24,02	74,00	71,58	443,33
18:00	2	23,44	76,15	70,96	441,80
18:00	3	23,82	74,70	71,56	443,33
18:00	4	25,76	66,70	73,51	455,00
18:00	5	24,21	74,25	72,05	446,29
18:00	6	23,82	83,70	72,23	443,33
18:00	7	23,25	82,05	71,52	445,42
Média da Semana 1		24,04	75,94	71,91	445,50

Tabela 2: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva em túnel (SVT), na segunda semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	24,02	78,55	72,12	444,50
08:00	2	23,63	83,45	71,56	434,44
08:00	3	22,29	86,35	70,14	433,09
08:00	4	23,06	85,70	71,13	437,63
08:00	5	22,86	79,90	70,46	432,41
08:00	6	23,25	79,75	71,17	439,46
08:00	7	23,25	80,20	71,39	444,36
Média da Semana 2		23,19	81,99	71,14	437,98
10:00	1	26,34	66,70	74,68	470,30
10:00	2	23,44	84,55	72,34	460,14
10:00	3	25,76	72,50	74,39	466,47
10:00	4	23,25	78,60	71,46	449,99
10:00	5	24,98	73,20	73,40	456,63
10:00	6	24,98	72,50	73,34	461,44
10:00	7	25,18	70,00	73,39	461,89
Média da Semana 2		24,84	74,01	73,29	460,98
12:00	1	26,93	66,75	75,09	462,16
12:00	2	24,21	80,45	72,51	445,63
12:00	3	27,12	65,70	76,04	486,10
12:00	4	24,79	75,20	73,29	455,34
12:00	5	25,57	70,25	74,13	465,56
12:00	6	26,34	66,70	74,88	475,07
12:00	7	27,32	67,75	76,30	481,28
Média da Semana 2		26,04	70,40	74,61	467,31
14:00	1	25,95	74,70	74,62	459,35
14:00	2	24,40	75,20	72,39	446,81
14:00	3	25,18	78,05	73,83	457,17
14:00	4	24,79	77,10	73,05	449,12
14:00	5	26,93	68,75	75,85	478,78
14:00	6	26,93	66,20	76,02	472,22
14:00	7	28,91	59,30	77,64	490,72
Média da Semana 2		26,15	71,33	74,77	464,88
16:00	1	22,48	85,90	70,75	438,40
16:00	2	24,01	84,15	72,14	438,35
16:00	3	23,24	86,55	71,64	439,87
16:00	4	22,10	82,05	69,39	426,97
16:00	5	23,05	84,55	71,43	441,80
16:00	6	26,34	69,75	74,75	463,71
16:00	7	27,52	64,70	75,70	465,86
Média da Semana 2		24,10	79,66	72,26	444,99

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	24,79	81,15	73,16	446,00
18:00	2	23,06	83,65	70,99	435,65
18:00	3	23,63	86,10	72,13	444,09
18:00	4	22,48	85,85	70,36	434,24
18:00	5	23,44	87,60	71,40	433,78
18:00	6	23,06	81,35	70,83	433,40
18:00	7	24,79	75,45	72,73	444,13
Média da Semana 2		23,60	83,02	71,66	438,76

