

# AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM AVIÁRIO AQUECIDO COM GASEIFICADOR DE BIOMASSA

Fábio L. Zanatta<sup>1</sup>, Jadir Nogueira da Silva<sup>2</sup>, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco<sup>3</sup>, Delly Oliveira Filho<sup>4</sup>, Samuel Martin<sup>5</sup>

## RESUMO

De modo a otimizar o desempenho produtivo no setor avícola, faz-se necessário a adequação do ambiente de criação das aves, com técnicas que atendam as questões térmicas e higiênicas do ambiente de criação, e que consumam menos energia. O trabalho avaliou o efeito de dois diferentes sistemas de aquecimento de galpões avícolas, sendo um convencional com fornalha a lenha e o outro com um gaseificador/combustor de biomassa no conforto térmico e desempenho produtivo de frangos de corte, na fase inicial, visando minimizar custos com o aquecimento. O conforto térmico foi avaliado com base na temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR). Pôde-se observar que os valores dos índices de conforto térmico apresentaram diferença significativa entre os sistemas de aquecimento ( $P < 0,05$ ), sendo melhores para o tratamento com gaseificador. O consumo de lenha no Gaseificador foi 26% menor que na Fornalha.

**Palavras-chave:** aquecimento de aviário, gaseificação de biomassa, ambiência avícola

## ABSTRACT

### Evaluation of Thermal Comfort in Chicken Shed Heated With Biomass Gasifier

To optimize the productive performance of the poultry sector it is essential to adjust the poultry raising environment with use of technology that would attend to the thermal comfort and hygiene of their environment, besides spending less energy. To minimize heating costs, initially this study was done to evaluate the use of biomass gasifier/combustor on the thermal comfort and productive performance of broiler chickens and compared with the conventional firewood furnace system. The evaluation of the thermal comfort was based on the dry bulb temperature, relative humidity, black globe humidity index and radiant thermal charge. The data revealed that the thermal comfort indices differed significantly between the heating systems ( $P < 0.05$ ), being better with the biomass gasifier/combustor, with the firewood consumption being 26% lower than the furnace.

**Keywords:** poultry house heating, biomass gasification, poultry environment

---

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Mestrando DEA-UFV, Viçosa/MG. 36570-000. Fone: 31 3899 1923. E-mail: fzanatta@vicosa.ufv.br

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Ph. D., Prof. Titular, DEA-UFV, Viçosa/MG. E-mail: jadir@ufv.br

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, D.S., Prof. Adjunta, DEA-UFV, Viçosa/MG. E-mail: iftinoco@ufv.br

<sup>4</sup> Eng. Elétrico, Ph. D., Prof. Adjunto, DEA-UFV, Viçosa/MG. E-mail: delly@ufv.br

<sup>5</sup> Eng. Agr., Doutorando DEA-UFV, Viçosa/MG. E-mail: martinmuca@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

As novas exigências do mercado consumidor de produtos de origem animal quanto à questão ambiental, segurança alimentar e bem estar animal passam, invariavelmente, pelo conforto térmico do ambiente de criação, por ser este fator aquele que afeta mais diretamente o desempenho das aves, conforme observado por Tinôco (1988).

No Brasil, segundo estudo do Ministério da Agricultura sobre as tendências do setor agropecuário para os próximos dez anos, haverá uma expansão de 44,7% na produção de carnes, sendo que o aumento relativo mais expressivo se dará na carne de frango (Brasil, 2007).

Em escala mundial, a produção de frangos de corte foi a atividade agropecuária que mais cresceu nas últimas décadas, sendo que no Brasil especificamente a produção saltou de 2,356 milhões de toneladas em 1990 para 8,502 milhões de toneladas em 2006 (Avisite, 2006). Dessa forma, estima-se que o crescimento da avicultura brasileira continue intenso, assim como a responsabilidade frente às questões de sustentabilidade da produção, com foco nos aspectos sociais, na preservação ambiental, no bem estar animal, na segurança alimentar e na qualidade do produto que chega à mesa do consumidor (Bellaver, 2003).

Segundo Machado (1994), no inverno, em muitas regiões brasileiras, há dificuldades para manutenção da temperatura ideal de conforto para os pintos. Isso normalmente ocorre devido à grande diferença entre a temperatura externa ao aviário e aquela ideal para os pintos, bem como o seu satisfatório controle.

Nos primeiros dias de vida o sistema termorregulador das aves ainda não está totalmente desenvolvido. Por esse motivo, no período frio, a maior preocupação do produtor é a de dar condições ambientais necessárias de conforto para que as aves jovens mantenham a temperatura corporal ideal. Dessa forma, faz-se o aquecimento até a segunda ou terceira semana de vida das aves dependendo das condições climáticas, sendo utilizados nesse processo eletricidade, gás liquefeito de petróleo (GLP), carvão e principalmente lenha (Abreu, 2003).

Aquecedores de diferentes formas foram criados com o passar do tempo e são utilizadas pelos criadores com o objetivo de fornecer calor as aves nas primeiras semanas de vida e, com isso, propiciar o conforto térmico necessário ao bom desenvolvimento da criação, de modo que sejam, cada vez mais, eficientes e funcionais.

Quanto ao uso de carvão vegetal, Ferreira (2004), avaliando uma fornalha a carvão vegetal para o aquecimento de aviário, encontrou uma economia de 50% de energia em relação à campânula elétrica.

O aquecedor elétrico teve grande difusão no passado, quando se criavam aves em grupos reduzidos, decaindo, posteriormente, nas granjas industriais, caracterizadas por criação de milhares de aves. São similares aos sistemas a gás, mais limpos e de fácil manutenção, além de não gerarem gases tóxicos (CO e CO<sub>2</sub>) e possuírem produção de calor constante, porém, são frágeis e apresentam pequeno raio de ação, além de estarem sujeitas à falhas no fornecimento de energia e apresentarem consumo excessivo de energia (Abreu e Abreu, 2002).

Segundo Abreu (2003), no aquecimento com lenha, gasta-se 1 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> para aquecer um galpão com 100 m de comprimento, podendo o consumo ser ainda maior no caso de sistemas mal dimensionados ou com defeitos. Se for usado GLP, o consumo é de três botijões de 13 kg a cada 1000 aves para o período de aquecimento (Abreu e Abreu, 2002), e considerando que em um aviário de 100 m de comprimento onde são alojadas em torno de 18.000 aves, são gastos 54 botijões, sendo que isso gera um custo superior ao dobro do que é gasto no caso da lenha, somente com a energia do aquecimento.

