

ASPERSÃO DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA SOBRE A COBERTURA DE AVIÁRIOS COM TELHAS DE AÇO NA REGIÃO CENTRO OESTE DO BRASIL

MACHADO, Neiton Silva¹
TINÔCO, Ilda de Fátima Ferreira²
ZOLNIER, Sérgio²
MOGAMI, Cristina Akemi³
ROCHA, Keller Sullivan Oliveira²

Recebido em: 2015.08.27

Aprovado em: 2016.04.29

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1556

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho estudar os principais efeitos da aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de telhas de aço de instalações comerciais para produção de frangos de corte, na região centro-oeste do Brasil. Foram avaliados variáveis climáticas, temperatura da superfície inferior das telhas, índices zootécnicos e índices de conforto térmico. Adicionalmente, foram avaliados o tempo de funcionamento, o consumo de água e o consumo de energia pelo sistema de resfriamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e três repetições: Tratamento um - três aviários equipados com sistema de resfriamento interno, modo túnel com pressão negativa, e aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de telhas de aço (CA); Tratamento dois - três aviários idênticos aos do tratamento 1 embora, sem aspersão de água sobre a cobertura (SA). O tratamento CA, em média, proporcionou a redução de 19,5°C na temperatura média da superfície interna das telhas no horário mais crítico do dia às 15:00h e reduziu a temperatura média do ambiente ao nível das aves em 1,9 °C. Ademais, os índices de conforto térmico no tratamento CA apresentaram valores inferiores durante todo período experimental, houve redução no tempo de funcionamento do segundo grupo de exaustor em 4,8 %, no terceiro grupo em 7,5 % e na bomba de nebulização interna em 9,6 %, reduzindo assim o consumo de energia elétrica, redução na mortalidade, melhoria na conversão alimentar e aumento no ganho de massa corporal média das aves ao abate.

Palavras-chave: Ambiência. Avicultura. Conforto térmico.

RAIN WATER SPRAY STORED ON THE BROILER SHEDS COVER WITH STEEL TILES IN THE CENTER WEST REGION OF BRAZIL

SUMMARY The objective of this work was to study the main effects of rain water spray stored on steel tiled roof of commercial facilities for the production of broilers, in the center-west region of Brazil. Climatic variables, temperature of the under surface of the tiles, zootechnical indexes, thermal comfort indexes were evaluated. Additionally, operating time, water and energy consumption by the cooling system were evaluated. The experimental design was completely randomized with two treatments and three repetitions: Treatment 1 – three steel tiled roof broiler sheds equipped with internal cooling system, tunnel with negative pressure mode, and a sprinkling of rainwater system (SR); Treatment 2 – three broiler sheds identical to the treatment 1, however without a sprinkling of rainwater system (WSR). The SR treatment reduced 19.5 °C average temperature of the under surface of the tiles in the most critical time of day, which was at 3:00 pm and the environmental average temperature in the same position of the animals was reduced about 1.9 °C. Moreover, the thermal indexes showed lower values throughout the experimental period in the SR treatment. In addition, operating time of the second and third extractor group were reduced 4.8%, and 7.5% respectively; while internal misting pump had 9.6% of operating time reduced. This allowed reducing of electricity consumption, mortality reduction, improvement in feed conversion and increased average slaughter body mass gain.

¹ UNIVASF / CEAGRO - Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco/Colegiado Acadêmico de Engenharia Agrônômica

² UFV/DEA - Universidade Federal de Viçosa/ Departamento de Engenharia Agrícola

³ IF Sertão PE - Instituto Federal do Sertão Pernambucano Zona Rural

Keywords: Animal ambience. Aviculture. Thermal comfort.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Brasil conquistou espaço expressivo no mercado avícola mundial. É atualmente o maior exportador de carne de frango e disputa o segundo lugar no ranking mundial de produção com a China (ABPA, 2015). Entretanto existem algumas dificuldades na produção de aves no Brasil, pois o país é de clima tropical e subtropical e a temperatura dentro dos aviários é elevada na maior parte do ano, prejudicando o desempenho produtivo das aves.

A alta incidência da radiação solar sobre a cobertura das instalações avícolas é um dos principais causadores do aquecimento dos aviários. Embora, o micro clima dentro das instalações avícolas pode ser influenciado pelo número de aves alojadas por área, tipo de edificação, forma, paisagismo circundante, materiais de construção dentre outros. Entretanto, o material de cobertura é a única estrutura física do projeto responsável pelo controle térmico da radiação, e vale lembrar que as instalações avícolas brasileiras são abertas e as cortinas laterais são débeis e, na realidade, indesejáveis ao controle térmico natural de verão, uma vez que obstruem a ventilação natural (TINÔCO, 2001).

Desta forma, o grande desafio para o setor avícola brasileiro é o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo que proporcione às aves condições ambientais favoráveis para que estas possam expressar todo o seu potencial genético, uma vez que, os materiais isolantes industrializados disponíveis no Brasil ainda tem um preço elevado para a nossa realidade de produção animal.

Neste sentido, a aspersão de água diretamente sobre a cobertura, nas horas mais quentes do dia, reduz a temperatura da telha, tanto por condução quanto por evaporação, sendo sugerida por diversos autores (VAQUERO, 1981; RODRIGUES, 1998; MORAES, 2002; FURTADO et al., 2003; FURTADO et al., 2006; MACHADO 2007; MACHADO et al 2012) como apoio aos sistemas de arrefecimento interno dos galpões para propiciar maior conforto térmico ambiental às aves.

Ademais, Rodrigues (1998) ao realizar o desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escala distorcida afirma que a micro aspersão intermitente sobre telha ondulada de cimento-amianto tem potencial para propiciar retorno econômico aos produtores, pois houve acréscimo de ganho de peso diário, durante a última semana de criação (42 aos 49 dias), de 58 g/dia.ave, para uma instalação com ventilação deficiente, e 28 g/dia.ave, para uma instalação bem ventilada, sujeita ao efeito de vento e termossifão; para os casos de ventilação muito deficiente verificou-se que o sistema se paga com a criação de 4 lotes de frangos, enquanto que, para situações de melhores condições de ventilação natural, verificou-se que o sistema se paga com a criação de cerca de 8 lotes de frangos.