Tabela 3: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva em modo túnel, na terceira semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	23,25	75,20	70,83	439,91
08:00	2	22,67	83,90	70,50	435,38
08:00	3	21,33	87,00	68,89	427,54
08:00	4	21,33	84,10	68,89	428,65
08:00	5	19,81	82,30	66,51	418,75
08:00	6	20,00	81,85	67,12	422,05
08:00	7	20,76	83,00	68,04	425,35
Média da Semana 3		21,31	82,48	68,68	428,23
10:00	1	26,15	67,25	74,47	463,71
10:00	2	23,82	80,70	72,40	454,17
10:00	3	21,71	86,10	69,53	430,86
10:00	4	22,67	77,10	70,96	444,88
10:00	5	19,81	83,45	67,17	425,89
10:00	6	21,33	75,95	69,07	442,98
10:00	7	23,82	71,75	71,91	446,82
Média da Semana 3		22,76	77,47	70,79	444,19
12:00	1	27,92	60,85	76,26	479,37
12:00	2	22,67	86,45	70,85	436,48
12:00	3	21,71	84,10	69,59	433,90
12:00	4	23,82	72,95	71,62	448,44
12:00	5	21,72	77,00	69,07	432,12
12:00	6	23,83	64,15	71,84	469,26
12:00	7	25,56	64,20	73,62	470,52
Média da Semana 3		23,89	72,81	71,84	452,87
14:00	1	24,40	71,20	72,63	463,62
14:00	2	24,02	81,35	72,32	444,50
14:00	3	23,24	79,25	71,32	443,01
14:00	4	24,21	72,20	72,08	450,66
14:00	5	25,56	60,60	73,48	475,29
14:00	6	24,59	62,60	71,78	454,36
14:00	7	24,02	69,00	71,55	450,17
Média da Semana 3		24,29	70,89	72,17	454,51
16:00	1	25,37	74,45	74,02	463,63
16:00	2	24,98	75,95	73,03	444,85
16:00	3	22,67	77,10	70,38	439,55
16:00	4	21,90	79,75	72,63	484,61
16:00	5	24,98	66,50	72,64	455,91
16:00	6	25,37	61,10	72,88	459,83
16:00	7	26,34	57,50	73,83	469,70
Média da Semana 3		24,52	70,34	72,77	459,73

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	21,71	86,30	69,55	430,87
18:00	2	23,24	83,45	71,81	446,14
18:00	3	22,48	80,45	70,18	433,46
18:00	4	21,71	79,30	68,87	427,83
18:00	5	21,71	78,55	69,01	430,86
18:00	6	22,48	71,75	69,52	435,36
18:00	7	22,29	79,05	70,02	437,35
Média da Semana 3		22,23	79,84	69,85	434,55

Tabela 4: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva lateral, na primeira semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	24,02	83,65	73,33	450,43
08:00	2	24,79	80,40	73,95	454,67
08:00	3	24,40	78,68	73,12	458,11
08:00	4	23,82	75,57	72,31	445,80
08:00	5	23,25	79,75	71,91	464,85
08:00	6	23,25	79,62	71,75	443,16
08:00	7	22,29	85,01	70,73	440,85
Média da Semana 1		23,69	80,38	72,44	451,12
10:00	1	25,76	69,06	75,04	472,90
10:00	2	24,98	79,73	73,93	467,21
10:00	3	25,18	72,00	74,33	474,79
10:00	4	25,18	70,70	73,91	462,83
10:00	5	24,98	69,65	73,75	467,82
10:00	6	24,59	80,29	73,56	461,86
10:00	7	24,21	76,25	73,42	475,08
Média da Semana 1		24,98	73,95	73,99	468,93
12:00	1	27,91	54,90	76,46	498,15
12:00	2	26,54	69,99	75,48	468,23
12:00	3	27,92	56,08	76,74	502,67
12:00	4	27,13	56,40	75,40	487,65
12:00	5	26,73	62,25	75,45	492,69
12:00	6	24,59	79,55	73,73	462,80
12:00	7	26,17	65,80	75,50	496,13
Média da Semana 1		26,71	63,57	75,54	486,90
14:00	1	29,10	52,85	77,59	503,09
14:00	2	26,34	57,42	74,86	475,35
14:00	3	29,51	50,20	77,19	493,55
14:00	4	28,70	53,35	77,46	505,56
14:00	5	28,31	60,85	77,19	486,94
14:00	6	27,32	61,20	75,78	469,53
14:00	7	27,32	60,29	75,57	495,50
Média da Semana 1		28,09	56,59	76,52	489,93
16:00	1	27,32	58,25	75,96	507,25
16:00	2	26,93	62,20	75,83	480,47
16:00	3	25,95	68,25	74,40	479,27
16:00	4	26,73	60,91	74,98	514,50
16:00	5	26,06	63,65	75,56	495,25
16:00	6	26,15	74,00	75,35	485,15
16:00	7	25,76	64,25	74,18	489,55
Média da Semana 1		26,41	64,50	75,18	493,06

