

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE INSTALAÇÕES AGROPECUÁRIAS PARA CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**Rúben Christian Barbosa<sup>1</sup>, Felipe Santos Dalólio<sup>2</sup>, Matheus Lopes Amorim<sup>3</sup>, Jadir Nogueira da Silva<sup>4</sup> & Diego Augusto Gonzaga<sup>5</sup>1 - Engenheiro de Controle e Automação, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG, [ruben.barbosa@ufv.br](mailto:ruben.barbosa@ufv.br)2 - Zootecnista, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG, [felipe.dalolio@ufv.br](mailto:felipe.dalolio@ufv.br)3 - Engenheiro de Alimentos, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG, [matheus.amorim@ufv.br](mailto:matheus.amorim@ufv.br)4 - Bacharel em Matemática, PhD, Professor Titular, DEA/UFV, Viçosa - MG, [jadir@ufv.br](mailto:jadir@ufv.br)5 - Engenheiro de Controle e Automação, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG, [diego.gonzaga@ufv.br](mailto:diego.gonzaga@ufv.br)**Palavras-chave:**ambiência  
produção avícola  
fontes de aquecimento**RESUMO**

A avicultura de corte é uma atividade de grande destaque no agronegócio e a ambientação correta é um parâmetro de extrema relevância para obter melhores rendimentos na criação. Neste sentido, o trabalho visou realizar o balanço energético para determinar a quantidade necessária de calor para aquecimento de galpões avícolas visando a criação de frangos de corte e, assim, determinar a fonte de energia mais viável. Para isso, foram utilizados modelos de trocas de calor levando em consideração o calor gerado pelos animais e radiação da superfície do galpão, além do calor perdido por convecção e evaporação. Os dados climáticos foram considerados como os da cidade de Viçosa – MG onde, nas proximidades existem diversos produtores de frangos de corte. Observou-se que é necessário fornecer 20.207,67 kWh de energia calorífica por ano para manter o aviário em condições otimizadas para o crescimento dos animais, sendo julho o mês mais crítico. Por fim, analisou-se o custo do aquecimento automatizado com gás natural, gás liquefeito de petróleo, biogás, cavaco de madeira, energia elétrica e cama de frango. A partir disso, determinou-se que a cama de frango é a fonte energética que proporciona os melhores resultados financeiros, custando apenas R\$705,53 por ano. Contudo, a sua baixa disponibilidade pode ser um problema para manter o aquecimento contínuo, sendo assim recomendado o uso do cavaco de madeira (custo 85% maior), a fonte que apresenta o melhor resultado depois da cama de frango e que possui ampla disponibilidade.

**Keywords:**Environment  
poultry production  
heating sources**ANALYSIS OF ECONOMICAL FEASIBILITY OF HEATING SYSTEMS IN AGRICULTURAL FACILITIES DURING BROILER BREEDING****ABSTRACT**

The poultry industry is an outstanding activity in agribusiness and the correct ambience is a parameter of extreme relevance to obtain better yields during breeding. In this sense, the aim of the work was to perform energy balance in order to determine the amount of heat needed to heat poultry houses where broiler chickens will be raised and thus determine the most viable source of energy. For this, models of heat exchanges were used considering the heat generated by the animals and the radiation from the shed surface, besides the heat lost by convection and evaporation. Climatic data were considered as those of the city of Viçosa - MG where, in the vicinity, there are several producers of broilers. In order to keep the aviary in conditions optimized for the growth of the animals, 20,207.67 kWh of heat energy per year should be supplied, with July being the most critical month. Finally, we analyzed the cost of automated heating with natural gas, liquefied petroleum gas, biogas, wood chip, electric power and chicken bed. From this, chicken bed was determined to be the energy source that provides the best financial results, costing only R\$ 705.53 per year. However, low availability of chicken beds can be a problem to maintain the continuous heating, therefore wooden chip (cost 85% higher) is recommended to be used instead since this appeared to be the second best source of heat and has wide availability.

## INTRODUÇÃO

A avicultura de corte é um dos ramos de maior destaque no agronegócio brasileiro e produziu 13,10 milhões de toneladas de carne de frango em 2016, elevando o Brasil ao patamar de segundo maior produtor mundial (ABPA, 2016). Dentre outros fatores, a adoção de tecnologia na atividade é um parâmetro muito importante a ser considerado para o sucesso nos ganhos em produtividade. Dalólio et al. (2016) destacam ainda que a integralização do setor avícola também contribuiu para fomentar os processos produtivos com maior difusão tecnológica. A produção de frangos de corte dura em média 42 dias e, se comparado às demais atividades agropecuárias, é considerada como de ciclo curto. Assim, todas as etapas da criação de frangos nas instalações agropecuárias são relevantes, sobretudo as do início da vida dos pintinhos, pois é a etapa mais crítica e sensível. Além do que, a manutenção do conforto térmico nessa fase tem correlação direta positiva com o desenvolvimento ao longo de toda vida do animal, possibilitando maior desempenho produtivo e rentabilidade ao produtor (COBB-VANTRESS, 2013).

