



## DEMANDA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO DE GALPÃO PARA FRANGOS DE CORTE MODELO *DARKHOUSE*

Matheus Campos Mattioli<sup>1</sup>, Alessandro Torres Campos<sup>2</sup>, Jacqueline Cardoso Ferreira<sup>3</sup>, Alessandro Vieira Veloso<sup>4</sup> & Lucas Henrique Pedrozo Abreu<sup>5</sup>

**RESUMO:** Notadamente, os avanços tecnológicos buscados pelo setor de construções rurais promovem ganhos em conforto e bem-estar animal, garantindo aumentos em produtividade. Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar a demanda energética, de maneira detalhada, para implantação de um galpão aviário tipo *Darkhouse*, cuja atividade produtiva constitui da criação de frangos de corte, identificando as quantidades dos principais componentes e serviços necessários à construção. Foram considerados todos os materiais e serviços inerentes a cada uma das etapas de construção, onde os totais quantificados foram convertidos em unidades de energia, identificando aqueles de maior requerimento energético. Dentre os materiais de construção utilizados, destaca-se o aço, que correspondeu a 26,19% da energia investida na instalação. Neste sentido, o cimento também ocupou posição de destaque durante a quantificação dos materiais de construção, representando 8,47%. A energia depreendida durante a fase de limpeza e movimentação de solo representou 48,52% do total investido, devido, principalmente, ao grande volume de solo movimentado. A obra consumiu um total de 3.293.064,77 MJ de energia, distribuídos entre serviços e materiais. O coeficiente energético específico do aviário modelo *Darkhouse* foi de 1.219,65 MJ m<sup>-2</sup>. Poucos trabalhos foram encontrados na literatura, principalmente brasileira, abordando os gastos energéticos em estruturas destinadas à criação de animais e da energia presente em materiais e serviços. Desta forma, os resultados obtidos no presente trabalho visam fornecer dados específicos e incentivar pesquisadores no que tange às análises energéticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** construções rurais, avicultura de corte, análise energética, coeficiente energético, sustentabilidade.

## ENERGETIC DEMAND IN THE CONSTRUCTION OF A DARKHOUSE BROILER CHICKEN SHED

**ABSTRACT:** It is notable that technological advances sought after by the rural construction sector promote gain in animal comfort and wellbeing, guaranteeing increase in productivity. In this sense, this work aimed at evaluating the energetic demand, in a detailed manner, for implementing a Darkhouse poultry shed, of which productive activity constitutes broiler chicken rearing, identifying the quantities of the principal components and services necessary for the construction. All materials and services inherent to each of the construction stages were considered, in which the quantified totals were converted into energy units, identifying those with higher energy requirement. Among the construction materials used, steel was highlighted, corresponding to 26.19% of the energy invested into the installation. In this sense, cement was also prominent, representing 8.47%. The energy expended during the cleaning and soil movement phase represented 48.52% of the total invested, mainly due to the large amount of soil moved. The construction consumed a total of 3,293,064.77 MJ of energy, distributed among services and materials. The specific energy coefficient for Darkhouse shed was 1,219.65 MJ m<sup>-2</sup>. Few works were found in literature, especially Brazilian, regarding energy expenses in structures destined for animal rearing and of the energy present in materials and services. Thus, the results obtained in this work aim at providing specific data and encouraging researchers in relation to energy analyses.

**KEYWORDS:** rural constructions, broiler chicken rearing, energy analysis, energetic coefficient, sustainability.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia (DEG/UFLA). Doutorando em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFLA). E-mail: [mattioli-cmatheus@hotmail.com](mailto:mattioli-cmatheus@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA). Professor Associado Departamento de Engenharia (DEG/UFLA); Bolsista de Produtividade em Pesquisa CNPq. E-mail: [campos@deg.ufla.br](mailto:campos@deg.ufla.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Agrícola (PPGEA/UFLA). E-mail: [jacardosof@yahoo.com.br](mailto:jacardosof@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA). Professor Adjunto Departamento de Engenharia (DEG/UFLA). E-mail: [alessandro.veloso@deg.ufla.br](mailto:alessandro.veloso@deg.ufla.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Lavras (UFLA). Professor Adjunto Departamento de Engenharia (DEG/UFLA). E-mail: [lucas.abreu@deg.ufla.br](mailto:lucas.abreu@deg.ufla.br)