A utilização de reatores para gasificação de biomassa acoplados a combustores do gás produzido para aquecimento de galpões avícolas, baseia-se na hipótese desta tecnologia poder representar ao avicultor redução no custo de produção, comparativamente aos sistemas tradicionais de aquecimento de galpões avícolas. Isto tudo aliando-se a eficiência energética dos gaseificadores com o custo do combustível utilizado, podendo assim gerar ar quente para as aves.

A gasificação é definida como a conversão da biomassa, ou de qualquer combustível sólido, em gás energético, através da oxidação parcial a temperaturas elevadas. Esta conversão pode ser realizada em vários tipos de reatores, tais como de leito fixo e de leito fluidizado (Lora et al., 1997).

Segundo Lora, citado por Santos (2003), a quantidade de oxigênio fornecida ao sistema para que ocorra a gaseificação deve ser na ordem de 20 a 40% da necessidade estequiométrica. Este valor é conhecido como fator de ar, coeficiente estequiométrico, razão de equivalência ou taxa de equivalência. Assim, pode-se afirmar que a gaseificação difere-se basicamente da combustão pelo fato de não utilizar a massa de ar teórica necessária para a oxidação completa do combustível, ou seja, restringe-se à entrada de ar a certos valores de tal modo que ocorram além de reações de oxidação (completa e parcial) ocorram também reações de redução, promovendo a formação do gás combustível, de amplo uso.

Martin et al. (2006) desenvolveu um gaseificador de biomassa de fluxo concorrente, que usava lenha de eucalipto como combustível, obtendo bons resultados em relação a geração de calor e eficiência energética do mesmo. Vieira (2005) testou o uso de briquetes de casca de eucalipto na gaseificação, obtendo também bons resultados no aquecimento do ar de exaustão.

Com isso, faz-se necessário o desenvolvimento e a difusão de alternativas energéticas mais eficientes para aquecimento de ar, quer seja para aviários ou outros fins. Neste contexto a gaseificação, com combustão adjacente do gás produzido, surge com forte potencial. Entretanto, apesar dos avanços desenvolvidos até a presente data, percebe-se ainda carência de estudos sobre tecnologias de gasificação da biomassa com combustão imediata do gás produzido, visando a geração de calor. Esta tecnologia pode vir a ser uma nova alternativa aos avicultores para o aquecimento de aviários, justificando investigações neste campo do conhecimento.

Tendo em vista o exposto, objetivou-se neste trabalho testar um sistema de aquecimento para aviários, utilizando-se um reator para gaseificação de biomassa (lenha de eucalipto) acoplado a um combustor do

gás produzido, assim como a comparação de seu desempenho com o de fornalhas à lenha convencionais no que diz respeito ao consumo de lenha e ao conforto térmico ambiente das aves criadas em alta densidade de alojamento, visando condições de bem estar animal.

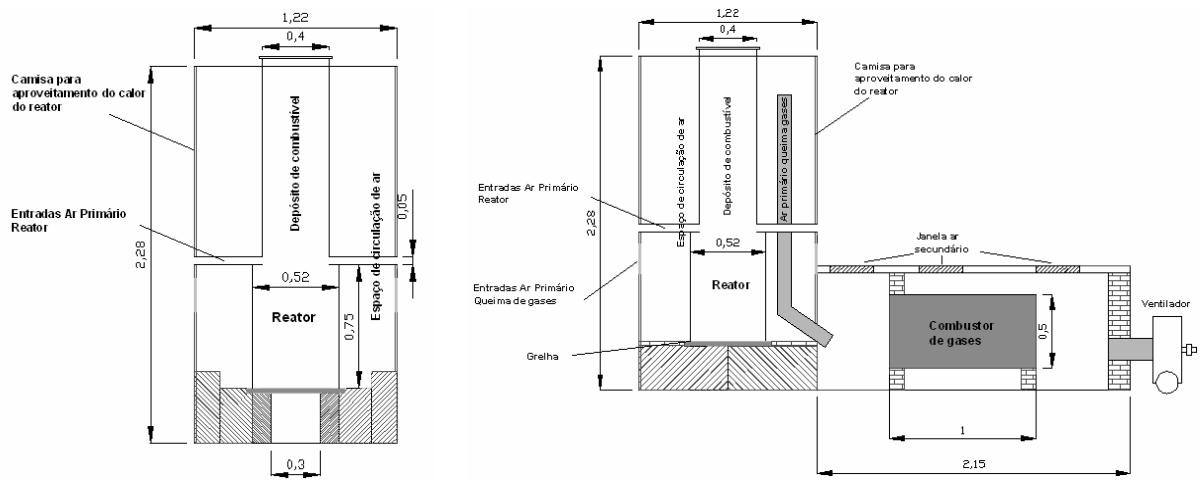
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em galpões comerciais da Empresa NR Alimentos Nogueira Rivelli Irmãos LDTA – FRANGOBOM, no Sítio João Rivelli, pertencente ao município de Barbacena, Minas Gerais, situado na latitude 21° 6' 18" S e longitude 43° 46' 12" W, altitude de 1126 metros, no período de inverno, de 4 a 25 de junho de 2006, durante um ciclo produtivo.

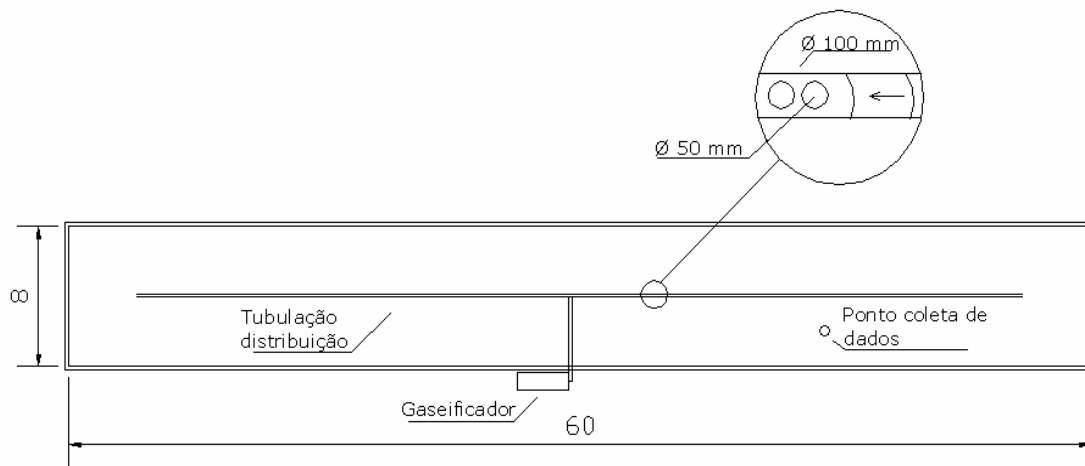
O clima da região é classificado segundo Köppen como Cwa (temperado suave).