O aquecimento suplementar fornecido às aves nas primeiras semanas de vida é imprescindível para o desenvolvimento dos frangos. Afinal, nos primeiros dias de vida as aves não possuem o seu sistema termorregulador bem desenvolvido, sendo muito sensíveis ao frio (BAËTA & SOUZA, 2010). Isso ocorre devido às aves serem animais homeotérmicos, com temperatura interna constante em torno de 41,5°C e com necessidade de manter sua homeotermia para realizar suas funções metabólicas ótimas (FERREIRA, 2011; RYU et al., 2016). Além disso, a criação de frangos de corte de maneira intensiva faz com que os animais tenham reduzida margem de manobra para ajustes comportamentais necessários (MACARI et al., 2004). Dessa forma, o progresso nos índices de produtividade depende diretamente das condições do ambiente térmico ao qual a ave está inserida, ressaltando dessa forma a importância de manter os índices bioclimáticos de conforto dentro da zona de termoneutralidade das aves.

De maneira geral, é fornecido aquecimento para

frangos de corte nas duas primeiras fases de vida dos animais. Porém, tal manejo pode ser estendido até a terceira semana, principalmente no período de inverno. O período total de aquecimento irá depender das características da região e da época do ano em que estão alojados os frangos. Abreu e Abreu (2011) destacam a importância da manutenção das temperaturas ideais de conforto das aves nas primeiras semanas para a máxima expressão do potencial produtivo e indicam a temperatura de conforto de 35 a 32°C na primeira semana de vida das aves decaindo 2 a 3°C na semana subsequente.

Existem diversas fontes de energia para se fornecer calor às aves como: lenha, gás natural, biogás, gás liquefeito de petróleo, energia elétrica, dentre outros (ABREU, 2003; FUNCK & FONSECA 2008). Dalólio et al. (2017) destacam que as fontes de biomassa não convencionais, como os resíduos da produção avícola, também possuem valor energético considerável e podem contribuir para mitigar a poluição ambiental pela redução da disposição final de resíduos que outrora eram dispostos como passivos ambientais. Diversos tipos de aquecedores e sistemas de aquecimento podem ser utilizados, dentre eles destacam-se as fornalhas, as campânulas e as lâmpadas de infravermelho. A escolha do tipo de fonte de aquecimento e do sistema a ser utilizado irá depender de diversos fatores, sendo a eficiência e o custo envolvido no processo, os principais parâmetros. Outro importante ponto a ser observado na escolha da fonte de aquecimento a ser utilizada é a disponibilidade energética da região. A quase totalidade dos aviários está inserida em zonas rurais, o que faz com que o uso de biomassa seja bastante difundido. Contudo, a falta de padronização dos teores energéticos e de umidade e a necessidade de manejo mais sensível dos equipamentos que utilizam biomassa como fonte energética, fazem com que muitos avicultores optem por utilizar fontes mais convencionais de energia, apesar do maior custo envolvido na aquisição.

De acordo com Simões et al. (2015), a avicultura de corte pode tornar-se de alto risco para o produtor pelo fato de ser uma atividade com alto custo de implantação pela aquisição de equipamentos e na construção das instalações. Isso deixa evidente que

medidas de redução de custo e melhor orientação aos produtores são importantes para nortear as atividades agropecuárias das regiões produtoras de frangos de corte. Figueiredo et al. (2006) avaliaram que a avicultura de corte na microrregião de Viçosa, Minas Gerais (MG), é uma atividade de muita importância econômica e que é necessário diminuir ou mitigar os fatores de risco inerentes a redução dos custos de produção das aves. Tal fato também foi observado por Rocha et al. (2015), ao analisar a viabilidade econômica da atividade avícola no município de Tangará da Serra, Mato Grosso (MT).

Um dos componentes de maior preponderância quanto ao uso de recursos não renováveis ou de lenta renovação e de custo financeiro envolvido corresponde aos sistemas de controle ambiental, representados, principalmente, pelos sistemas de aquecimento (MATTIOLI, 2016). Assim, torna-se evidente a necessidade de se avaliar as principais fontes de aquecimento com relação à viabilidade econômica de acordo com o aporte energético local.

Diante do exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, realizar um estudo comparativo da viabilidade econômica de sistemas automáticos de aquecimento de instalações agropecuárias para

criação de frangos de corte a partir de diferentes fontes de energia: gás natural, gás liquefeito de petróleo, biogás, cavaco de madeira, energia elétrica e cama de frango.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), tomando-se como base para as observações climáticas o município de Viçosa, situado na Zona da Mata do estado de Minas Gerais. Os dados do trabalho foram obtidos a partir de simulações utilizando informações de trabalhos já publicados.

O clima, segundo a classificação Köppen-Geider, é subtropical úmido (Cwa) e caracteriza-se por ter médias anuais de 19°C, sendo que o verão é chuvoso e com máximas de 30°C, e o inverno é seco, devido à baixa umidade relativa do ar, e com mínimas de 10°C (INMET, 2013; PEEL et al., 2007). Na Tabela 1 encontram-se as médias climáticas históricas entre os anos de 1961 e 2009 de Viçosa, em função dos meses ao longo do ano.