Oliveira et al (2015) estudando a ambiência em aviários matrizeiros cobertos com telhas térmicas e de alumínio na região centro-oeste do Brasil concluíram que galpões com cobertura térmica apresentam valores de índices térmicos mais favoráveis em relação aos galpões com cobertura de telhas de alumínio, e que o uso de coberturas térmicas minimiza a amplitude térmica, e que às 14h, os galpões apresentam os maiores valores para todas as variáveis ambientais e os índices de conforto térmico, e pode ser considerado como o momento crítico. Entretanto não foi relatado a questão do custo.

Tendo em vista o exposto, objetivou-se com este trabalho estudar os principais efeitos da aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de telhas de aço de instalações comerciais para produção de frangos de corte, na região centro-oeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização das instalações

A parte experimental da pesquisa foi realizada no município de Rio Verde-GO, localizado na latitude 17 55' S e longitude 50 55' O e altitude de 753 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa (tropical de altitude) com médias térmicas entre 19°C e 27°C.

Foram utilizados seis aviários idênticos de produção industrial de aves de corte do Sistema de Integração da Perdigão Agroindustrial S/A. Os aviários possuem as seguintes dimensões 125 x 12,8 x 3m com 0,50 m de beiral, 25 % de inclinação do telhado. As instalações eram de estrutura metálica tendo como material de cobertura telhas de aço. Cada aviário foi utilizado para a criação de 22.700 frangos da linhagem Cobb, com uma densidade de alojamento de 14 aves. m⁻². As matrizes que forneceram os pintinhos foram equalizadas, fornecendo o mesmo número de animais para cada galpão.

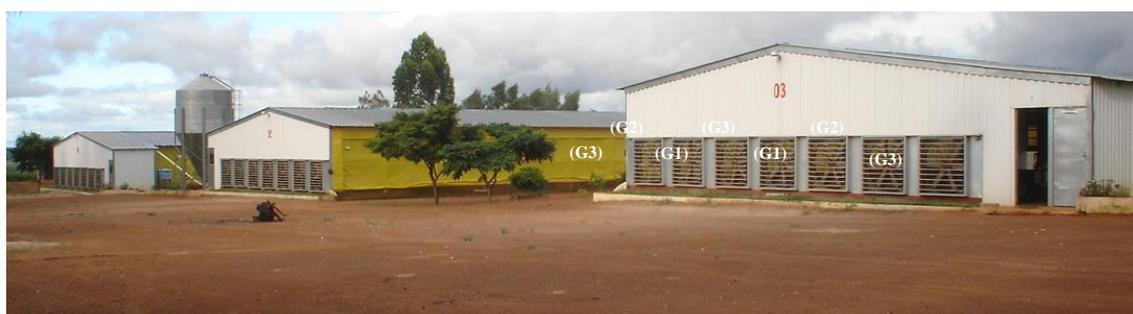
Todos os aviários foram equipados com sistema de ventilação forçada por pressão negativa em modo túnel, composto por: sete exaustores com motores de 1 cv e 76,5% de rendimento instalados em uma das extremidades do aviário (Figura 1) e entrada de ar de 22,8 m² na extremidade oposta. Dentro dos galpões existe um sistema de nebulização, composto por 180 bocais instalados equidistantes a uma altura de 3 m do piso acionados por uma motobomba com potência de 2 cv e 76,5 % de rendimento para cada aviário. O acionamento do sistema de ventilação se dava de acordo com a temperatura interna dos aviários e a idade das aves, de forma escalonada em grupos de trabalho, denominados (G1, G2 e G3) conforme descrito na Tabela 1 e ilustrados na Figura 1.

Tabela 1: Temperaturas de acionamento do sistema de ventilação forçada e resfriamento evaporativo em função da idade das aves recomendado pela assistência técnica da integradora.

Idade das aves	Temperatura de acionamento (°C)				
	G1	G2	G3	BNI	BSA
18 - 19	30,0	32,0	34	32	32,0
20 - 24	29,0	31,0	33	31	31,0
25 - 29	28,0	30,0	32	30	30,0
30 - 34	27,0	28,0	29	29	28,0
35 - 39	25,0	26,0	27	28	26,0
40 ao abate	24,0	25,0	26	27	25,0

Em que: G1 = Grupo um de exaustores; G2 = Grupo dois de exaustores; G3 = Grupo três de exaustores; BNI = Bomba do sistema de nebulização interna; BSA = Bomba do sistema de aspersão de água sobre a cobertura.

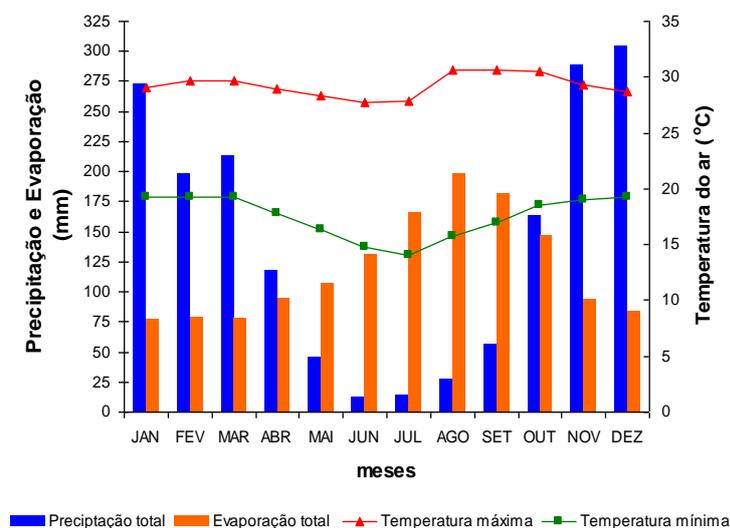
Figura 1: Vista dos três aviários com o sistema de aspersão adicional instalado sobre a cobertura e indicação dos grupos de exaustores do sistema de ventilação forçada positiva em modo túnel.



Fonte: Machado (2007)

No dimensionamento do reservatório para armazenamento da água da chuva, foram utilizados os dados das normais climatológicas de precipitação média do ano de 1961 a 1990 (Brasil, 1992), correspondente a uma série histórica de 30 anos. Dessa forma, identificaram-se os meses com média de precipitação superior à média de evaporação (novembro a março) e os meses de maior média de evaporação (julho a setembro), a qual foi determinada pelo evaporímetro de Pichê conforme representado na Figura 02.

Figura 02- Normais climatológicas de Rio Verde-GO (1961 a 1991).