Foram utilizados dois 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 verdadeiro, (coordenadas 21° 06' 19" S e 43° 46' 15,7" W e 21° 06' 20,4" S e 43° 46' 12,4" W para o aviário com gaseificador e fornalha, respectivamente). Estes galpões possuem as mesmas dimensões e características construtivas, com 8 m de largura por 60 m de comprimento (480 m<sup>2</sup> de área). As muretas laterais têm 0,2 m de altura, e o restante das laterais até o telhado em telas de poliuretano. Os forros são de poliuretano, posicionados a 2,9 m de altura a partir do piso, sendo a cobertura em telhas de fibrocimento, sem lanternin, beirais de aproximadamente 1,5 m. A estrutura do telhado é em madeira apoiada em pilares de concreto armado, espaçados a 2,66 m.

Um destes galpões, escolhido aleatoriamente, foi equipado com sistema de aquecimento baseado no gaseificador de biomassa desenvolvido por Martin et al. (2006). Nele foi instalada uma espécie de camisa de metal cilíndrica em torno do reator, com a finalidade de reter o calor que atravessava a parede do reator, para que esse calor pudesse ser aproveitado no aquecimento, melhorando a eficiência do aquecedor.



**Figura 1.** Esquema da construção do gaseificador de biomassa, com coletor do calor dissipado pela parede do reator.



**Figura 2.** Esquema da distribuição de ar quente e controle dos orifícios para a regulação da distribuição do ar. Unidade de cotação: metro.

Noutro galpão utilizou-se fornalha a fogo indireto, encontrada no local, onde nada foi alterado do sistema original. A fornalha é da marca DEBONA, modelo D 200, com capacidade de carga de 1 m<sup>3</sup> de lenha.

O aquecimento no interior do galpão foi realizado por meio de um sistema de distribuição do ar aquecido pelo gaseificador, conduzido por dois tubos metálicos, com 100 mm de diâmetro, interligados, centralizados ao galpão de forma longitudinal e conectados ao duto principal que trazia o ar do ventilador, atravessando a tela do galpão. A cada metro de tubo de distribuição de ar havia dois furos de 50 mm, com regulação de abertura, para a distribuição do ar quente de forma uniforme em todo galpão, Figura 02.

O combustível utilizado para a gasificação foi lenha de eucalipto proveniente do reflorestamento da empresa, que era fornecida no tamanho comercial (toras com 1 metro de comprimento). A lenha, após estar na área experimental, teve seu comprimento reduzido, por três cortes em cada tora, com o auxílio de uma motosserra, conforme as necessidades do projeto. Logo após, os pedaços de lenha foram misturados e amontoados em um único local, a fim de tornar o material o mais homogêneo possível. Além da lenha, foram utilizadas pequenas quantidades de gás liquefeito de petróleo (GLP), necessário para dar partida no sistema gaseificador/combustor.

O experimento foi conduzido com frangos de corte, do 1º até o 21º dia de idade (fase de aquecimento), da linhagem “Hybrom”, utilizando uma densidade final aproximada de 15,0 aves/m<sup>2</sup>, perfazendo um total de 14.200 aves, constituídos de machos, divididos proporcionalmente nos 2 galpões. O manejo foi idêntico nas duas instalações, sendo realizado pela mesma pessoa.

Ao início do experimento (1ª dia de vida) as aves foram distribuídas na densidade de 65 aves/m<sup>2</sup>, tendo como limites físicos os pinteiros formados por lonas de vinil, os quais tiveram suas áreas aumentadas na segunda e terceira semanas de vida, de maneira que se reduzisse a densidade de alojamento, paulatinamente, até a densidade final de criação, que é de 15,0 aves/m<sup>2</sup> no final da fase de aquecimento.

Os índices de ambiente térmico medidos, segundo Mcdowell (1975), foram o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), a carga térmica radiante (CTR) e a umidade relativa do ar (UR). No experimento também foi medida a temperatura do ar (TBS).

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi calculado segundo Buffington et al. (1981), Equação 1.

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo - 330,08 \quad (1)$$

em que

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

Tgn = temperatura de globo negro, K;

Tpo = temperatura de ponto de orvalho, K.

A carga térmica radiante (CTR) foi calculada de acordo com Esmay (1982), Equação 2.

$$CTR = \sigma (TRM4) \quad (2)$$

em que

CTR = carga térmica radiante, em W.m<sup>-2</sup>;

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann (5,67 x 10<sup>-8</sup> W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-4</sup>);

TRM = temperatura radiante média, em K.

A temperatura radiante média TRM pode ser calculada conforme Equação 3, segundo Bond e Kelly (1955).

$$TRM = 100 \times \{ [2,51 \times V^{1/2} \times (Tgn - Tbs)] + (Tgn/100)^4 \}^{1/4} \quad (3)$$

em que

V = velocidade do ar, em m/s;

Tgn = temperatura de globo negro, em K;

Tbs = temperatura de bulbo seco (temperatura do ar), em K.

Durante os 21 dias da fase de aquecimento, foram anotados, diariamente, a cada duas horas na primeira semana (Fase 1) e a cada três horas na segunda e terceira semanas (Fases 2 e 3), durante as 24 horas do dia, valores de (TBS, TBU, TGN e V), visando determinar os valores de carga térmica radiante e índices de temperatura de globo negro e umidade nos respectivos horários, nos dois galpões e na área externa a esses.

Para o cálculo dos índices de conforto foram coletados os dados de, temperatura de bulbo seco e umidade relativa, eletronicamente por meio de sistemas de aquisição de dados, obtendo-se os valores a cada 15 minutos durante todo período experimental.

No interior dos galpões, foram utilizados termômetros de globo negro instalados na altura correspondente ao centro de massa das aves (a altura é modificada proporcionalmente ao crescimento das aves, sendo que no experimento variou de 5 à 20cm), sendo que, dentro de cada globo negro, foi alojado um termômetro de vidro, com escala externa de leitura graduada de -10°C a +110°C, que permitia a obtenção da temperatura de globo negro em intervalos pré-determinados.