**Tabela 1.** Dados climáticos correspondentes ao município de Viçosa no estado de Minas Gerais, no período de 1961 a 2009

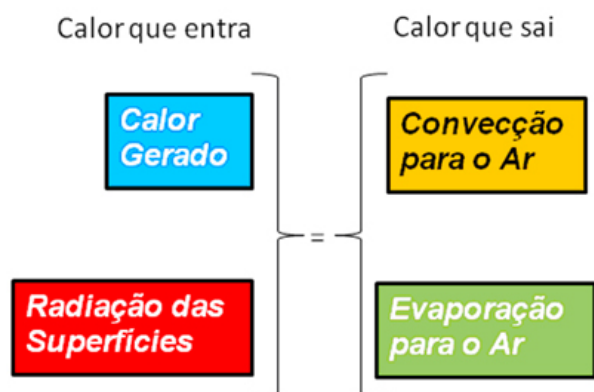
Mês	UR	PresAtm	TempMéd	TempMáx	TempMín	MaxAbs	MinAbs	VelMéd Vento
Unidade	(%)	(hPa, mbar)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C /data)	(°C /data)	(Km/h)
Jan	81,5	935,1	22,1	28,2	17,9	35.5-06/69	12.5-27/71	1,77
Fev	80,6	935,3	22,3	30,0	18,1	35.0-17/69	10.8-03/68	1,67
Mar	81,7	935,3	21,8	28,4	17,6	33.5-04/73	9.8-30/61	1,51
Abr	83,0	936,6	20,0	26,6	15,6	32.5-04/71	5.6-26/68	1,33
Mai	83,3	938,2	17,7	24,9	12,7	30.4-20/70	4.0-20/63	1,15
Jun	84,0	940,1	16,0	23,9	10,6	30.4-15/70	1.2-01/79	1,09
Jul	81,9	940,4	15,4	23,5	10,1	30.6-19/90	1.8-30/62	1,41
Ago	76,6	939,6	16,9	24,9	11,1	33.8-31/63	2.4-10/63	1,71
Set	76,2	938,3	18,3	25,5	13,3	34.0-30/63	4.8-18/62	1,76
Out	76,7	936,2	20,2	26,4	15,8	36.4-29/80	8.8-08/61	1,71
Nov	80,6	934,8	20,2	26,9	17,1	35.4-03/68	8.0-12/64	1,79
Dez	82,8	934,2	21,3	27,0	17,8	33.8-24/70	10.4-14/72	1,9
Anual	81,0	937,0	19,4	26,4	14,8	36.4 - 19/10/80	1.2 - 01/06/79	1,57

Fonte: INMET (2013)

UR = Umidade Relativa; PresAtm = Pressão Atmosférica; TempMéd = Temperatura Média; TempMáx = Temperatura Máxima; TempMín = Temperatura Mínima; MaxAbs = Temperatura Máxima Absoluta; MinAbs = Temperatura Mínima Absoluta; VelMédVento = Velocidade Média do Vento.

Para o estudo foi adotado uma instalação convencional de produção de frangos de corte, onde os mesmos ficam até os 42 dias de vida. O galpão considerado tem uma densidade de 15 aves m<sup>-2</sup>, dimensões de 60,0 m de comprimento por 8,0 m de largura com pé direito de 2,9 m, cobertura de fibrocimento com forro de poliestireno e vegetação rasteira circundante. Durante as primeiras três semanas de ciclo produtivo, utiliza-se metade da instalação, as laterais do galpão são abertas e teladas com presença de muretas laterais, de 0,2 m. Em dias frios, as laterais são cobertas com lonas. O sistema de ventilação é composto por ventiladores e a iluminação interior do galpão era feita com lâmpadas incandescentes de 60 W, que ficam ligadas em média de 4 h por dia, no período noturno (ZANATTA et al., 2008).

O balanço energético considera os fluxos de calor que entram e que saem da construção. Na Figura 1 tem-se um esquema de balanço energético para galpões de frangos.



**Figura 1.** Balanço energético em um galpão de aviários (BIANCHI, 2013).

O calor que entra é fruto do que é gerado pelos próprios animais devido ao seu metabolismo endógeno somado ao calor oriundo dos processos de radiação das superfícies, ocasionados pelo aquecimento externo provocado pelo sol. O calor que sai deve-se à convecção para o ar (calor sensível) e por evaporação para o ar (calor latente). O calor sensível ocorre quando há aumento da energia interna das moléculas, com um crescimento da temperatura com o tempo, mas sem ocorrer mudança de fase. Já o calor latente ocorre quando se aumenta a energia, mas sem alterar a temperatura, está associado à mudança da fase dos elementos envolvidos (INCROPERA et al., 2006).

O calor gerado por cada frango é da ordem de 10W, podendo variar de acordo com o peso e idade de cada um deles, temperatura e intensidade de luz, regime de alimentação, ciclo circadiano, regime de luz e atividade física (AERTS et al., 2000; KOH e MACLEOD, 1999; OHTANI e LEESON, 2000; SAIFUL et al., 2002; WATTS et al., 2011; XIN et al., 1996; XIN et al., 2001). Após o nascimento do sol, o telhado é aquecido e a radiação interna sobre os frangos aumenta. Essa radiação pode ser maior que a energia gerada pelos frangos.