## 1 INTRODUÇÃO

A criação de frangos para o abate no Brasil se constitui como uma das mais importantes fontes de proteína animal, principalmente para parcela da população com menor poder aquisitivo. Representando um desafio ao setor produtivo e impulsionando os avanços em manejo, nutrição, genética e bem-estar das aves por meio de instalações com maior tecnologia (DAMASCENO et al., 2010).

Os sistemas de criação que dispõem dos mais avançados instrumentos de controle das condições ambientais dentro dos galpões estão sendo cada vez mais adquiridos pelos produtores de frangos de corte. Destacam-se os sistemas automatizados com galpões do tipo *Darkhouse*, como o próprio nome diz, são estruturas fechadas onde o controle de luz é feito por controladores, bem como a renovação de ar, umidade, gases e temperatura (FUNCK; FONSECA, 2008).

Como uma forma de mensurar a sustentabilidade e a eficiência dos agroecossistemas, os estudos com base nos fluxos de energia, distribuição e conversão se mostram adequados, possibilitando a determinação detalhada da energia envolvida na obtenção de materiais, equipamentos e processos, apontando os itens de maior aporte e propondo opções ambientalmente menos impactantes (CAMPOS et al., 2003).

A criação de aves de maneira intensiva importa grandes quantidades de recursos naturais, principalmente aqueles utilizados em construções. Os componentes de maior preponderância quanto ao uso de recursos não renováveis ou de lenta renovação correspondem aos sistemas de controle ambiental, representado pelos sistemas de aquecimento, resfriamento e renovação de ar. O segundo maior importador de recursos são os materiais de construção propriamente dito, porém pouco se sabe ainda do total requisitado para a aquisição de tais materiais (PULSELLI; SIMONCINI; MARCHETTINI, 2009).

Entretanto, ainda se faz necessário estudos desta ordem, de forma a expandir as informações disponíveis na literatura, principalmente na composição das análises energéticas em atividades agropecuárias, apresentando coeficientes energéticos específicos às instalações voltadas às condições brasileiras (VELOSO et al., 2012). Zanini et al. (2003) complementam que trabalhos nesta temática são escassos, principalmente aqueles voltados ao dispêndio energético em materiais de construção e serviços, sendo os comumente encontrados referentes à produção de grãos e forrageiras para alimentação animal.

Para tanto, o presente trabalho teve por objetivo estimar o total energético, embutido nos materiais de construção, equipamentos e serviços utilizados para construção de um galpão aviário com tipologia *Darkhouse*, bem como a obtenção do coeficiente energético específico para cada metro quadrado construído.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma estimativa do montante energético gasto na construção de um galpão aviário automatizado do tipo *Darkhouse*. Para tanto, foram computados todos os gastos energéticos referentes aos serviços de terraplanagem, materiais de construção, maquinário utilizado, mão-de-obra em cada etapa de construção, instalação de equipamentos e controladores que constituem o referido sistema intensivo de criação de frangos de corte.

A área onde se procedeu o estudo está situada em uma propriedade rural, cuja principal atividade é a criação de frangos para o abate, localizada na região da Zona da Mata, estado de Minas Gerais. Apresentando clima quente e temperado, Cfb, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, com uma pluviosidade média de 1.482 mm ano<sup>-1</sup>, ocorrendo chuvas no período mais seco do ano. Altitude de 1.164 m e temperatura média de 18,8 °C.

O galpão possui capacidade para 50.000 animais, área interna de 2.700 m<sup>2</sup> sendo em média 18,52 animais por metro quadrado durante os 42 dias de criação. Dimensões de 150 m de comprimento por 18 m de largura com revestimentos em alvenaria de blocos de concreto, pé direito de 3,00 m e cobertura em telhas de fibrocimento (FIGURAS 1, 2 e 3).