Os dados de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido foram obtidos e armazenados através de “dataloggers” de leitura contínua, em intervalos de 15 minutos, durante todo período experimental, instalados nas proximidades de cada globo negro.

A velocidade do ar foi obtida com o uso de anemômetro digital de pás rotatórias, da marca Instrutherm, modelo TAVR-650 que media velocidades de 0,0 a 45,0 m.s<sup>-1</sup> (com sensibilidade de ± 0,1), sendo que as leituras foram realizadas nas proximidades de cada globo negro.

O desempenho produtivo das aves foi avaliado com base nos índices zootécnicos ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), e mortalidade (M) (Englert, 1987), (Albino, 1998) e (Abreu et al., 2000).

O experimento foi montado segundo o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os sistemas de aquecimento e nas subparcelas os horários, no delineamento em blocos casualizados (D.B.C.) com 7 repetições (dias). Os dados foram analisados por meio de análise de variância. Para o fator qualitativo (tratamentos), as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Independentemente das interações tratamento x hora ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento das mesmas devido ao interesse específico do estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

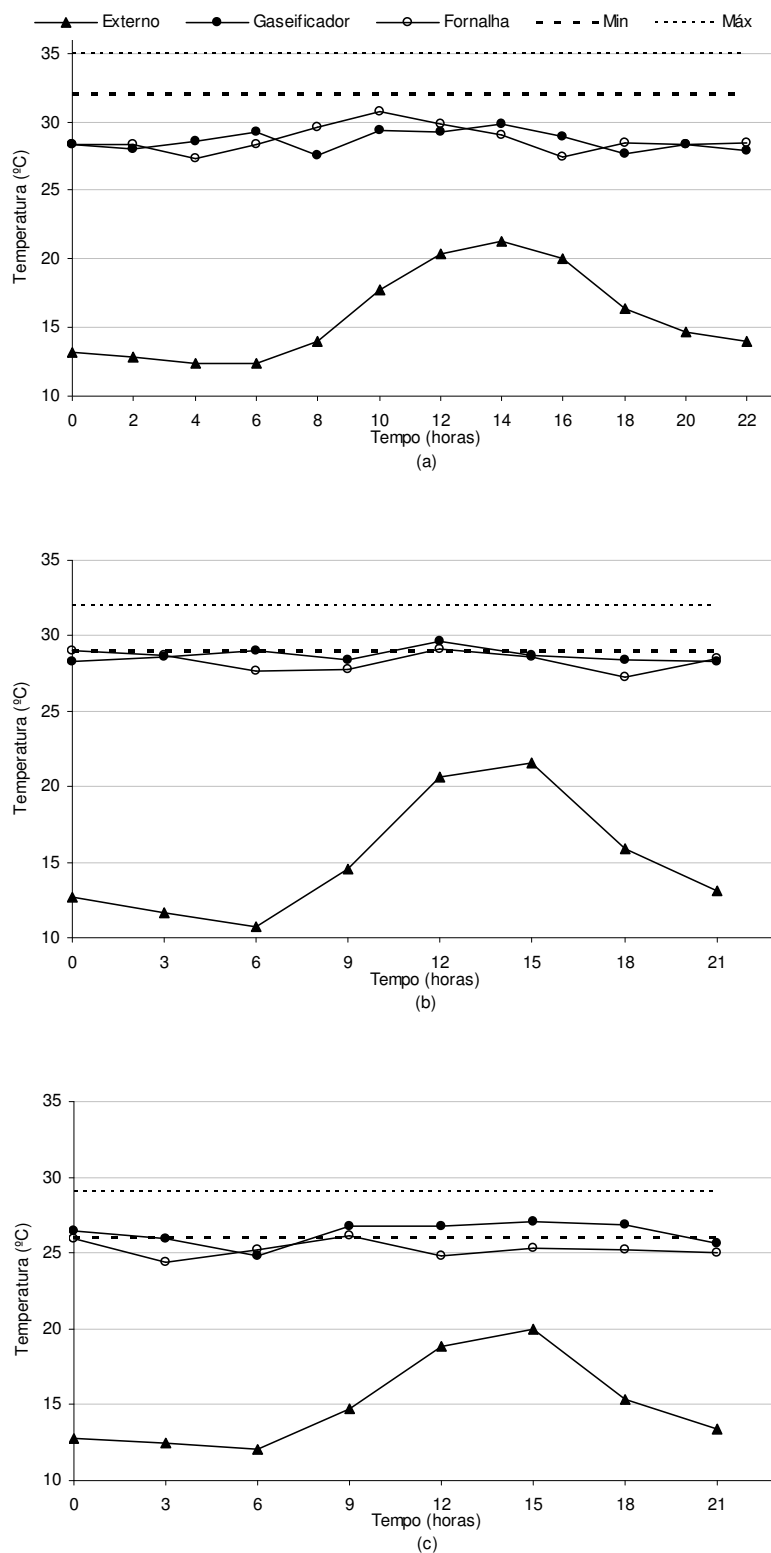
Os dados médios diários e as médias semanais de temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR), em função dos horários observados (H) no interior dos aviários submetidos aos tratamentos experimentais de aquecimento com gaseificador (Gaseificador) e aquecimento convencional por fornalha (Fornalha), por fase de desenvolvimento (semana de vida das aves), foram submetidos à análise estatística no programa SAEG 9.0, onde foi verificado que houve diferença significativa entre os tratamentos apenas no ITGU para segunda e terceira semanas.

Na Figura 03 estão representados os resultados dos valores médios de temperatura de bulbo seco (TBS) do ar observados nos ambientes interno e externo, no período noturno, referentes à primeira, segunda e terceira semanas de vida das aves, correspondendo aos tratamentos Gaseificador e Fornalha.