Para determinar a necessidade de aquecimento, deve-se conhecer a temperatura ideal para cada estágio do crescimento dos animais. As temperaturas ambientais ideais necessárias em cada período da criação podem ser vistas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Temperaturas ambientais ideais para criação de frangos de corte em função da idade em semanas (ABREU E ABREU, 2011)

Idade (semanas)	Temperatura ambiente (°C)
1	32 – 35
2	29 – 32
3	26 – 29
4	23 – 26
5	20 – 23
6	20

Com os dados da Tabela 2 é possível determinar as necessidades energéticas que devem ser produzidas, a fim de gerar o calor necessário para manter o ambiente nas temperaturas indicadas.

A partir da Tabela 2, obteve-se a Tabela 3, que consiste nas médias das temperaturas mensais necessárias durante o ciclo de criação dos frangos de corte. O ciclo considerado foi de 6,5 semanas, e durante o segundo mês da criação, as instalações são paradas para limpeza, desinfecção e troca de cama, de forma a adotar o vazio sanitário correto empregado pelas empresas integradoras.

**Tabela 3.** Temperatura média mensal do ciclo de criação de frangos de corte

Mês do Ciclo de Criação	Temperatura Média do Mês (°C)
1	29
2	20

Os cálculos das necessidades energéticas mensais foram feitos a partir da Tabela 2. Foi considerado que no segundo mês o ciclo é de metade do mês, ou seja, as necessidades encontradas serão divididas por dois (metade do tempo de funcionamento).

De acordo com IDAE (2010), o balanço energético do ponto de vista térmico de uma instalação agroindustrial é dada pela equação 1:

$$Q_{rs} + Q_{ani} + Q_{equ} + Q_{ilu} \pm Q_{cc} \pm Q_{ven} + Q_{cal} + Q_{ref} = 0 \quad (1)$$

em que,

$Q_{rs}$  = ganho de calor devido à radiação solar, W;

$Q_{ani}$  = ganho de calor sensível dos animais, W;

$Q_{equ}$  = ganho de calor devido aos equipamentos,

$Q_{ilu}$  = ganho de calor devido à iluminação, W;

$Q_{cc}$  = trocas de calor por condução e convecção, W;

$Q_{ven}$  = trocas de calor devido à ventilação, W;

$Q_{cal}$  = ganhos de calor devido aos sistemas de aquecimento, W, e

$Q_{ref}$  = perdas de calor devido ao sistema de refrigeração, W.

Para a refrigeração e o aquecimento do ambiente temos as equações 2 e 3:

$$Q_{cal} = -Q_{ani} + Q_{cc} + Q_{ven}, \text{ caso } T_e(\text{externa}) < T_i(\text{interna}) \quad (2)$$

$$Q_{ref} = Q_{ani} + Q_{cc} \pm Q_{ven}, \text{ caso } T_e > T_i \quad (3)$$

a) Ganhos de Calor por radiação solar

Devido ao uso de lonas e a não incidência de sol direto nas janelas que realizam a ventilação do ambiente interno, pois o galpão não as possui, os ganhos de energia por meio de radiação direta serão desconsiderados. E o período da análise são os períodos noturnos das épocas mais frias da região.

b) Ganho de calor por convecção

Os valores de ganho para os frangos foram adotados como um valor médio de 10W por animal.

c) Trocas de calor com o ambiente externo

As diferenças de temperatura entre o meio externo e interno das instalações ocasionam trocas energéticas entre esses meios. Essas trocas são regidas pela equação 4:

$$Q_{cc} = A U (T_e - T_i) \quad (4)$$

em que,

A = Área do elemento de troca, m<sup>2</sup>, e

U = Coeficiente de transmissão térmica, Wm<sup>-2</sup> °C<sup>-1</sup>.

De acordo com Gerner (2012), para paredes de alvenaria, portas de madeira e telhado de telhas de barro temos na tabela 4 os seguintes coeficientes de transmissão térmica:

**Tabela 4.** Coeficientes de Transmissão de Calor (U) para diferentes materiais (Adaptado de GERNER, 2012)

Material	W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
Telha de Fibrocimento com forro de poliestireno	0,80
Porta de Madeira maciça	2,61
Tijolo de Barro comum, argamassa ambos os lados	3,08
Solo de Concreto com 2 cm de espessura	3,76
Lona de PVC comum	2,50

Dessa forma, a troca total de energia do ambiente com a planta é dada pela equação 5:

$$Q_{CC_{total}} = Q_{CC_{paredes}} + Q_{CC_{portas}} + Q_{CC_{janelas}} + Q_{CC_{solo}} + Q_{CC_{cobertura}} \quad (5)$$

Os materiais utilizados na construção da estrutura da planta são, em sua maioria, de argila e fibrocimento, como tijolos e telhas. As portas e janelas são construídas em madeira e o solo é coberto por camada de concreto cru depositado diretamente sobre o solo.

d) Trocas de calor devido à ventilação:

O ambiente interno do aviário, troca calor e energia com o ar que passa por ele. Essa troca de energia é dada pela equação 6.

$$Q_{vent} = V \cdot \rho \cdot C_p (T_e - T_i) \quad (6)$$

em que,

$V$  = Velocidade do vento ( $m s^{-1}$ );

$\rho$  = Densidade do ar ( $kg m^{-3}$ ), e

$C_p$  = Calor específico do ar ( $kg \text{ } ^\circ C$ ).