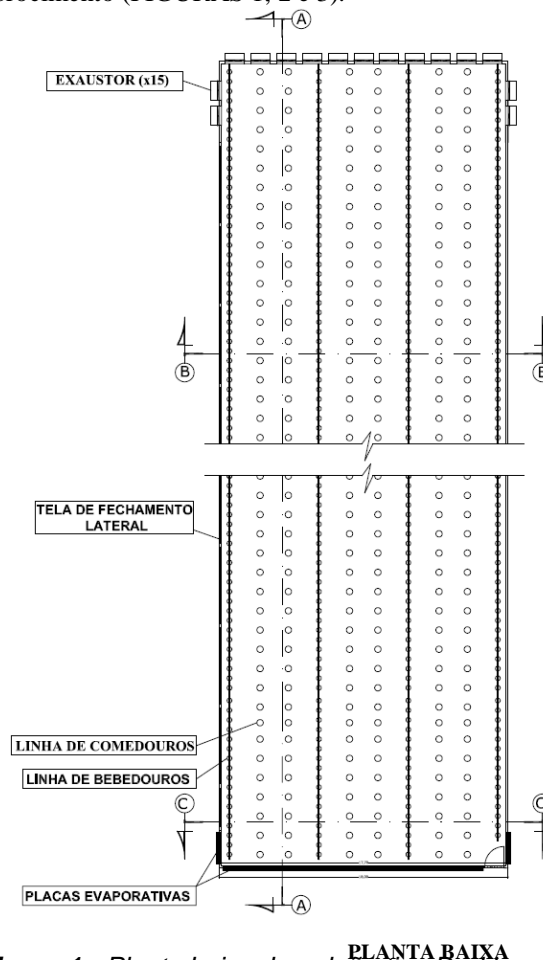
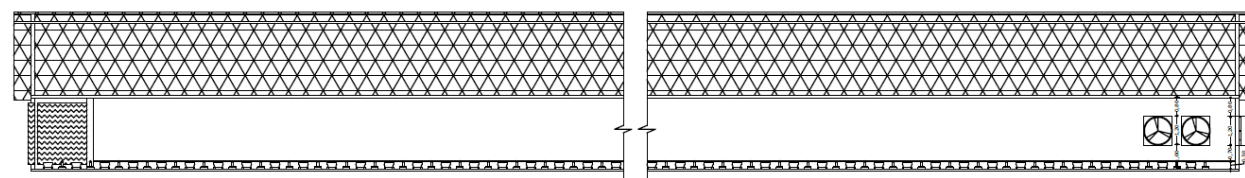
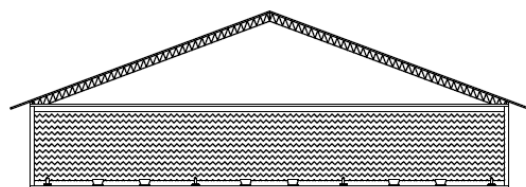


Figura 1 - Planta baixa do galpão tipo *Darkhouse*.



CORTE AA

**Figura 2** - Esquema de corte longitudinal do galpão tipo Darkhouse.

CORTE BB

CORTE CC

**Figura 3** - Esquemas de cortes transversais do galpão tipo Darkhouse.

Possui dois sistemas de resfriamento adiabático, um por meio de nebulizadores e outro com painéis celulósicos evaporativos por onde a água é recirculada. O sistema de ventilação adotado foi de pressão negativa constituído por 15 exaustores, instalados em uma extremidade do galpão. A serragem, material utilizado como cama para as aves, foi depositada sobre o piso (aproximadamente 20 cm) que é de chão batido.

O aviário conta ainda com sensores de umidade relativa e temperatura do ar, que alimentam o sistema de controladores, cuja função é manter as condições dentro do aviário mais próximas ao ideal, de acordo com as exigências fisiológicas dos animais. Os controladores ativam o sistema de resfriamento, regulam a velocidade do vento dentro da instalação, bem como umidade e

temperatura, promovendo a retirada do excesso de gases tóxicos, renovação de ar, dentre outros.

Os sistemas de bebedouros e comedouros são automatizados, com regulagem de altura e de consumo. Para os animais juvenis foram adquiridos comedouros específicos que são necessários somente nos primeiros dias de criação.