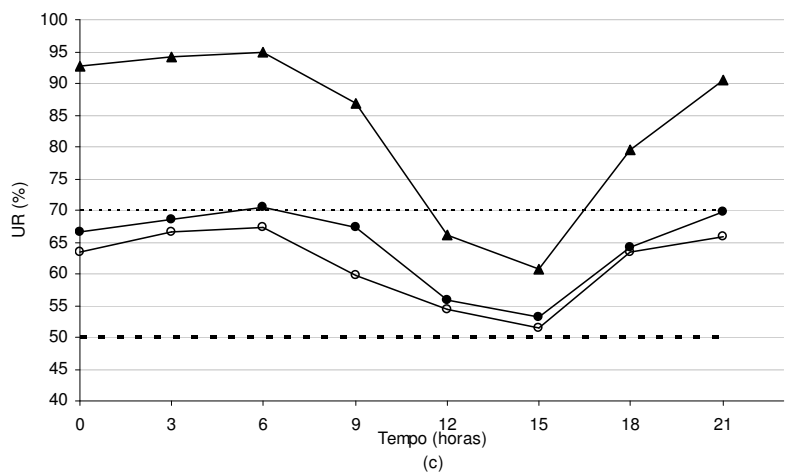
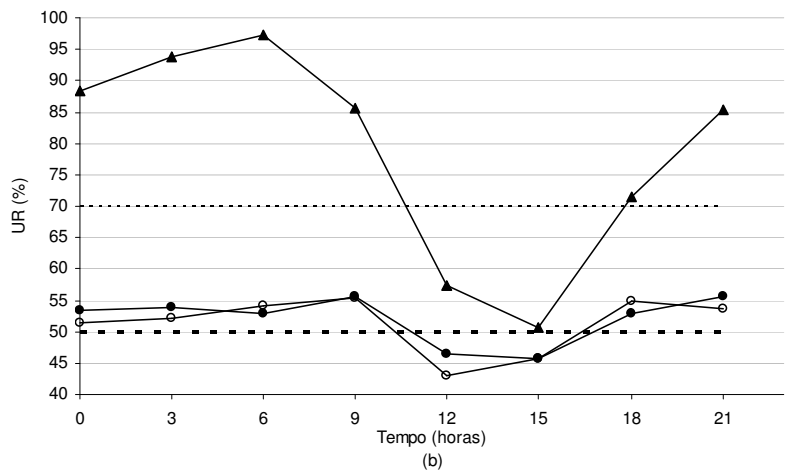
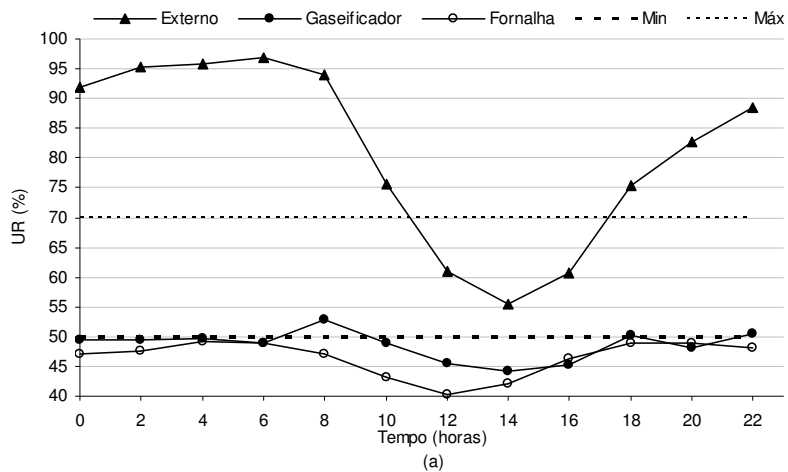
Observa-se pela Figura 03, que ambos os sistemas de aquecimento de ambiente

foram capazes de proporcionar uma boa uniformidade da temperatura ambiente em relação ao ambiente externo, sendo que os valores de temperatura do ar ambiente durante a noite, durante o período experimental, se mantiveram abaixo dos recomendados como sendo de conforto para as aves com até uma semana de vida. Estes valores são entre 32 a 35°C segundo Curtis (1983) e entre 32 e 34°C segundo Macari et al. (2002). Porém, foi observado durante o experimento que apenas em alguns momentos as aves apresentavam comportamento indicativo de desconforto térmico, como por exemplo a aglomeração nas áreas mais quentes, demonstrando que os sistemas de aquecimento, em determinados horários para a 2 e 3 semana e para o período na 1 semana, não proporcionaram boas condições de conforto as aves. Com isso, ficou clara a necessidade de ajustes nos valores dos índices térmicos atualmente recomendados para espécie, raça e idade. Também é possível observar que no tratamento com gaseificador a temperatura do ar ambiente no interior do aviário apresentou melhores resultados em relação àquela observada no aquecimento com fornalha. Nos dados observados percebe-se um leve aumento desses índices nos horários próximos ao meio dia devido ao aquecimento das instalações pela radiação solar.

Pereira (2006), em estudo nos mesmos galpões também observou que a temperatura média dos aviários durante o manejo inicial de vida das aves esteve abaixo da recomendada. O mesmo foi observado por Menegali (2005) em estudo realizado na região de Videira-SC, entre julho e setembro de 2004, demonstrando que é prática comum de empresas avícolas e integrações a criação de frangos a temperaturas abaixo da média recomendada. Isso pode ser associado à dificuldade em fornecer calor e isolar o ambiente, devido ao uso de equipamentos mal dimensionados e temperaturas externas abaixo das esperadas para a época, ou simplesmente uma forma que os produtores encontram de economizar energia.



**Figura 3.** Valores médios horários da temperatura do ar do ambiente interno dos aviários, observada nos horários noturnos, para os tratamentos Gaseificador e Fornalha, com máxima e mínima recomendada para o período da primeira (a), segunda (b) e terceira (c) semanas de vida das aves. As linhas de temperatura máxima e mínima delimitam a faixa de temperatura confortável para as aves em cada idade mencionada.



**Figura 4.** Valores médios horários da umidade relativa do ar do ambiente interno dos aviários, observada nos horários noturnos, para os tratamentos Gaseificador e Fornalha, para o período da primeira (a), segunda (b) e terceira (c) semanas de vida das aves. As linhas de UR máxima e mínima delimitam a faixa de umidade relativa confortável para as aves em cada idade mencionada.



Na segunda e terceira semana de desenvolvimento das aves a temperatura a ser mantida no interior da instalação é bem inferior do que a temperatura ideal para a primeira semana, e com isso os aquecedores se desligavam devido ao aumento da temperatura das instalações em função da radiação solar no horário do meio dia. Nesse horário, as cortinas eram abertas para evitar que o sobreaquecimento do aviário para a renovação do ar.

Na Figura 04 estão representados os resultados dos valores médios de umidade relativa do ar (UR) observados nos ambientes interno e externo, no período noturno, referentes à primeira, segunda e terceira semanas de vida das aves, correspondendo aos tratamentos Gaseificador e Fornalha.