As velocidades do ar, foram consideradas como a ventilação mínima para as 4 primeiras semanas igual a  $0,5 m s^{-1}$  e  $1 m s^{-1}$  para as 2,5 semanas finais de criação (MENEGALI, et al. 2013).

A partir dos dados de temperatura em cada hora do dia típicos do mês e das necessidades de manter a temperatura interior dos aviários em temperaturas médias mensais, obteve-se os dados de calor que devem ser empregados no ambiente para manter o conforto térmico dos animais. Com os dados das necessidades de aquecimento por hora nos dias típicos de cada mês, determinou-se no sistema a necessidade de aquecimento para atender à demanda necessária a fim de se manter o ambiente interno do galpão apropriado para o desenvolvimento ideal dos frangos.

Foi considerado que os aquecedores de queima direta de combustível têm rendimento calorífico de 90%, ou seja, nos casos de utilização do gás natural e do gás liquefeito de petróleo. No caso do cavaco de madeira e cama de frango, utilizou-se um valor de 80% de eficiência. Já para o aquecimento através da energia elétrica, o rendimento considerado foi de 95%.

Foi realizada uma comparação do custo de operação do sistema de aquecimento automático com seis tipos diferentes de fonte energética. A cama de frango é composta por maravalha de madeira e possui umidade de 25%. A Tabela 5 contém os custos e o poder calorífico inferior (PCI) das fontes utilizadas no estudo.

Com as necessidades energéticas determinadas e a composição do custo e dos valores de PCI de cada uma das fontes energéticas, determinou-se o custo de operação com cada uma durante um ano. A partir de então, realizou-se as comparações a fim de encontrar a mais viável economicamente de ser utilizada.

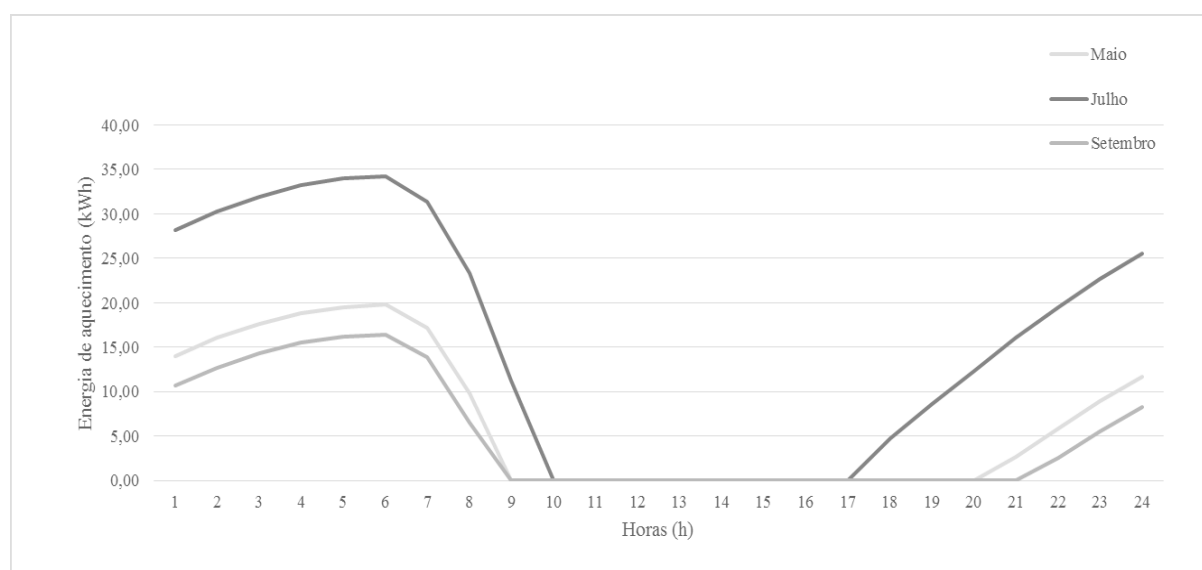
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os custos e as necessidades energéticas definidas, determinou-se o custo anual de aquecimento, utilizando as cinco diferentes fontes de energia. Foi realizado o cálculo da necessidade energética horária para cada dia típico de operação do aviário utilizando o modelo de balanço energético proposto na metodologia. Com os valores obtidos, chegou-se ao valor anual de energia necessária para o aquecimento do galpão. Na Figura 2 pode-se observar o comportamento horário em um dia típico dos meses de maio, julho e setembro de acordo com a necessidade de aquecimento dos aviários obtido dos dados da simulação.

**Tabela 5.** Custo de cada fonte energética em função dos seus respectivos valores de poder calorífico superior (Adaptado de SORDI et al., 2005; WECO, 2013; CEMIG, 2015)

Fonte Energética	Custo	Poder Calorífico Inferior	Custo por PCI
Gás Natural	0,55659 R\$ $m^{-3}$	37681 ( $kJ m^{-3}$ )	$1,47 \cdot 10^{-5}$ R\$ $kJ^{-1}$
GLP	3,10963 R\$ $kg^{-1}$	46892 ( $kJ kg^{-1}$ )	$6,63 \cdot 10^{-5}$ R\$ $kJ^{-1}$
Biogás	0,23169 R\$ $m^{-3}$	20934 ( $kJ m^{-3}$ )	$1,11 \cdot 10^{-5}$ R\$ $kJ^{-1}$
Cavaco de Madeira	0,18031 R\$ $kg^{-1}$	12600 ( $kJ kg^{-1}$ )	$1,43 \cdot 10^{-5}$ R\$ $kJ^{-1}$
Energia Elétrica	0,30306 R\$ $kWh^{-1}$	3600 ( $kJ kWh^{-1}$ )	$8,42 \cdot 10^{-5}$ R\$ $kJ^{-1}$
Cama de Frango	0,09 R\$ $kg^{-1}$ *	11600 ( $kJ kg^{-1}$ )	$0,77 \cdot 10^{-5}$ R\$ $kJ^{-1}$

\*Custo levantado pelos autores na região de Viçosa – MG.