Os principais materiais e insumos pertinentes aos trabalhos preliminares e execução empregados na construção do galpão aviário do tipo *Darkhouse* e suas respectivas quantidades e coeficientes energéticos estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Quantidades e coeficientes energéticos dos principais materiais de construção, insumos e equipamento utilizado nas etapas de serviços preliminares e execução da obra.

Elementos analisados	Quantidades	Coefficiente energético	Fonte
Terraplanagem com Motoniveladora			
<i>Energia direta - Consumida</i>			
Óleo Diesel	2.480,0 L	47,48 MJ L <sup>-1</sup>	Pimentel (1980)
Lubrificantes	30,0 kg	43,38 MJ kg <sup>-1</sup>	Jasper et al. (2010)
<i>Energia indireta - Depreciação</i>			
Motoniveladora	17.510,0 kg	80,20 MJ kg <sup>-1</sup>	Sartori et al. (2005)
Construção do Aviário			
Cimento	51.500,0 kg	4,76 MJ kg <sup>-1</sup>	Fernandes e Souza (1982)
Cal	2.460,0 kg	4,35 MJ kg <sup>-1</sup>	Bajay e Sant'Ana (2010)
Cascalho	33.900,0 kg	0,042 MJ kg <sup>-1</sup>	Fernandes e Souza (1982)
Agregados graúdos	263.024,0 kg	0,042 MJ kg <sup>-1</sup>	Fernandes e Souza (1982)
Agregados miúdos	354.090,0 kg	0,045 MJ kg <sup>-1</sup>	Fernandes e Souza (1982)
Blocos concreto	42,0 m <sup>3</sup>	614,64 MJ m <sup>-3</sup>	Campos et al. (2003)
Tijolos e lajotas	26.650,0 kg	3,15 MJ kg <sup>-1</sup>	Campos et al. (2003)
Telhas de fibrocimento	41.097,0 kg	3,93 MJ kg <sup>-1</sup>	Campos et al. (2003)
Vergalhões de diversas bitolas	4.068,6 kg	62,78 MJ kg <sup>-1</sup>	Pimentel (1980)
Materiais em aço	8.005,0 kg	62,78 MJ kg <sup>-1</sup>	Pimentel (1980)
Gasolina	40,0 L	56,31 MJ L <sup>-1</sup>	Binning, Pathak e Panesar (1983)
Madeira	4.011,0 kg	13,81 MJ kg <sup>-1</sup>	Brasil (2001)

Foram obtidos, por meio de memorial descritivo da obra e manuais técnicos, todos os quantitativos relativos aos equipamentos e instalações necessários à construção do galpão tipologia *Darkhouse* e sua respectiva vida útil, como forma de estimar a Demanda Específica de

Energia deste tipo de instalação, em seus diversos componentes (TABELA 2). Sendo que no presente trabalho, considerou-se somente o investimento para cada componente.

**Tabela 2 - Quantidades dos principais elementos e equipamentos empregados nas instalações do galpão tipo *Darkhouse* e seus respectivos coeficientes energéticos.**

Elementos analisados	Quantidades (kg)	Vida útil (anos)	Coefficiente energético (MJ kg <sup>-1</sup> )	Referência
<i>Material Hidráulico</i>				
PVC*	180,0	40	119,99	Pimentel (1980)
Tubulação metálica	20,0	40	62,78	Pimentel (1980)
<i>Ferramentas e Serralheria</i>				
Materiais em aço	340,2	40	62,78	Pimentel (1980)
Plásticos	1,2	40	130,04	Pellizzi (1992)
<i>Instalação Elétrica</i>				
Plásticos	120,0	40	130,04	Pellizzi (1992)
Fios elétricos	400,0	40	45,02	Pellizzi (1992)
<i>Comedouros</i>				
Tubulação metálica	967,5	40	62,78	Pimentel (1980)
PVC*	800,0	40	119,99	Pimentel (1980)
<i>Bebedouros</i>				
Tubulação metálica	450,0	40	62,78	Pimentel (1980)
PVC*	85,0	40	119,99	Pimentel (1980)
Exaustores	1.260,0	10	83,68	Pimentel (1980)
<i>Conjunto de Nebulização</i>				
Motobomba 0,75 cv	13,0	10	83,68	Pimentel (1980)
Tubulação de PVC*, juntas e nebulizadores de PVC*	110,0	40	119,99	Pimentel (1980)
<i>Sistema Pad Cooling</i>				
Motobomba 0,75 cv	13,0	10	83,68	Pimentel (1980)
Tubulação de PVC*	12,0	40	119,99	Pimentel (1980)
Painéis evaporativos	228,0	10	13,81	Brasil (2001)