Verifica-se pela Figura 04 que os dois tratamentos apresentaram um comportamento semelhante quanto à umidade relativa do ar (UR) durante o experimento, sendo que os sistemas de aquecimento de ambiente foram capazes de proporcionar uma boa uniformidade da UR dos aviários em relação ao ambiente externo, onde também é verificado que no galpão com gaseificador a UR esteve a maior parte do tempo acima daquela registrada no galpão com fornalha. Com o passar do tempo, verificou-se um aumento gradativo da umidade dentro das instalações, tal fato pode estar associado ao crescimento das aves, que com o passar do tempo aumentam a respiração liberando mais vapor d'água no interior do galpão.

Os valores médios observados da umidade relativa do ar estiveram entre a faixa recomendada, que deve ficar entre 50 e 70% (Baêta e Souza, 1997 e Tinôco, 2001). Furtado et al. (2006) em estudo realizado em Campina Grande-PB, encontrou resultados similares para as horas mais quentes do dia.

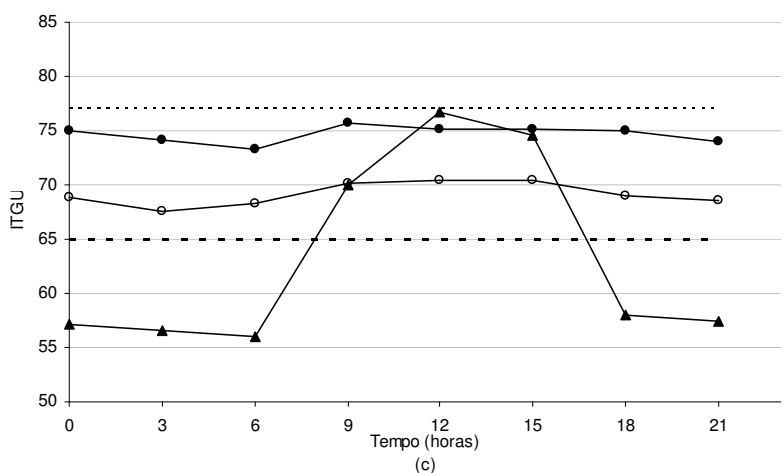
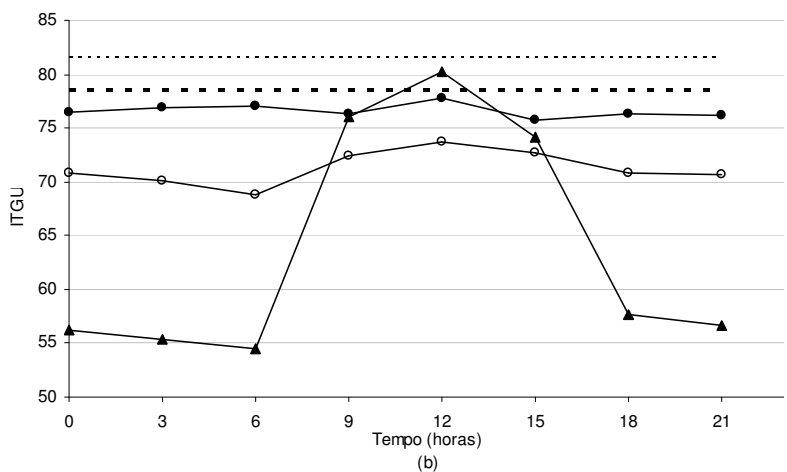
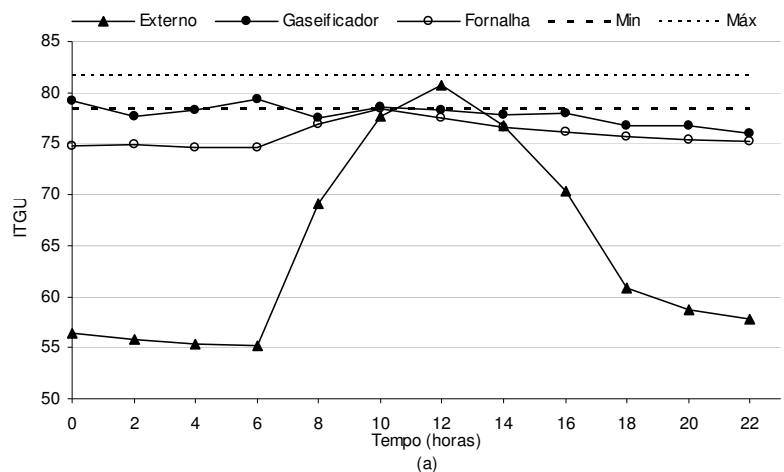
Na Figura 05 estão representados os resultados dos valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) observados nos ambientes interno e externo, no período noturno, referentes à primeira, segunda e terceira semanas de

vida das aves, correspondendo aos tratamentos Gaseificador e Fornalha.