**Figura 2.** Necessidades de aquecimento horária por dia nos meses mais críticos.

Por ano, são necessários fornecer 20.207,67 kWh de energia calorífica para manter o aviário em condições otimizadas de operação. Com a Tabela 5 e essa necessidade anual de energia, encontrou-se os valores da Tabela 6, custo anual e custo em 10 anos.

**Tabela 6.** Custo anual e custo em 10 anos do aquecimento do aviário com as diversas fontes energéticas

Fonte Energética	Custo Anual	Custo em 10 Anos
Gás Natural	R\$1.499,96	R\$14.999,58
GLP	R\$5.358,43	R\$53.584,35
Biogás	R\$1.350,35	R\$13.503,49
Cavaco de Madeira	R\$1.305,03	R\$13.050,30
Energia Elétrica	R\$6.446,46	R\$64.464,58
Cama de Frango	R\$705,53	R\$7.055,26

GLP=Gás liquefeito de petróleo.

Como nas demais atividades agropecuárias, a produção de frangos de corte gera uma quantidade muito grande de resíduos. Eles são provenientes da cama de frangos e das aves mortas que, se bem manejados, podem se tornar uma importante energia e agregar economicamente à atividade da produção avícola (GARCIA *et al.*, 2012). A exigência do mercado em modelos de produção autossustentáveis é um grande impulsionador

do tratamento correto dos resíduos para evitar possíveis contaminações ao meio ambiente. O uso da cama de frangos e carcaças pode ser feito para aproveitar de forma eficiente os resíduos, usando-os como fonte de energia térmica que pode gerar energia elétrica para suprir todas as necessidades da produção e até mesmo para vendados excedentes para as concessionárias de energia elétrica (ANEEL, 2012). Dalólio *et al.* (2017) afirmam que para a região de Viçosa, Minas Gerais (MG), a capacidade de geração de energia elétrica é de 8800 kW para uma produção de cama de frango em torno de 6552 ton mês<sup>-1</sup>, assumindo uma potência termodinâmica de 30% de eficiência.

A utilização da cama de frango para aquecimento, seguido pelocavaco de madeira, são as opções mais viáveis financeiramente, uma vez que os custos são os menores. De acordo com Zanatta *et al.* (2008), a qualidade e o rendimento do frango de corte não são influenciados pelo tipo de material utilizado para o aquecimento, então o cavaco de madeira demonstrou ser a melhor opção em locais com grande disponibilidade desse combustível. Cordeiro *et al.* (2010) afirmam que o sistema de aquecimento influencia na eficiência, sendo que o sistema de aquecimento que melhor diminui o estresse por frio e proporciona o melhor desempenho produtivo é conjugando tambores e campânulas.

A demonstração percentual do custo relativo de cada uma das fontes energéticas em relação a mais econômica é mostrada na Tabela 7.

**Tabela 7.** Percentual de custo relativo do aquecimento do aviário com as diversas fontes energéticas

Fonte Energética	Percentual (%)
Gás Natural	114,94%
GLP	410,60%
Biogás	103,47%
Cavaco de Madeira	100,00%
Energia Elétrica	493,97%
Cama de Frango	54,06%

A partir da Tabela 7 pode-se inferir que a utilização de GLP e energia elétrica para o aquecimento apresentam custos muito elevados, chegando a ser cerca de 3 a 4 vezes mais caros do que utilizar cavaco de madeira (ZANATTA et al. 2008). Por outro lado, o resíduo da cama de frangopode gerar economia de até 50% em relação ao uso de cavaco de madeira.

O descarte inapropriado da cama de frango pode comprometer a qualidade do solo e da água, contaminando mananciais por microrganismos, intoxicando animais e plantas com percepção só a médio e longo prazo (CUPTA & GARDNER, 2005; KAVIRAJ & GHOSAL, 1997; RANATUNGA et al., 2013). A utilização de biodigestores para produção de biogás pode ser uma alternativa economicamente viável para o tratamento desses dejetos da avicultura, equiparando-se aos custos de utilização do cavaco de madeira. Além disso, o biogás ainda possibilita a geração de energia elétrica por meio da utilização de motores geradores, o que não ocorre na utilização do cavaco de madeira. Contudo, é preciso levar em conta o custo de implantação do biodigestor e do motor gerador, o que pode desfavorecer a utilização do biogás a partir da cama de frango.