Fonte: Machado (2007)

O sistema de aspersão foi composto por uma motobomba com potência de 1,5 CV e 81,5% de rendimento, 21 micro aspersores da marca Naan-Dan modelo Haddar 7110 e tubulação de recalque em PVC com diâmetro nominal de $\frac{3}{4}$ ", independentes do sistema de nebulização interna.

Os micro aspersores, possuem bocal de 1,2 mm de diâmetro com vazão de projeto 88 L.h⁻¹ estes foram distribuídos em cada galpão em uma única linha ao longo da cumeeira da instalação. O espaçamento entre eles foi de 6,0 m para melhorar a uniformidade de molhamento da cobertura decorrente da sobreposição dos jatos e ao mesmo tempo não ser necessário cortar os tubos para instalação dos mesmos.

As demais informações técnicas de projeto tais como: Representação gráfica, dimensionamento e orçamento encontram-se descritas em Machado (2007).

Instrumentação e medições

O sistema de aspersão entrou em funcionamento a partir do vigésimo primeiro dia de alojamento das aves, permanecendo em uso, diariamente, até o quadragésimo segundo dia (abate das aves) das 10:30 h às 19:00 h, com a finalidade de auxiliar o sistema de resfriamento evaporativo interno dos aviários. O acionamento do sistema de aspersão ocorria, de forma automática, com base na temperatura interna das instalações de acordo com os valores pré-estabelecidos na Tabela 1.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno e externo foram utilizados dataloggers da marca Hobo®, modelo H0803206, e da marca Testo®, modelo 175 H1 e 175 H2. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de 15 minutos. Dataloggers e termômetros de globo negro foram instalados no interior de cada galpão, ao nível médio das

aves a aproximadamente 39 metros de distância dos exatores ao lado dos sensores do sistema de comando dos equipamentos de resfriamento. No abrigo meteorológico, localizado a 50 m do primeiro aviário sem aspersão, a 1,5 m de altura do solo, foi instalado um datalogger e um globo negro objetivando calcular os índices de conforto térmico no ambiente externo para efeito de comparação. A 0,25 m abaixo do nível das telhas de cada galpão foram instalados dataloggers, na mesma prumada dos sensores posicionados ao nível das aves, para verificar o gradiente vertical de temperatura, ou seja, verificar a influência do pé direito da instalação.

O monitoramento da velocidade do ar, interna e externa as instalações e a temperatura da superfície interna das telhas foi realizado manualmente diariamente de duas em duas horas das 07:00 às 19:00 horas. A velocidade do ar foi obtida por meio de um anemômetro digital da marca Lutron[®], modelo AM 4201 e as temperaturas da superfície interna das telha foram coletadas por meio de termômetro infravermelho da marca ICEL[®], modelo TD 950, com resolução de 1°C e exatidão de ± 2 °C.

Todos os dataloggers e termômetros foram devidamente calibrados no Laboratório de Instrumentação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa obtendo-se uma equação de ajuste para cada um dos sensores.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado de acordo com equação de Thom, (1959). O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi calculado de acordo com a equação de Buffington et al., (1981).

A Carga Térmica Radiante (CTR) que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo animal de todos os espaços ou partes da vizinhança, foi determinada segundo a metodologia proposta por Esmay, (1969). A Temperatura Radiante Média (TRM) que é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto à do ambiente atual considerado foi determinada de acordo com a equação de Kelly et al., (1954).

Para estimar o efeito do ambiente externo no desempenho produtivo dos animais foi calculado o grau de estresse acumulado acima do valor médio da faixa de conforto térmico ideal, recomendada pela literatura, para criação de frangos de corte dos 21 aos 42 dias. Subtraiu-se o valor médio da faixa de conforto de ITGU e ITU recomendado por (OLIVEIRA, OLIVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA, DONZELE et al., 2006) dos valores calculado em intervalos de uma hora para cada tratamento e acumulou-se a diferença ao longo do tempo. Este procedimento foi similar ao efetuado por Lyra et al (2003) para calcular o tempo térmico acumulado, expresso em graus dias.

A pressão e a vazão da água aspergida sobre a cobertura do tratamento CA foi determinada pelo método direto, coletando-se um volume de água em um intervalo de tempo de 10 segundos, em três pontos distintos (início, meio e fim da linha de distribuição) com três repetições cada. As medições foram realizadas sempre quando o sistema estava em funcionamento nos três aviários simultaneamente.

O consumo de energia foi calculado considerando a potência mecânica e o rendimento dos motores. Desta forma obteve-se a potência elétrica, a qual multiplicada pelo tempo de acionamento, já determinado com base na temperatura interna dos aviários, chegou-se ao valor de consumo de energia elétrica em kW h para cada tratamento.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos e três repetições: Tratamento 1, três aviários equipados com sistema de resfriamento evaporativo em modo túnel, com pressão negativa, nebulização interna e com aspersão de água de chuva

armazenada sobre a cobertura (CA); Tratamento 2, três aviários idênticos aos do tratamento um, embora, sem aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura (SA).

Realizou-se o teste de normalidade e o teste de homogeneidade das variâncias dos dados e em seguida efetuou-se a análise de variância (ANOVA) dos índices de desempenho zootécnico, vazão e pressão de água aspergida. Aplicou-se o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade para comparar os índices zootécnicos entre os tratamentos e o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparar as vazões e pressões da água aspergida sobre os galpões do tratamento CA.

A massa corporal⁴ média dos animais de 1, 7, 14 e 21 dias de idades foram fornecidos pela assistência técnica da integradora. A partir do vigésimo terceiro dia de vida das aves a massa corporal média foi obtida amostrando-se duzentos animais em cada tratamento todos os dias antes das 6:00h. O modelo semi-empírico expolinear de Goudriaan e Monteith, 1990 (Equação) foi ajustado aos dados de massa corporal média diária das aves por meio de regressão não linear. A escolha deste modelo se deu em virtude dos parâmetros apresentar explicação matemática, física e biológica e serem estatisticamente significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de Student e o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) apresentar um valor alto.

$$M_c = \frac{T_{mca}}{T_{mcr}} \cdot \ln \left\{ 1 + \text{Exp} \left[T_{mcr} \cdot (\text{Idade} - t) \right] \right\} \quad \text{Equação 1}$$

Em que,

M_c = Massa corporal do animal, (kg);

Idade = Idade do animal, (dias de vida);

T_{mca} = Taxa máxima de crescimento absoluto do animal, (kg.animal⁻¹.dia⁻¹);

T_{mcr} = Taxa máxima de crescimento relativo do animal, (kg.kg.dia⁻¹);

t = Tempo necessário para alcançar o máximo crescimento relativo e metade da taxa de crescimento absoluto do animal.