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	24,21	72,56	72,50	452,32
18:00	2	22,86	76,25	70,96	440,83
18:00	3	23,63	75,90	71,91	475,29
18:00	4	25,37	65,75	72,84	452,84
18:00	5	24,40	75,15	72,82	470,61
18:00	6	23,44	82,05	72,10	468,34
18:00	7	22,48	82,25	71,40	474,46
Média da Semana 1		23,77	75,70	72,07	462,10

Tabela 5: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva lateral, na segunda semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	23,82	79,05	72,60	468,06
08:00	2	23,63	81,60	72,00	447,05
08:00	3	21,71	88,87	70,45	469,72
08:00	4	23,24	82,84	71,10	441,72
08:00	5	21,52	80,65	69,34	453,40
08:00	6	23,25	77,68	71,49	454,53
08:00	7	23,44	73,67	72,11	470,95
Média da Semana 2		22,94	80,62	71,30	457,92
10:00	1	25,95	63,25	74,99	468,38
10:00	2	23,63	78,51	72,16	475,85
10:00	3	25,37	73,75	74,54	471,66
10:00	4	22,86	78,36	71,27	487,05
10:00	5	24,98	73,28	73,80	466,01
10:00	6	25,70	74,25	74,01	444,14
10:00	7	25,95	66,80	74,54	471,09
Média da Semana 2		24,92	72,60	73,62	469,17
12:00	1	27,32	65,00	76,10	481,55
12:00	2	24,40	77,54	73,42	467,18
12:00	3	26,37	65,50	75,47	462,35
12:00	4	25,18	74,78	74,32	455,64
12:00	5	26,34	69,50	75,00	460,86
12:00	6	26,34	68,75	75,92	485,83
12:00	7	27,92	66,25	77,25	501,07
Média da Semana 2		26,27	69,62	75,35	473,50
14:00	1	25,56	71,60	74,19	499,36
14:00	2	24,98	72,66	73,34	464,26
14:00	3	24,40	75,99	73,75	471,51
14:00	4	24,60	75,50	73,36	491,92
14:00	5	26,34	69,80	75,55	471,66
14:00	6	27,32	65,00	76,84	511,39
14:00	7	29,10	60,05	76,63	497,84
Média da Semana 2		26,04	70,09	74,81	486,85
16:00	1	22,55	87,40	72,02	448,31
16:00	2	23,51	83,71	72,30	444,71
16:00	3	22,05	86,89	71,55	452,10
16:00	4	22,29	83,70	69,78	433,73
16:00	5	22,48	84,60	70,89	438,75
16:00	6	25,48	72,50	74,55	489,56
16:00	7	27,32	62,65	76,08	502,74
Média da Semana 2		23,67	80,21	72,45	458,56

Horas	Dias da Semana	TBS	UR	ITGU	CTR
18:00	1	24,21	87,95	72,76	445,60
18:00	2	22,86	84,75	71,63	439,93
18:00	3	23,24	89,90	71,76	436,38
18:00	4	22,86	81,50	71,43	439,64
18:00	5	23,24	89,45	72,36	439,34
18:00	6	22,48	79,88	70,71	455,93
18:00	7	24,01	75,82	72,71	473,43
Média da Semana 2		23,27	84,18	71,91	447,18