\* Policloreto de vinila.

Especial atenção foi dispensada à energia proveniente do trabalho humano, sendo este um ponto controverso em trabalhos de análise energética, devido principalmente a sua pequena contribuição em termos percentuais ao dispêndio energético em agroecossistemas industriais, à despeito de todas implicações antropológicas envolvidas. Na Tabela 3, estão detalhados os profissionais, horas trabalhadas e o coeficiente de conversão da energia para a mão-de-obra empregada na construção do galpão.

Após a quantificação dos componentes envolvidos na construção do galpão do tipo *Darkhouse* (materiais e trabalho humano), para sua conversão em unidades de energia, multiplicaram-se as quantidades destes pelos seus respectivos coeficientes energéticos.

Para o cálculo da energia consumida por máquinas e equipamentos foi utilizada metodologia empregada por diversos pesquisadores, a qual consiste na depreciação energética. Realizou-se a depreciação das máquinas e equipamentos envolvidos nas etapas de construção com base na vida útil e massa dos mesmos.

**Tabela 3 - Horas de trabalho de cada profissional para a construção do galpão tipo *Darkhouse* e o coeficiente energético referente ao trabalho humano.**

Elementos analisados	Quantidade (horas)	Coefficiente energético	Referência
<i>Trabalho humano / Mão-de-obra</i>			
Operador de motoniveladora	130	0,39 MJ h <sup>-1</sup>	Fernandes e Souza (1982)
Encarregado	756		
Pedreiro	1.832		
Carpinteiro	600		
Pintor	232		
Soldador	408		
Servente	5.496		
Projetista	20		
Eletricista	96		



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão descritos os totais energéticos referentes aos principais materiais, insumos e equipamentos utilizados nas etapas de serviços preliminares e execução da obra.

**Tabela 4** - Quantidades e energia embutida nos principais materiais de construção, insumos e equipamentos utilizados nas etapas de serviços preliminares e execução.

Elementos analisados	Quantidades	Energia embutida (MJ)
Terraplanagem com Motoniveladora		
<i>Energia direta – Consumida</i>		
Óleo Diesel	2.480,0 L	117.750,40
Lubrificantes	30,0 kg	1.301,40
<i>Energia indireta – Depreciação</i>		
Motoniveladora	17.510,0 kg	1.404.302,00
Construção do Aviário		
Cimento	51.500,0 kg	245.140,00
Cal	2.460,0 kg	10.701,00
Cascalho	33.900,0 kg	1.423,80
Agregados graúdos	263.024,0 kg	11.047,00
Agregados miúdos	354.090,0 kg	15.934,10
Blocos concreto	42,0 m <sup>3</sup>	25.814,90
Tijolos e lajotas	26.650,0 kg	83.947,50
Telhas de fibrocimento	41.097,0 kg	161.511,20
Vergalhões de diversas bitolas	4.068,6 kg	255.428,60
Materiais em aço	8.005,0 kg	502.553,90
Gasolina	40,0 L	2.252,40
Madeira	4.011,0 kg	55.391,91
<b>Total:</b>		<b>2.894.500,11</b>

Da energia concernente à etapa de construção do aviário, galpão tipologia *Darkhouse*, considerando-se os serviços de terraplanagem e materiais de construção, foram empregados 2.894.500,11 MJ de energia. Somando-se às contribuições energéticas referentes ao trabalho humano, representado pela energia desprendida pelo homem, durante a execução da obra (TABELA 5), obteve-se o total de 2.898.232,41 MJ. A energia referente ao homem é considerada um ponto controverso em se tratando de análises energéticas, devido a sua pequena contribuição em relação aos demais componentes. Porém, vale ressaltar a indispensabilidade da força de trabalho do homem, neste caso, expresso em unidades de energia.