A taxa de crescimento absoluto é a primeira derivada da equação do modelo, assim como a taxa de crescimento relativo é a segunda derivada.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Verificou-se que a temperatura média máxima ao nível das aves, em ambos os tratamentos, com e sem aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de aço, foi de 29,8 e 31,7 °C, respectivamente, enquanto a média máxima da temperatura do ambiente externo foi de 29 °C (Figura 3). Estes valores foram semelhantes aos encontrados por (FURTADO et al., 2003) em seu trabalho com frango de corte no nordeste do Brasil no estado da Paraíba, o qual verificou temperatura ao nível das aves, às 16:00 horas de 27,9 °C em galpões avícolas com aspersão sobre cobertura de cimento amianto e ventilação artificial e 29,2 °C em galpões sem aspersão de água sobre a cobertura e com ventilação artificial.

A umidade relativa, ao nível das aves, permaneceu em média entre 75 e 87 %, o dia todo, para ambos os tratamentos. Esta faixa de umidade relativa encontra-se superior a recomendada por (BAËTA e

⁴ Neste trabalho será adotado o termo massa corporal como sinônimo dos termos peso corporal e peso vivo, comumente adotado em alguns trabalhos científicos, tendo em vista que a unidade quilograma (kg) é a unidade de massa no sistema internacional de medidas.

SOUZA, 1997 e TINÓCO, 2001), os quais sugerem que a faixa ideal para o desenvolvimento dos frangos esteja entre 50 e 70%, contudo, como o sistema de acondicionamento de ambiente é por via evaporativa, limite até 80 a 85 % são considerados aceitáveis, já que o próprio sistema incorpora umidade ao ar ambiente.

Os aviários submetidos ao tratamento CA apresentaram valores de umidade relativa superiores aos encontrados no tratamento SA, para todos os dias, no período de 11:00 às 19:00 hora. O acréscimo de umidade relativa no tratamento CA alcançou 4 %, ao nível das aves. Este fato pode ser atribuído ao sistema de aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura estar em funcionamento neste horário, interferindo no micro clima local e elevando a umidade relativa do ar de entrada dos aviários.

Verifica-se que a temperatura média da superfície interna da telha alcançou valores altos (48,7 °C) próximo das 15:00 horas no tratamento SA, fato que não ocorreu no tratamento CA (29,2 °C), evidenciando assim, uma diferença térmica na cobertura de 19,5 °C entre os tratamento neste respectivo horário conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 2 Valores médios de temperatura e umidade relativa ao nível das aves em função do tempo.

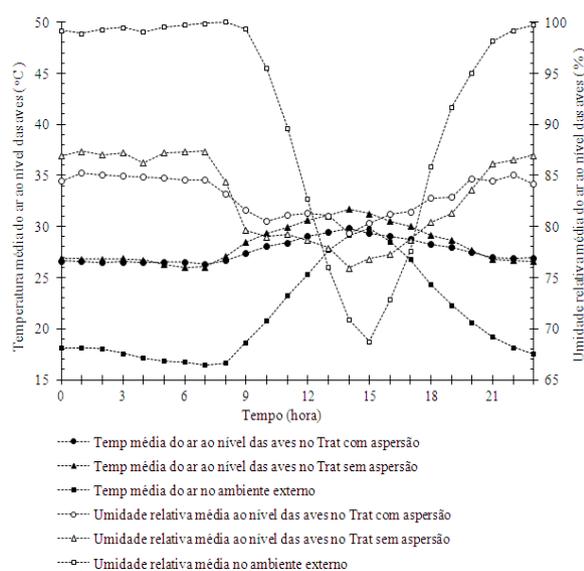
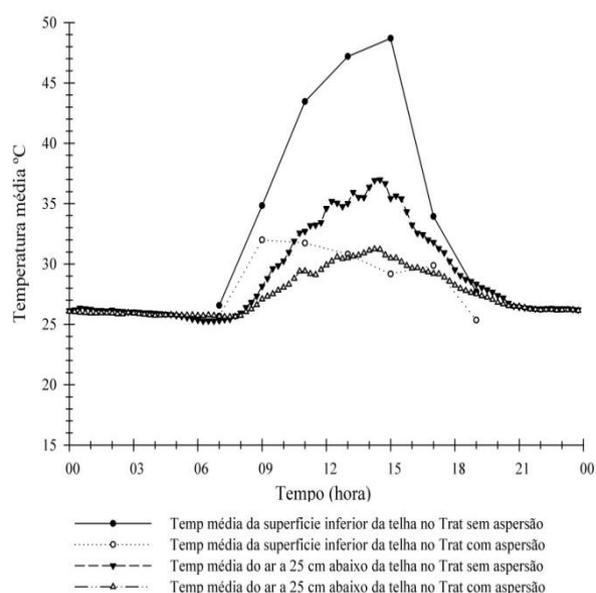


Figura 3 Valores médios da temperatura da superfície interna das telhas e da interna das telhas e da temperatura do ar a 0,25 m abaixo telhas em função do tempo.



O fato de o tratamento SA apresentar valores altos de temperatura da superfície interna da telha influenciou nos valores de temperatura média a 0,25 m abaixo do telhado e nos valores de temperatura média ao nível das aves, contribuindo assim para o elevado gradiente de temperatura estabelecido. Isto fez com que, os sistemas de arrefecimento internos fossem mais solicitados na tentativa de reduzir este gradiente, demandando assim maior quantidade de energia para o resfriamento do ambiente ao nível das aves. No tratamento CA este gradiente de temperatura foi menor e conseqüentemente o tempo de funcionamento do sistema de arrefecimento interno foi menor conforme pode ser verificado na Tabela 2 e na Tabela 3.

De acordo com Oliveira e Oliveira et al., (2006) e Oliveira e Donzele et al., (2006) o valor máximo da faixa de conforto térmico de ITGU, em galpões avícolas para frangos de corte, de 21 a 42 dias de idade, é 76,0 e que a partir deste valor as aves entram em estado inicial de estresse calórico. Embora, a

faixa de ITGU encontrada em ambos os tratamentos (CA e SA) situar-se entre 77 e 84 (Figura 4) e isto configurar estado inicial de estresse calórico de acordo com o limite proposto por (OLIVEIRA, OLIVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA, DONZELE et al., 2006) os resultados deste trabalho foram semelhantes aos encontrados por (MENEGALI, 2005; MENEGALI et al., 2009; MENEGALI et al., 2010), cujos valores de ITGU situou-se entre 80 e 86, na quarta semana de vida das aves criadas em aviários com telhas cerâmicas e com sistema de arrefecimento interno com pressão negativa em modo túnel no período de inverno na região sul do Brasil. Desta forma, podemos inferir que o valor 76 como limite superior da faixa de conforto térmico do ITGU para frangos de corte criados em galpões comerciais no Brasil não é a realidade de campo nos horários críticos do dia.