Tabela 6: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o sistema de ventilação positiva lateral, na terceira semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	23,24	78,96	71,86	455,87
08:00	2	23,05	87,23	71,62	441,12
08:00	3	21,53	85,66	69,05	428,77
08:00	4	21,71	81,86	69,14	430,22
08:00	5	19,81	86,45	66,87	419,23
08:00	6	20,38	82,38	67,38	422,11
08:00	7	20,95	86,60	68,79	423,84
Média da Semana 3		21,52	84,16	69,24	431,59
10:00	1	25,28	64,79	74,98	464,17
10:00	2	22,51	81,70	72,93	460,97
10:00	3	21,05	83,07	69,81	435,50
10:00	4	23,44	76,99	72,10	444,70
10:00	5	19,81	77,70	66,61	419,81
10:00	6	21,52	77,40	69,20	431,37
10:00	7	23,44	74,00	72,01	451,74
Média da Semana 3		22,43	76,52	71,09	444,04
12:00	1	27,26	57,75	76,70	506,40
12:00	2	21,90	86,60	70,59	453,77
12:00	3	22,86	86,80	70,58	439,04
12:00	4	23,25	73,50	70,89	453,96
12:00	5	23,63	68,00	70,87	442,61
12:00	6	23,25	66,00	70,58	454,04
12:00	7	24,98	61,40	72,50	446,17
Média da Semana 3		23,87	71,44	71,81	456,57
14:00	1	24,02	75,50	72,56	579,03
14:00	2	23,05	83,50	71,76	473,79
14:00	3	23,44	83,95	71,97	441,16
14:00	4	23,44	68,45	71,47	495,08
14:00	5	25,03	58,80	73,11	472,76
14:00	6	24,40	61,40	72,52	489,63
14:00	7	24,70	64,50	71,80	467,04
Média da Semana 3		24,01	70,87	72,17	488,36
16:00	1	24,28	73,55	73,01	469,84
16:00	2	23,70	76,50	72,73	454,54
16:00	3	22,09	80,21	70,54	438,75
16:00	4	22,29	79,22	69,05	430,22
16:00	5	23,90	63,29	72,25	486,38
16:00	6	24,79	58,80	71,79	457,26
16:00	7	26,34	55,20	73,60	477,16
Média da Semana 3		23,91	69,54	71,85	459,16

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	21,71	83,74	69,61	431,68
18:00	2	24,02	83,50	71,88	440,23
18:00	3	23,25	81,16	71,42	441,12
18:00	4	21,90	83,05	69,17	429,34
18:00	5	21,71	75,87	69,18	431,39
18:00	6	23,24	69,10	70,25	441,72
18:00	7	22,09	79,80	69,82	434,62
Média da Semana 3		22,56	79,46	70,19	435,73

Tabela 7: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o ambiente externo, na primeira semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	20,95	89,91	84,38	437,62
08:00	2	20,95	86,55	75,50	455,75
08:00	3	20,57	86,42	83,57	455,48
08:00	4	20,57	83,16	78,74	442,87
08:00	5	21,33	80,33	78,41	447,56
08:00	6	20,95	86,55	74,71	446,72
08:00	7	19,42	92,95	73,79	441,68
Média da Semana 1		20,68	86,55	78,44	446,81
10:00	1	25,17	68,02	88,72	464,08
10:00	2	22,86	81,05	77,38	449,15
10:00	3	24,01	72,85	83,80	457,97
10:00	4	23,24	69,51	83,26	470,53
10:00	5	23,63	72,61	82,78	472,82
10:00	6	23,24	75,32	80,35	469,88
10:00	7	23,63	72,61	84,95	461,90
Média da Semana 1		23,68	73,14	83,04	463,76
12:00	1	26,34	56,12	83,97	490,87
12:00	2	25,56	70,88	88,17	480,29
12:00	3	27,52	56,96	88,50	484,13
12:00	4	25,56	60,48	88,65	477,51
12:00	5	25,17	65,37	84,44	478,61
12:00	6	22,48	83,94	79,07	457,61
12:00	7	25,56	65,60	84,59	471,64
Média da Semana 1		25,46	65,62	85,34	477,24
14:00	1	28,31	55,19	88,12	781,35
14:00	2	25,56	63,02	85,68	794,64
14:00	3	29,50	43,20	92,42	922,17
14:00	4	27,12	56,72	93,18	970,32
14:00	5	26,34	63,52	87,34	730,96
14:00	6	26,34	63,52	88,26	825,80
14:00	7	25,56	63,02	81,37	720,24
Média da Semana 1		26,96	58,31	88,05	820,78
16:00	1	27,91	54,94	82,22	656,84
16:00	2	27,91	59,59	87,97	549,04
16:00	3	24,79	70,45	76,44	548,25
16:00	4	25,56	63,02	78,88	614,69
16:00	5	25,17	65,37	78,15	598,02
16:00	6	24,40	78,67	82,26	681,29
16:00	7	24,79	65,08	80,05	712,50
Média da Semana 1		25,79	65,30	80,85	622,95