Além da utilização da cama de frango para produção de biogás, a sua utilização direta parece ser a alternativa mais viável para o aquecimento da granja, como pode ser visto pelos resultados. Observa-se que o uso direto da cama de frango apresenta custo 49% menor que a produção e consumo do biogás. Mesmo quando comparado ao cavaco de madeira, a principal fonte de aquecimento atual, a utilização direta da cama de frango chega

a ser 46% menor, o que mostra o seu potencial. Apesar disso, atualmente, a cama de frango tem sido utilizada para a produção de fertilizantes orgânicos, o que garante um alto retorno financeiro para o avicultor, o que pode dificultar a sua disponibilidade para uso no aquecimento.

## CONCLUSÕES

- A fonte de energia mais viável economicamente foi a cama de frango. Contudo, devido a inconstância no seu fornecimento e a possível utilização como fertilizante, a baixa disponibilidade da cama de frango pode dificultar o seu uso no aquecimento do galpão avícola.
- Depois da cama de frango, a fonte que apresentou os menores custos foi o cavaco de madeira. Devido a sua maior disponibilidade, o cavaco de madeira apresenta uma maior segurança quanto a capacidade de aquecimento do galpão durante o ano todo. Entretanto, a possível concorrência com a produção de móveis pode elevar os preços do cavaco, o que também poderia ser um problema para o aquecimento.
- Já o biogás apresentou custos ligeiramente acima do cavaco de madeira e o seu uso pode ser justificado uma vez que ele pode ser obtido a partir dos resíduos da própria produção avícola e a produção pode ser manejada para ser oferecida durante maior tempo, mesmo sem a presença da cama de frangos. Dessa forma, o biogás se tornaria muito atraente para o aquecimento, além da possibilidade da produção de energia elétrica.
- Ressalta-se que o estudo foi feito de forma teórica e simplificada para resultados mais precisos e condizentes com a realidade produtiva da região em estudo. No entanto, deve-se implementar estudos práticos de campo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de



Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV) pelo fornecimento dos materiais, equipamentos e laboratórios para os testes e simulações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL) (2016). Disponível em: [http://abpabr.com.br/storage/files/versao\\_final\\_para\\_envio\\_digital\\_1925a\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web1.pdf](http://abpabr.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf)

ABREU, P.G. Modelos de aquecimento. In: Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Chapecó, Santa Catarina, Brasil. CD-ROM. p.65-77, 2003.

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 1-14, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreossistemas.pdf>.

AERTS, J.M.; BERCKMANS, D.; SAEVELS, P.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Modeling the dynamic and static responses of total heat production of broiler chickens to step changes in air temperature and light intensity. *British Poultry Science*, v.41, p.651-659, 2000.

ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, de 17 de Abril de 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 30 Abril 2014.

BIANCHI, M.V.A. Ciência da Construção Aplicada a Galpões de Frangos de Corte. *Agricultura Industrial*, 17 Abril 2013. Disponível em: [http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticia/ciencia-da-construcao-aplicada-a-galpoes-de-frangos-de-corte-por-marcus-v-a-bianchi/20130417141823\\_T\\_081](http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticia/ciencia-da-construcao-aplicada-a-galpoes-de-frangos-de-corte-por-marcus-v-a-bianchi/20130417141823_T_081). Acesso em: 15 ago. 2013.

COBB. **Desenvolvimento ótimo de frangos de**

**corte**. Guapiaçu, SP: CobbVantress, Brasil Ltda., 2013, 44p. Disponível em: [http://cobb-vantress.com/languages/guidefiles/055769bb-6a4b-41b7-822e-44a32b85c629\\_pt.pdf](http://cobb-vantress.com/languages/guidefiles/055769bb-6a4b-41b7-822e-44a32b85c629_pt.pdf).

CORDEIRO, M.B. et al. Conforto Térmico e Desempenho de Pintos de Corte Submetidos a Diferentes Sistemas de Aquecimento no Período de Inverno. *Revista Brasileiro de Zootecnia*, 39, 2010. 217-224. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n1/29.pdf>. Acesso em: 4 Dezembro 2013.

CUPTA, G.; GARDNER, W. Use of clay mineral (montmorillonite) for reducing poultry litter leachate toxicity (EC50). *Journal of Hazardous Materials*, B118, p.81-83, 2005.

DALÓLIO, F.S.; MOREIRA, J.; COELHO, D.J.R.; SOUZA, C.F. Caracterização bioclimática de um galpão experimental de criação de frangos de corte na região de Diamantina-MG. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.24, n.1, p.22-31, 2016. Disponível em: <http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/view/648/416>. Acesso em: 4 Abril 2017.

DALÓLIO, F.S.; SILVA, J.N.; OLIVEIRA, A.C.C.; TINÔCO, I.F.F.; BARBOSA, R.C.; RESENDE, M.O.; ALBINO, L.F.T.; COELHO, S.T. Poultry litter as biomass energy: A review and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.76, p.914-949, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.104>. Acesso em: 6 Abril 2017.

FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente**: para aves, suínos e bovinos. 2.ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2011. 401p.

FIGUEIREDO, A.M.; SANTOS, P.A.; SANTOLIN, R.; REIS, B.S. Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa – MG: viabilidade econômica e análise de risco. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.44, n.4, p.713-730, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/resr/v44n4/a05v44n4.pdf>. Acesso em: 6 Abril 2017.

FUNCK, S.R.; FONSECA, R.A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.91,97, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n1/v12n01a14.pdf>>. 10Abril 2017.