De acordo com Moraes et al. (1999) e Moraes (2002), valores de CTR acima de 450 W m^{-2} os animais apresentavam sintomas de estresse por calor. Desta forma pode-se inferir que a aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura contribuiu para que a instalação, como um todo, reduzisse a CTR ao nível dos animais e, conseqüentemente, o estresse calórico dos mesmos, uma vez que, a CTR externa, alcançou valores médios horários de 685 W m^{-2} as 15:00 horas, enquanto a CTR ao nível dos animais no tratamento SA foi de 509 W m^{-2} e no tratamento CA de 490 W m^{-2} no respectivo horário (Figura 7).

Observou-se uma queda drástica nos valores de CTR externa no período de 29 a 33 dias de vida das aves. Este fato pode ser atribuído às chuvas ocorridas nesta fase do experimento (chuvas de verão). Porém, as diferenças entre os tratamentos permaneceram (Figura 6 e 8). Este fato pode ser atribuído como vantagem do sistema de aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura em manter a faixa de ITGU e CTR constantes mesmo em períodos chuvosos de verão, em que ocorrem horas de sol intenso entre uma chuva e outra. Os picos de sol intenso entre as chuvas de verão promovem o aumento acentuado da temperatura das telhas de aço fato que influencia diretamente as condições ambientais internas das instalações, ou seja, a aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura ameniza os picos de calor tão danosos para a criação de frangos de corte.

Figura 4: ITGU médio horário.

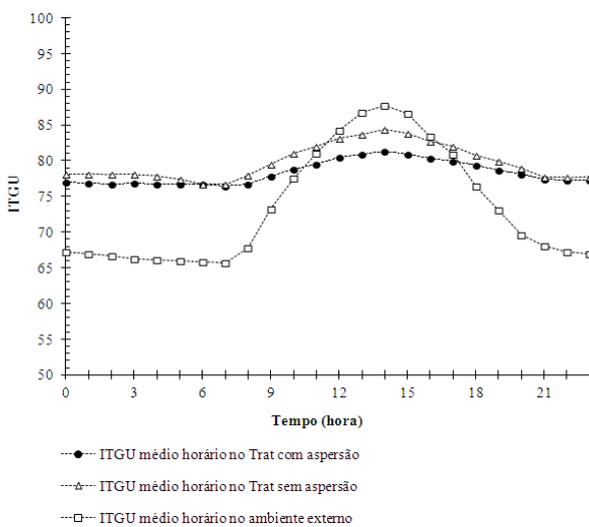


Figura 5: ITGU médio diário.

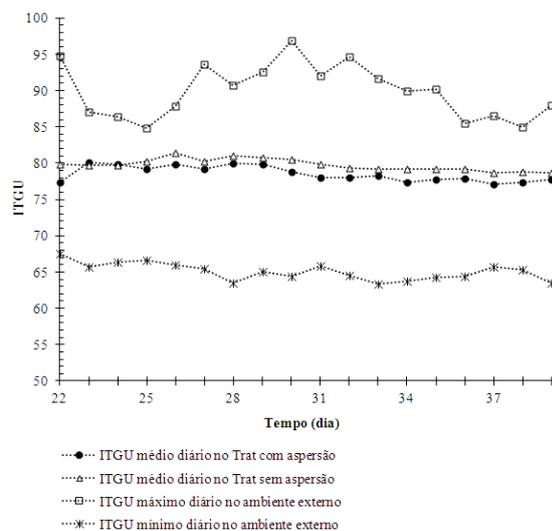
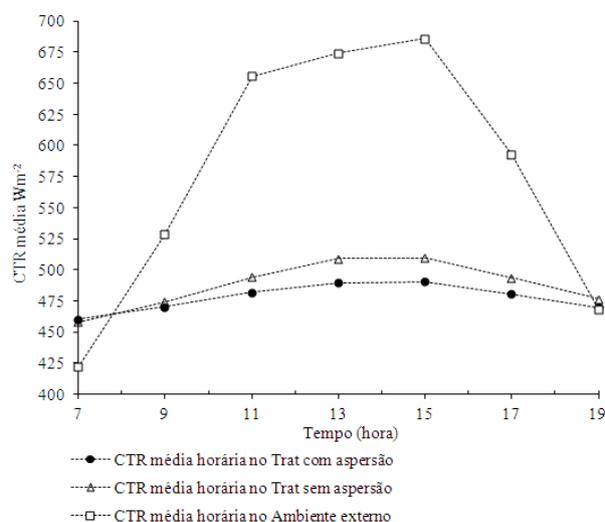
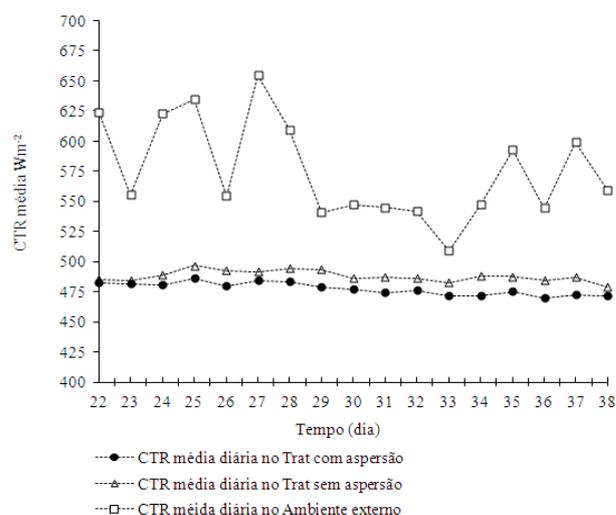
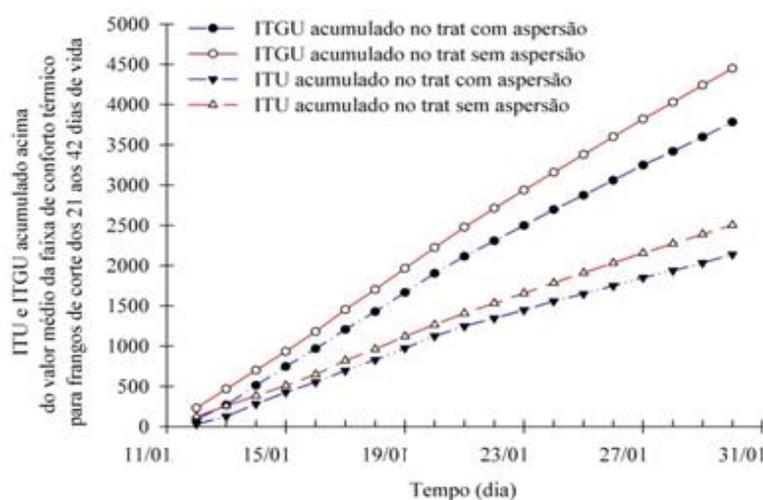