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	22,86	72,11	71,22	467,14
18:00	2	19,42	86,09	66,44	417,63
18:00	3	22,48	77,85	69,23	430,86
18:00	4	21,71	77,43	68,93	430,86
18:00	5	22,48	77,85	70,00	435,38
18:00	6	22,09	87,00	70,11	433,09
18:00	7	21,71	86,88	69,97	439,29
Média da Semana 1		21,82	80,75	69,41	436,32

Tabela 08: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o ambiente externo, na segunda semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	21,71	80,51	77,34	446,80
08:00	2	19,81	96,40	72,59	439,87
08:00	3	18,28	100,00	72,25	433,09
08:00	4	18,66	100,00	70,46	430,88
08:00	5	19,42	89,50	71,25	424,20
08:00	6	20,95	82,98	83,25	446,22
08:00	7	21,33	88,38	84,23	445,31
Média da Semana 2		20,02	91,11	75,91	438,05
10:00	1	25,17	65,37	88,49	468,23
10:00	2	21,71	86,88	76,98	452,25
10:00	3	24,01	72,85	85,99	463,47
10:00	4	20,57	93,16	80,22	448,64
10:00	5	22,86	87,16	83,15	456,47
10:00	6	22,48	72,72	83,99	458,81
10:00	7	23,63	82,64	87,78	458,10
Média da Semana 2		22,92	80,11	83,80	458,00
12:00	1	25,95	71,06	86,07	460,96
12:00	2	22,48	80,87	77,63	444,46
12:00	3	25,17	71,91	81,90	478,37
12:00	4	22,48	93,39	83,00	465,38
12:00	5	24,01	76,06	85,79	473,52
12:00	6	24,01	76,06	84,48	474,35
12:00	7	25,56	72,93	86,09	483,71
Média da Semana 2		24,24	77,47	83,57	468,68
14:00	1	24,01	75,69	74,23	482,14
14:00	2	22,86	75,10	75,75	520,07
14:00	3	23,63	75,47	78,86	674,16
14:00	4	23,24	93,59	74,82	460,96
14:00	5	24,40	77,10	86,37	857,18
14:00	6	25,17	71,91	86,15	744,23
14:00	7	27,12	57,03	96,16	929,22
Média da Semana 2		24,35	75,13	81,76	666,85
16:00	1	19,42	92,95	66,87	417,63
16:00	2	19,04	96,42	66,19	403,89
16:00	3	20,57	96,56	75,60	542,86
16:00	4	19,04	91,22	66,25	415,47
16:00	5	20,57	91,30	68,71	430,28
16:00	6	24,01	76,06	78,62	651,95
16:00	7	25,56	72,93	81,99	664,45
Média da Semana 2		21,17	88,21	72,03	503,79

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	19,04	100,00	66,78	415,47
18:00	2	18,66	96,38	66,05	413,31
18:00	3	20,57	100,00	69,24	426,44
18:00	4	18,66	96,85	65,70	411,16
18:00	5	19,42	96,08	67,06	417,63
18:00	6	19,72	94,85	68,48	415,39
18:00	7	22,09	82,31	69,41	423,17
Média da Semana 2		19,74	95,21	67,53	417,51

Tabela 09: Valores diários e médias semanais para os principais horários de observação da temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), para o ambiente externo, na terceira semana experimental