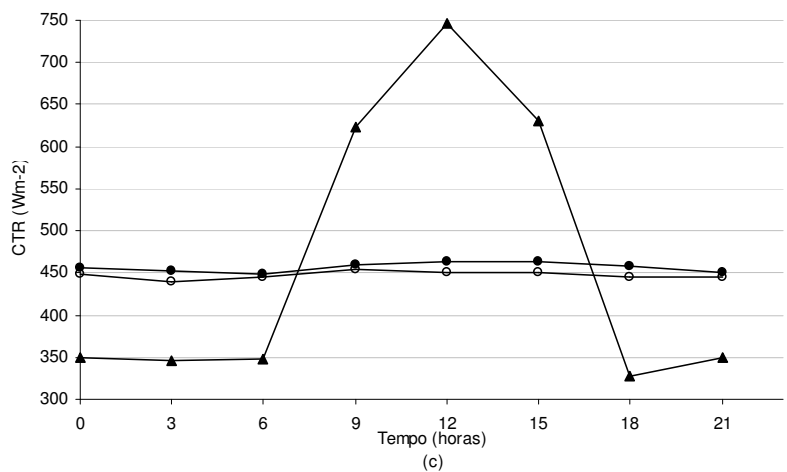
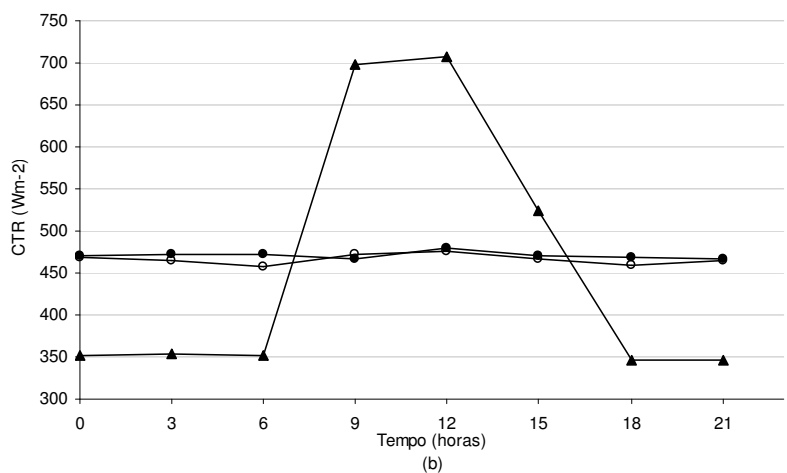
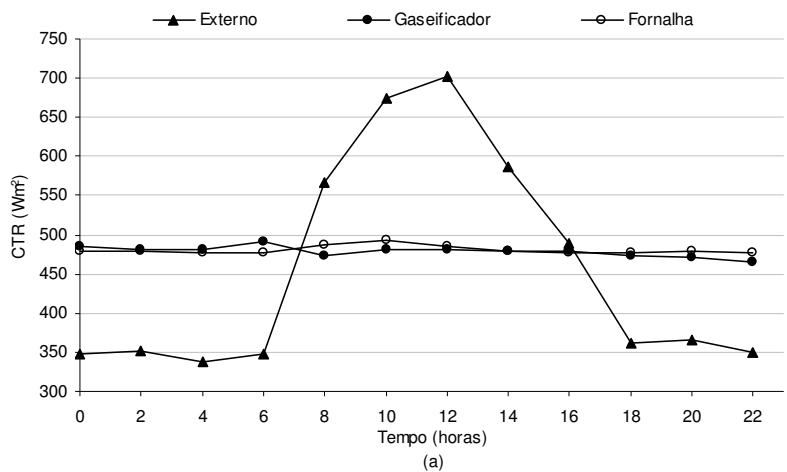
De acordo com a Figura 05, verifica-se que, para ambos os sistemas de aquecimento os valores do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) para o interior dos aviários diferiram significativamente entre os tratamentos, sendo de ambos os sistemas de aquecimento de ambiente foram capazes de proporcionar uma boa uniformidade de ITGU no ambiente interno em relação ao ambiente externo. Contudo, nenhum dos sistemas possibilitou valores de ITGU confortáveis, ou seja, na primeira e segunda semana de vida das aves os valores de ITGU foram em ambos os tratamentos inferiores a 78,5 o que indica desconforto para as aves, segundo Teixeira (1983). De acordo com este mesmo autor os valores de ITGU adequados para a produção destes animais seriam entre 78,5 e 81,6 para a primeira e segunda semana de vida das aves e entre 65 a 77 para a terceira semana de vida das aves. Pode-se inferir que uma das prováveis causas desta falha advém do manejo inapropriado dos sistemas de aquecimento.

Verifica-se que, em quase todos os horários de observação que as médias de ITGU do tratamento com gaseificador foram sempre superiores estatisticamente as do tratamento com fornalha, indicando uma melhor eficiência do gaseificador na promoção do conforto térmico. Também pode-se observar, de acordo com a Figura 05, que no galpão com a Fornalha seria necessário mais energia em forma de calor para atingir as condições de conforto recomendadas, demonstrando que, para obtenção dessas condições, os gastos com lenha seriam ainda maiores no tratamento que utilizou a fornalha para o aquecimento.

Na Figura 06 encontram-se ilustrados os resultados dos valores médios da carga térmica radiante (CTR) observados nos ambientes interno e externo, referentes à primeira, segunda e terceira semanas de vida das aves, correspondendo aos tratamentos Gaseificador e Fornalha, em função dos horários de observação.



**Figura 5.** Valores médios horários do índice de temperatura de globo negro e umidade do ambiente interno dos aviários, observada nos horários noturnos, para os tratamentos Gaseificador e Fornalha, com máxima e mínima recomendada para o período da primeira (a), segunda (b) e terceira (c) semanas de vida das aves. As linhas de ITGU máximo e mínimo delimitam a faixa de ITGU confortável para as aves na idade mencionada.



**Figura 6.** Valores médios horários da carga térmica de radiação (CTR) do ambiente interno dos aviários, submetidos aos tratamentos Gaseificador e Fornalha, para o período da primeira (a), segunda (b) e terceira (c) semana de vida das aves em função dos horários durante a primeira semana de vida das aves

Observa-se pela Figura 06, que ambos os sistemas de aquecimento de ambiente foram capazes de proporcionar uma boa uniformidade da CTR no ambiente interno em relação ao ambiente externo, no qual os valores oscilaram muito.

A variação dos valores médios de CTR neste experimento foi menor em relação à Pereira (2006), Moraes et al. (1999) e Furtado et al. (2006), indicando que os sistemas de aquecimento estudados possibilitaram uma maior uniformidade do ambiente térmico.

Para ambos os tratamentos, houve uma tendência, de os maiores valores de CTR ocorrerem em torno ao meio dia, e os menores valores na madrugada. Essas tendências são explicadas pelo fato de que os valores que definem a CTR ocorrem em função da radiação solar que, por sua vez, atinge os valores mais elevados próximo das 12:00 horas, horário que o sol se posiciona mais perpendicular ao plano do horizonte local e, também, em função da radiação de ondas

longas emitidas pela vizinhança (Fonseca, 1998).

O resultado do peso vivo (PV), ganho de peso (GP), taxa de mortalidade (TM), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) em função dos sistemas de aquecimento por gaseificador (Gaseificador) e por fornalha (Fornalha), no período observado, encontram-se apresentados no Quadro 01.

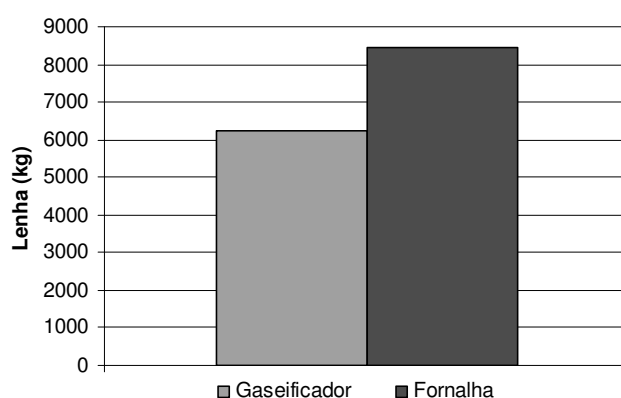
Como pode ser observado pelo Quadro 01, o desempenho das aves nos dois tratamentos foi ligeiramente melhor no tratamento com gaseificador.