Figura 6: CTR média horária.**Figura 7:** CTR média diária

Para ambos os índices térmicos calculados, o tratamento SA apresentou maior estresse térmico acumulado acima do limite superior da faixa de conforto (76) proposta por Oliveira e Oliveira et al. (2006) e Oliveira, Donzele et al., (2006) para as aves de 21 aos 42 dias de idade (Figura 9). Isto indica que as aves criadas no tratamento SA foram submetidas a condições térmicas mais estressantes, por calor, que as aves criadas no tratamento CA. Fato que justifica o melhor desempenho das aves criadas no tratamento CA, que alcançaram maior massa corporal média ao abate com o mesmo consumo de ração das aves criadas no tratamento SA.

Figura 9: Valores de ITU (Índice de Temperatura e Umidade) e ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade) acumulados acima do valor médio de conforto para as aves de corte de 21 a 42 dias de idade para cada tratamento.

Observou-se que houve redução no tempo de funcionamento dos grupos de exaustores G2 e G3 e da bomba de nebulização quando se compara os tratamentos (Tabela 2). Este acontecimento pode ser atribuído ao fato do sistema de aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura ter reduzido a temperatura da telha de aço nos horários de sol intenso. Isto fez com que o gradiente de temperatura entre a superfície do telhado e a temperatura da superfície ao nível das aves fosse menor.

O tratamento CA consumiu mais energia, porém, este acréscimo pode ser atribuído ao sistema de bombeamento d'água do poço artesiano (Tabela 3). Esta energia utilizada no bombeamento d'água do poço artesiano foi contabilizada no tratamento CA porque foi necessário utilizar a água utilizada no resfriamento da cobertura para realizarmos o experimento dentro do cronograma previsto. Entretanto, com a coleta e armazenamento da água de chuva de acordo com o projeto proposto não ocorrerá este gasto adicional com energia. A grande vantagem do sistema de aspersão de água sobre a cobertura com aproveitamento de água pluvial, além de promover melhor ambiente térmico para as aves, pode ser feito com o mesmo ou até menos consumo de energia elétrica conforme pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 2: Porcentagem do tempo que o sistema de resfriamento evaporativo interno dos aviários ficou acionado em cada tratamento no período de 21 aos 42 dias de vida das aves

Partes do sistema de arrefecimento térmico interno das instalações	Porcentagem de tempo em funcionamento dos sistemas de arrefecimento térmico em cada tratamento (%)		
	Com aspersão	Sem aspersão	Δ
Grupo 1 de exaustores	73,2	74,4	-1,2
Grupo 2 de exaustores	51,9	47,1	+4,8
Grupo 3 de exaustores	30,9	23,4	+7,5
Bomba de nebulização	31,4	21,8	+9,6

Tabela 3: Consumo de energia pelos diferentes sistemas de arrefecimento térmico dos aviários no período do experimento, 21 aos 42 dias de vida das aves, referente a cada tratamento

Sistemas de arrefecimento térmico	Trat sem aspersão		Trat com aspersão	
	Consumo (kWh)	Custo (R\$)	Consumo (kWh)	Custo (R\$)
1-Ventilação interna	4.421	1.101	4.040	1.006
2-Nebulização interna	791	196	549	137
3-Aspersão de água sobre a cobertura			508	126
4-Bombeamento d'água do poço artesiano			754	188
Total	5.212	1297	5.851	1.457

Preço do kwh na época do experimento R\$ 0,249

As pressões e as vazões médias da água aspergida sobre a cobertura dos aviários do tratamento CA estão representadas na Tabela 4. Verifica-se que ocorreu variação significativa no consumo de água entre os aviários. Entretanto, esta diferença pode ser explicada devido à variação na pressão de serviço média que também apresentou diferença significativa entre os aviários. Embora, este fato não compromete os benefícios obtidos com o sistema de aspersão, pois, a vazão aspergida foi superior a projetada inicialmente de 1848 L.h-1.aviário-1. Isto apenas resalta há necessidade de aumentar a periodicidade de manutenção do sistema.

Tabela 4 Vazão e pressão média de serviço do sistema de aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de telhas de aço.

Aviários	Vazão média (L.h ⁻¹)			Pressão média (mca)		
	Posição ao longo da linha de aspersão instalada sobre a cobertura					
	Início	Meio	Final	Início	Meio	Final
AV 1	2071,4 ^{aA}	1978,2 ^{aB}	1945,4 ^{aB}	33,3 ^{aA}	30,7 ^{aB}	29,3 ^{aC}
AV 2	2016,0 ^{abA}	1925,3 ^{abB}	1885,0 ^{abB}	31,3 ^{bA}	29,3 ^{bB}	28,7 ^{bC}
AV 3	1945,4 ^{bA}	1932,8 ^{bbB}	1897,6 ^{bbB}	28,7 ^{cA}	30,0 ^{cB}	27,3 ^{cC}

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não há diferença estatística entre elas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Por meio das vazões médias dos galpões obtém-se a vazão total do tratamento CA de 5865,8 L.h⁻¹, respectivamente.

A mortalidade no tratamento SA foi de 6,47 %, enquanto no tratamento CA foi de 4,04 % (Tabela 4). Esta diferença de 2,43 % na mortalidade total entre os tratamentos é considerada danosa na produção comercial de frangos de corte. Este fato demonstra que a aspersão de água sobre a cobertura contribuiu significativamente na redução da mortalidade total e consequentemente afetou positivamente o balanço financeiro do produtor.