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
08:00	1	21,33	88,38	83,81	437,62
08:00	2	18,28	92,73	68,36	435,38
08:00	3	16,76	96,18	65,74	428,65
08:00	4	16,76	96,18	66,51	428,65
08:00	5	19,04	82,56	74,56	413,69
08:00	6	17,52	88,94	67,10	419,86
08:00	7	17,90	92,66	67,08	418,20
Média da Semana 3		18,23	91,09	70,45	426,01
10:00	1	24,79	65,08	86,06	466,46
10:00	2	20,19	86,28	72,09	444,46
10:00	3	17,52	96,26	67,16	438,55
10:00	4	19,04	82,56	73,77	455,25
10:00	5	19,42	82,73	73,13	439,61
10:00	6	19,81	76,31	74,38	436,52
10:00	7	21,71	74,39	83,12	447,77
Média da Semana 3		20,35	80,52	75,67	446,95
12:00	1	25,95	60,75	83,42	475,75
12:00	2	20,95	86,55	76,69	433,09
12:00	3	17,90	92,66	68,98	440,78
12:00	4	21,33	74,15	78,77	442,19
12:00	5	22,09	68,73	78,60	450,09
12:00	6	22,09	65,84	78,36	470,48
12:00	7	24,01	61,84	88,25	461,76
Média da Semana 3		22,05	72,93	79,01	453,45
14:00	1	20,95	77,00	70,55	442,19
14:00	2	21,71	83,72	74,78	554,95
14:00	3	19,42	86,09	73,75	616,09
14:00	4	21,71	74,39	73,72	562,53
14:00	5	24,01	61,84	85,05	826,00
14:00	6	23,24	61,21	76,72	643,30
14:00	7	23,24	66,71	77,21	554,90
Média da Semana 3		22,04	72,99	75,97	599,99
16:00	1	24,01	72,85	74,79	542,96
16:00	2	22,48	80,87	78,85	667,68
16:00	3	20,19	79,75	73,19	537,27
16:00	4	22,86	69,24	81,41	627,21
16:00	5	22,86	69,24	75,29	598,88
16:00	6	23,63	61,49	81,00	717,47
16:00	7	24,79	54,70	84,18	665,86
Média da Semana 3		22,97	69,73	78,39	622,48

Horas	Dias da Semana	Tbs	UR	ITGU	CTR
18:00	1	17,52	90,00	64,11	397,08
18:00	2	19,81	92,93	67,01	417,63
18:00	3	17,90	92,66	64,79	409,02
18:00	4	18,66	85,81	65,39	413,31
18:00	5	18,66	89,28	65,61	413,31
18:00	6	19,04	82,56	64,17	406,89
18:00	7	20,19	86,28	66,72	417,63
Média da Semana 3		18,83	88,50	65,40	410,70

Tabela 10: Valores diários e médias semanais da temperatura máxima, mínima e amplitude térmica registradas no exterior dos galpões, durante o período experimental

Dia	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Amplitude Térmica (°C)
10/03/2005	29,50	16,76	12,74
11/03/2005	28,31	17,90	10,41
12/03/2005	29,50	15,23	14,27
13/03/2005	28,31	16,38	11,93
14/03/2005	27,12	18,66	8,46
15/03/2005	26,34	18,66	7,68
16/03/2005	26,34	18,28	8,06
Média da Semana 1	27,92	17,41	10,51
17/3/2005	26,34	17,14	9,20
18/3/2005	23,63	17,52	6,11
19/3/2005	25,56	16,38	9,18
20/3/2005	24,40	17,52	6,88
21/3/2005	25,56	17,52	8,04
22/3/2005	25,95	18,28	7,67
23/3/2005	27,12	17,52	9,60
Média da Semana 2	25,51	17,41	8,10
24/3/2005	26,73	17,90	8,83
25/3/2005	22,86	17,14	5,72
26/3/2005	21,33	15,62	5,71
27/3/2005	24,01	15,62	8,39
28/3/2005	24,40	16,00	8,40
29/3/2005	24,40	16,38	8,02
30/3/2005	25,56	16,38	9,18
Média da Semana 3	24,18	16,43	7,75
Média do período experimental	25,87	17,09	8,78