Esses resultados demonstram que apesar da pequena diferença entre os diferentes tratamentos no que diz respeito ao conforto térmico, o mesmo não interferiu no desempenho produtivo das aves.

Os valores de consumo de lenha, referentes às três semanas de aquecimento, em kg para cada tratamento são apresentados na Figura 07.

**Quadro 1.** Dados sobre o desempenho das aves no período estudado

	Gaseificador	Fornalha
Peso médio final (kg)	2,591	2,524
Consumo médio ração (kg/ave)	4,773	4,652
Conversão alimentar (kg ração/ kg carne)	1,920	1,937
Ganho médio diário (g)	57,567	57,356
Mortalidade (%)	4,029	4,818



**Figura 7.** Lenha consumida em cada um dos tratamentos (Gaseificador e Fornalha) durante o período experimental, 21 dias, utilizando gaseificador e fornalha

A Figura 07 mostra que a quantidade de lenha gasta para o tratamento com gaseificador esteve bem abaixo em relação ao tratamento com a fornalha. Enquanto a fornalha utilizou 8446 kg de lenha para aquecer o galpão, para o gaseificador foi necessário apenas 6239 kg, o que corresponde a uma economia de 26% em relação à fornalha. Essa diferença é explicada pelo tipo de processo usado: enquanto na fornalha o aquecimento é indireto e muito calor é perdido pela chaminé, no gaseificador as perdas são minimizadas, pois quase toda energia da madeira é transformada em calor e enviada para o interior do aviário.

## CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizados os experimentos, considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O sistema Gaseificador/combustor de lenha de eucalipto atingiu seu propósito no aquecimento do ar ambiente de uma instalação avícola, apresentando melhores resultados que a fornalha à lenha tradicional, no provimento de conforto térmico para as aves ali alojadas, nas três primeiras semanas de vida destas;
- A umidade relativa do ar no interior das instalações foi semelhante nos dois tratamentos. Nas três semanas de coleta de dados a umidade relativa do ar oscilou entre 50 e 70% nos dois casos estudados, níveis satisfatórios para bom desenvolvimento do plantel;
- Considerando o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade - ITGU, o galpão aquecido com o gaseificador proporcionou melhores resultados em relação ao galpão aquecido com fornalha, apesar de os dois sistemas não terem atingido o nível desejado de conforto térmico na primeira semana de aquecimento;
- Os dois sistemas de aquecimento proporcionaram boa uniformidade na carga térmica radiante – CTR, do ambiente interno

dos aviários em relação às condições externas;

- Não houve diferença significativa no desempenho produtivo das aves criadas nos galpões aquecidos com os dois sistemas;
- O consumo de lenha para aquecimento do ar ambiente no tratamento com Gaseificador foi 25% menor do que aquele onde se utilizou a Fornalha tradicional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P.G.; BAETA, F.C.; ABREU, V.M.N. Desempenho produtivo e bioeconômico de frangos de corte criados em diferentes sistemas de aquecimento. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 29, n. 1, 2000.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. Caracterização dos principais sistemas de aquecimento. Circular Técnica 32. **EMBRAPA Suínos e Aves**, Concórdia. 2002. 8 p.

ABREU, P.G. Modelos de aquecimento. IN: IV Simpósio Brasil Sul de Avicultura. 2003, **Anais...** Chapecó, SC. p. 65-77, 2003.

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

AVISITE, Estatísticas e preços. Em: <<http://www.avisite.com.br/>>, 2006. Acesso em 15/12/2006.

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

BELLAVER, C. Visão do produtor de rações sobre a qualidade dos grãos destinados à produção de carne de frangos. 2003. Disponível em <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_artigos/artigos\\_k1j39s5j.html](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_k1j39s5j.html)>. Acesso em: 19 de janeiro 2007.

- BRASIL, 2007 – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Projeções do Agronegócio: Mundial e Brasil até 2016/2017 Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 22 de janeiro de 2007.
- 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.
- 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**, v. 24, n. 3, p. 711- 714, 1981.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409 p.
- ENGLERT,S.I. **Avicultura: tudo sobre raças, manejo, alimentação e sanidade**. 6 ed. Porto Alegre, Editora Agropecuária,1987. 288 p.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport : Avi, 1982. 325 p.
- FERREIRA, W.P.M. **Avaliação de uma fornalha a carvão vegetal para aquecimento de aviário**. 2004. 137 p. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- FONSECA, J.M. **Efeito da densidade de alojamento sobre o desempenho de frangos de corte criados em sistema de nebulização e ventilação em túnel**. 1988. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- FURTADO, D.A., DANTAS, R.T., NASCIMENTO, J.W.B. do et al. Effect of different environment conditioning systems on the productive performance of chickens. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Apr./June 2006, vol.10, no.2, p.484-489.
- LORA, ES; HAPP, J.F.; CORTEZ, L.A.B. Caracterização e disponibilidade de biomassa. In: CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.S. **Tecnologias de conversão energética da biomassa**. Manaus: EDUA/EFEI, p 5-37. 1997.
- MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. ampl. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.
- MACHADO, P.S. Manejo do 1º ao 28º dias. In: Manejo de frangos. Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. Campinas: FACTA. 1994. p.47-58.
- MARTIN, S.; SILVA, J.N.; TINÔCO, I.F.F.; VIEIRA, A.C.; ZANATTA, F.L.; MELO, L.D. Projeto e construção de um gaseificador de biomassa de fluxo concorrente. **R. Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.4, 258-267, Out./Dez, 2006.
- MENEGALI, S. **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**. 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- MORAES, S.R.P; TINOCO, I.F.F.; BAETA, F.C.; CECON, P.R. Caracterização de sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.89-92, 1999.
- PEREIRA, A.K. **Avaliação dos fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em galpões avícolas sob sistema de ventilação positiva, em condições de verão**. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SANTOS, I.S. **Reator de gaseificação de biomassa em fluxo contracorrente**. 2003. 76 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

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

TINOCO, I.F.F. **Sistema de resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**. 1988. 92 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

TINÓCO, I.F.F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.3, n.1, p.1–26, 2001.

VIEIRA, A.C. **Gaseificação de briquetes de casca de eucalipto**. 2005. p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.