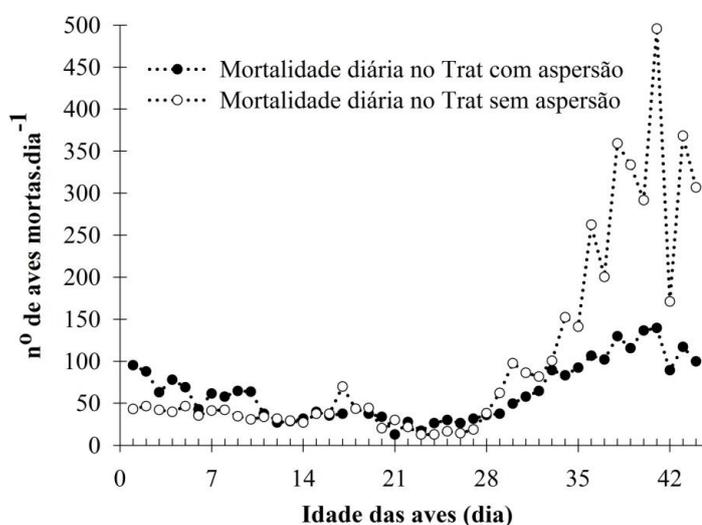
Tabela 5: Índices de desempenho zootécnico

Tratamento	Índices de desempenho zootécnico				
	M (%)	CR (kg)	MC (kg)	CA	IEP
Sem aspersão	6,07	109.518 ^a	2.614 ^a	1,970 ^a	282,1 ^a
Com aspersão	4,04	110.265 ^a	2.723 ^b	1,850 ^b	320,4 ^b

Médias seguidas de mesma letra na coluna indicam que não houve diferença estatística a 5 % de probabilidade pelo teste de Student “t”. Em que: M = mortalidade; CR = Consumo de ração médio em cada aviário; MC = Massa corporal média ao abate com 42 dias de vida; CA = Conversão alimentar; IEP = Índice de eficiência produtiva.

A mortalidade diária das aves para cada tratamento CA e SA pode ser observada na Figura 10.

Figura 10: Quantidade de animais mortos diariamente em cada tratamento.



encontrada.

Erro! Fonte de referência não

Nota-se que a mortalidade no quadragésimo dia de vida das aves no tratamento SA foi muito alta, atingindo um total de 500 aves mortas, enquanto no tratamento CA morreram apenas 140.

As aves criadas no tratamento CA apresentaram massa corporal média ao abate de 2,723 kg, enquanto as criadas no tratamento SA apresentaram 2,614 kg (Tabela 4). Esta diferença foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste t de Student. Entretanto, as aves criadas no tratamento CA consumiram mais ração que as aves do tratamento SA. Porém, esta diferença não foi significativa estatisticamente ($P < 0,05$). Além de que, para o produtor este acréscimo de aproximadamente 15 sacos de 60 kg de ração quando comparado com o ganho de massa corporal que o tratamento CA proporcionou é insignificante.

A conversão alimentar e o Índice de Eficiência Produtiva (IEP) as diferenças entre os tratamentos foram significativas ($P < 0,05$). A conversão alimentar no tratamento CA (1,85) foi melhor que no tratamento SA (1,97), pois apresentou valor menor. Estes resultados foram divergentes dos encontrados por (SARMENTO et al., 2005) que relata que não houve diferença significativa na conversão alimentar, na massa corporal média ao abate e na porcentagem de mortalidade das aves da linhagem Cobb, criados no tratamento com pintura sobre a cobertura das criadas no tratamento sem pintura sobre a cobertura de cimento amianto na região nordeste do Brasil no estado da Paraíba. Entretanto, foram similares aos resultados encontrados por Oliveira e Oliveira et al. (2006) e Oliveira, Donzele et al., (2006) quando estudaram os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 e de 22 a 42 dias de idade, em condições de conforto, calor seco e calor úmido em câmara climática que afirmaram que houve diferença significativa para o ganho de massa corporal, conversão alimentar e consumo de ração.

O IEP para o tratamento CA (320,4) foi superior ao tratamento SA (282,1), em decorrência de a conversão alimentar no tratamento CA ter sido melhor, a mortalidade ter sido menor e o ganho de massa corporal diário ter sido melhor que no tratamento SA. Uma vez que, o consumo de ração não apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) podemos inferir que estes ganhos foram decorrentes do sistema de aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura. Estes resultados foram superiores aos encontrados por Leandro et al. (2006) quando avaliou o IEP de frangos de corte, de acordo com a massa corporal inicial, no período de 1 a 47 dias de idade, cujos valores foram 220,0; 239,9; 243,7; 258,3 para as respectivas massas corporais iniciais 32, 35, 40, 50 g.

Os parâmetros do modelo expolinear ajustado para a estimativa da massa corporal das aves em função da idade para cada tratamento estão representados na Tabela 6.

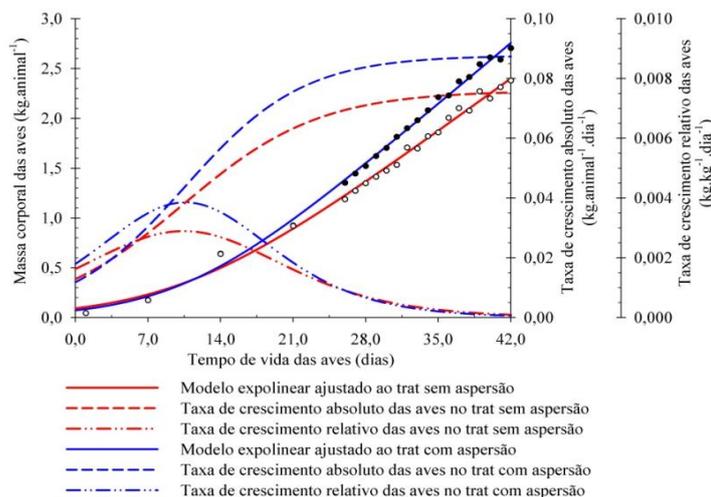
Tabela 6: Parâmetros ajustados para o modelo de crescimento semi empírico expolinear

Tratamentos	Parâmetros ajustados			R ²
	T _{mca}	T _{mcr}	t	
CA	0,0877	0,1757	10,5901	0,9959
Erro padrão	0,0032	0,0258	0,9449	
P valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
SA	0,0759	0,1524	10,4307	0,9925
Erro padrão	0,0041	0,0274	1,5914	
P valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Equação do modelo ajustado	$M_c = \frac{T_{mca}}{T_{mcr}} \cdot \ln \left\{ 1 + \text{Exp} \left[T_{mcr} \cdot (\text{Idade} - t) \right] \right\}$			

A representação gráfica da equação do modelo de estimativa de massa corporal em função da idade e suas respectivas derivadas (taxas de crescimento dos animais) encontram-se ilustradas na Figura 8.