GARCIA, R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; CALDARA, F.R.; NÄÄS, I.A.; PEREIRA, D.F.; FERREIRA, V.M.O.S. Selecting the Most Adequate Bedding Material for Broiler Production in Brazil. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, n.2, p.121-128, 2012.

GERNER, V.R. Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U): Materiais de Construção Utilizados no Brasil. São Paulo. 2012.

IDAE. Auditorías Energéticas en Instalaciones Ganaderas. Parte 1: Manual Para larealización de auditorías energéticas eninstalacionesganaderas, v.14, p.83, Junio 2010.

INCROPERA, F. P. et al. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 6. ed. LTC, 2006. 1024p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: Dados Históricos. 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 26 de jul.2016.

KAVIRAJ, A.; GHOSAL, T.K. Effects of poultry litter on the chronic toxicity of cadmium to commom carp (CyprinusCarpio).**Bioresource Technology**, v.60, p.239-243, 1997.

KOH, K.; MACLEOD, M.G. Circadian variation in heat production and respiratory quotient in growing broilers maintained at different food intakes and ambient temperatures. **British Poultry Science**, v.40, p.353-356, 1999.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M. Produção de frangos de corte.

Campinas: **Facta**, 2004. p.137-156.

MATTIOLI, M.C. **Demanda e análise energética em instalações de frango de corte do tipo Darkhouse**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 93f. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/11906/3/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Demanda%20e%20an%C3%A1lise%20energ%C3%A9tica%20em%20instala%C3%A7%C3%B5es%20de%20frango%20de%20corte%20do%20tipo%20Darkhouse.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/11906/3/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Demanda%20e%20an%C3%A1lise%20energ%C3%A9tica%20em%20instala%C3%A7%C3%B5es%20de%20frango%20de%20corte%20do%20tipo%20Darkhouse.pdf)>. 9Abril 2017.

MENEGALI, I. et al. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte. **Revista Brasileiro de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17, Janeiro 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662013000100015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000100015&lng=en&nrm=iso)>. Acessoem: 04 dez. 2013.

OHTANI, S; LEESON, S.The effect of intermittent lighting on metabolizable energy intake and heat production of male broilers. **Poultry Science**, v.79, p.167–171, 2000.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; McMAHON, T.A.: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrol. **Earth System Science**, v.11, p.1633-1644, 2007.doi:10.5194/hess-11-1633-2007.

RANATUNGA, T.D.; REDDY, S.S.; TAYLOR, R.W. Phosphorus distribution in soil aggregate size fractions in a poultry litter applied soil and potential environmental impacts.**Geoderma**,v.192, p.446–452, 2013.

ROCHA, M.A.; BENÁ, C.A.; RIBEIRO, M.A.; PÁDUA JÚNIOR, C.R.; MARCELO, J.O.; SANTANA, C.S. **Viabilidade econômica da atividade avícola no sistema de integração com agroindústrias**: estudo de caso em pequena propriedade rural na região de Tabgará da Serra – MT. XXII Congresso Brasileiro de Custos – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2015. p.1-12, 2015. Disponível em: <<https://>

anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/4032/4033>. 10Abril 2017.

RYU ST, PARK BS, BANG HT, KANG HK, HWANGBO J. Effects of anti-heat diet and inverse lighting on growth performance, immune organ, microorganism and short chain fatty acids of broiler chickens under heat stress. **Journal of Environmental Biology**, v.37, n.2, p.185-192, 2016.

SAIFUL, I.M.; FUJITA, M.; ITO, T. Effect of physical activities on heat production of White Leghorn hens under different lighting regimes. **JapanPoultry Science**, v.39, p.159–166, 2002.

SORDI, A.; SOUZA, S.N.M.; OLIVEIRA, F.H. Biomassa gerada a partir da produção avícola na região Oeste do Estado do Paraná: uma fonte de energia. **ActaScientiarumTechnology**, v.27, n.2, p.183-190, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/3032/303226514003/>>. 10Julho 2017.

WATTS, J.M.; GRAFF, L.J.; STRAWFORD, M.L.; CROWE, T.G.; BURLINGUETTE, N.A.; CLASSEN, H.L.; SHAND, P.J. Heat and moisture

production by broilers during simulated cold weather transport. **Poultry Science**, v.90, n.9, p.1890-1899, 2013.doi: 10.3382/ps.2010-01314.

WECO. **Poder Calorífico**. Disponível em: <[http://www.weco.ind.br/site/files/Weco\\_Catalogo.pdf](http://www.weco.ind.br/site/files/Weco_Catalogo.pdf)>. Acesso em: 20 Novembro2013.

XIN, H.; BERRY, I.L.; TABLER, G.T.; COSTELLO, T.A. Heat and moisture production of poultry and their housing systems: Broilers. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.44, p.1851-1857, 2001.

XIN, H.; SELL, J.L.; AHN, D.U. Effect of light and darkness on heat and moisture production of broilers. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.39, p.2255-2258, 1996.

ZANATTA, F.L. et al. Avaliação do Conforto Térmico em Aviário Aquecido com Gaseificador de Biomassa. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, n. 16, Julho/Setembro 2008. p.270-284. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/REVENG/v16n03/v16n03a02.pdf>>. Acesso em: 11 Fevereiro2013.