Observa-se que o modelo ajustou-se muito bem aos dados experimentais apresentando coeficiente de determinação acima de 0,99 e todos os parâmetros foram significativos estatisticamente para ambos os tratamentos. A diferença nos resultados estimados pelo modelo para cada tratamento foi definida como sendo o benefício do tratamento CA no ganho de massa corporal.

Figura 8: Representação gráfica do modelo semi empírico de ganho de massa corporal ajustado e suas respectivas taxas de crescimento dos animais.



A taxa de crescimento relativa e absoluta das aves criadas no tratamento SA foi menor que a taxa de crescimento relativo e absoluto das aves criadas no tratamento CA. As aves alcançaram a maior taxa de crescimento relativo na segunda semana de vida $175,5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ no tratamento CA e $152,4 \text{ g.kg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ no tratamento SA, respectivamente. Enquanto a maior taxa de crescimento absoluto ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) foi verificada na última semana de vida. Observa-se na 11 que a taxa de crescimento absoluto tende ao valor máximo com o passar do tempo enquanto a taxa de crescimento relativo tende ao valor mínimo em ambos os tratamentos. No tratamento CA a estabilidade da taxa de crescimento absoluto foi alcançada com $87,7 \text{ g.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e no tratamento SA com $75,9 \text{ g.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, comportamento este considerado normal para aves da linhagem Cobb comprovando assim as diferenças médias encontradas nos índices zootécnicos calculados.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados é possível concluir que a aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de telhas de aço dos aviários instalados na região centro oeste do Brasil proporcionou: redução média de $19,5^{\circ}\text{C}$ na temperatura da superfície interna das telhas no horário crítico do dia às 15:00h; redução na temperatura média do ar ao nível das aves de $1,9^{\circ}\text{C}$; aumento na umidade relativa do ar ao nível das aves em até 4%; manutenção da faixa de ITGU entre 77 e 86; redução no tempo de funcionamento do segundo grupo de exaustor de 4,8 %, no terceiro grupo de 7,5 % e na bomba de nebulização de 9,6 %, totalizando 115 kWh de economia de energia se comparado ao sistema convencional de criação; redução na mortalidade de 2,03 %, melhora na conversão alimentar de 0,14 aumento no ganho de massa corporal média ao abate de 0,109 kg.animal⁻¹ e aumento de 48,3 no Índice de Eficiência Produtiva com um consumo médio de água de 5865,8 L.h⁻¹, ou seja aproximadamente 1955,3 L.h⁻¹.galpão⁻¹

A redução da mortalidade na última semana de vida das aves, proporcionada pela melhoria nas condições ambientais internas dos galpões, pela aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura, foi o resultado mais relevante deste trabalho. Pois, uma mortalidade acentuada nesta fase da criação significa prejuízos altos para o produtor porque o mesmo já investiu muito em ração, energia elétrica, medicamento, e até mesmo em mão de obra com o manejo das aves.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a Perdigão Agroindustrial S/A pelo suporte financeiro, e ao Núcleo de Pesquisa em Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AmbiAgro) pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS

- BAÊTA, F.C.; S., C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV. 1997. 246 p.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport Publishing Company. 1969. 325 p.
- FURTADO, D.A.; A; P.V. e T., I.F.F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.559-564. 2003.
- FURTADO, D.A.et al. Efeitos de diferentes sistemas de condicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.484-489. 2006.
- GOUDRIAAN; MONTEITH, J.L. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. **Annals of Botany** v.66, p.695-701. 1990.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E.; ITTNER, N.R. Thermal design of livestock shades. **California Agriculture**, v.8, n.8, p.3-4. 1954.
- LEANDRO, N.S.M.et al. Influência do peso inicial de pintos de corte sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de frangos e a viabilidade econômica da produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2314-2321. 2006.
- LYRA, G.B.et al. Modelos de crescimento para alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico sob condições de casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 69-77, 2003
- MACHADO, N.S. **Arrefecimento térmico de cobertura de aviários por aspersão, com vista ao uso de água de chuva, no centro-oeste brasileiro** (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, 2007. 127 p. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/teseneitonms.pdf>> Acessado em: 20 de agosto de 2015.
- MACHADO, N. S.et al. Resfriamento da cobertura de aviários e seus efeitos na mortalidade e nos índices de conforto térmico. **Nucleus**, v.9, n.2, p.59-74 out.2012. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/718/949> DOI: 10.3738/1982.2278.718

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.** (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, , 2005. 78 p. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/teseiremens.pdf>. >Acessado em: 20 de agosto de 2015.

MENEGALI, I.et al. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.18, n.6, p.461-471. 2010.

MENEGALI, I.et al. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.984-990. 2009.

MORAES, S.R.P. **Caracterização de sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás.** (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, 2002. 148 p. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/Tese%20de%20Sandra%20Moraes2002.pdf>.> Acessado em: 20 ago.2015.

MORAES, S.R.P.et al. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento-amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.89-92. 1999.

OLIVEIRA, F.G.; GODOI, W.M.; PASSINI, R. Environment in poultry production covered with thermal and aluminum roofing tiles. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.206-214, mar./abr. 2015

OLIVEIRA, G.A.et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1398-1405. 2006.

OLIVEIRA, R.F.M.et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803. 2006.

RODRIGUES, E.H.V. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escala distorcida.** (Tese de doutorado) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas - SP, Brasil. 1998, 178 p. disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000129565>. Acessado em: 20 ago. 2015.

SARMENTO, L.G.V.et al. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. **Revista Agropecuária técnica**, v.26, n.2, p.117-122. 2005.

THOM, E.C. The discomfort index. . **Weatherwise**, v.12, n.1, p.57-60. 1959.

TINÔCO, I.F.F. Avicultura Industrial : Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.1-22. 2001.

UBPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. 2015. Disponível em: < http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf> Acessado em: 20 de agosto de 2015.

VAQUERO, E.G. **Projeto e construção de alojamento para animais.** Lisboa, Portugal: Litexa. 1981. 237 p.