Levando em consideração somente a energia utilizada para construção do galpão em relação a sua área total, encontrou-se o índice energético de 1.073,42 MJ m<sup>-2</sup>, diferindo relativamente pouco do definido por Doering III (1980), literatura clássica, de 1.711,43 MJ m<sup>-2</sup> para construções não residenciais. Campos et al. (2003) encontraram um índice de 587,09 MJ m<sup>-2</sup> para um galpão de armazenamento de feno.

**Tabela 5** - Energia referente ao trabalho humano.

Elementos analisados	Quantidades (horas)	Energia embutida (MJ)
<i>Trabalho humano / Mão-de-obra</i>		
Operador de motoniveladora	130	50,70
Encarregado	756	294,84
Pedreiro	1.832	714,48
Carpinteiro	600	234,00
Pintor	232	90,48
Soldador	408	159,12
Servente	5.496	2.143,44
Projetista	20	7,80
Eletricista	96	37,44
<b>TOTAL:</b>	<b>9.440</b>	<b>3.732,30</b>

O material de construção de maior requerimento energético foi representado pelo aço, correspondendo a 26,19% do total de energia investida em materiais. As ferramentas e materiais utilizados durante as fases de construção do aviário, que possuem o aço como elemento principal ou presente em sua constituição foram contabilizados, bem como as quantidades inerentes às estruturas de fundação, pilares, treliças, como integrante dos sistemas automatizados, tanto nos sistemas de arrefecimento, quanto nos sistemas automatizados para o fornecimento de ração e água.

Segundo Camioto e Rebelatto (2014), a energia direta utilizada na forma de combustível para o processamento do aço representa um risco ao meio ambiente devido às altas emissões de gases de efeito estufa e, também, como um considerável importador de recursos não renováveis ou de lenta renovação, como o carvão mineral e o petróleo. Os autores salientam que para o ano de 2011, os combustíveis sólidos foram os que mais contribuíram ao aporte energético do preparo do aço, sendo o coque de carvão mineral, carvão vegetal e o carvão mineral os mais consumidos, totalizando 328.918,88; 162.749,29 e 82.651,63 TJ, respectivamente. A energia elétrica correspondeu com 82.651,63 TJ e o gás natural com 39.903,37 TJ. Os combustíveis líquidos desempenharam papel de pouca importância na composição da matriz energética das indústrias. Estes valores são representativos de somente uma etapa do processo de obtenção dos componentes que possuem aço em sua constituição, devendo se acrescentar a energia referente à extração de matérias-primas, transportes, moldagem, fabricação, estampania, dentre outros, o que justifica o elevado coeficiente energético conferido ao aço.

O segundo material de construção que apresentou maior aporte energético foi o cimento, correspondendo a 8,47% do total de energia. Este material, de acordo com Zhang e Wang (2016), possui posição de destaque no setor de construção, devido ao alto investimento energético na sua confecção, somado ao alto volume de carbono emitido para a atmosfera durante o processamento. Os autores reforçam, ainda, que com os avanços da tecnologia de produção do aço e do cimento, proporcionalmente, menores quantidades vêm sendo fabricadas, em vista da otimização no uso dos materiais

de construção, técnicas em peças pré-fabricadas e materiais alternativos. A energia agregada nos principais materiais de construção como o cimento, cal, gesso, ferro, aço e seus subprodutos correspondem, em sua maioria, à extração e ao processamento, a manufatura corresponde em média por 71,1% a 88,1% do total (ZHANG; WANG, 2016).

O item madeira, composto por madeira roliça e tábuas, principalmente, contribuiu com 55.391,91 MJ ou 1,91%, tendo a possibilidade, ainda, de ser utilizada no sistema de criação de frangos de corte como fonte de energia para o aquecimento de animais jovens. Funck e Fonseca (2008) apontam que o consumo energético correspondente à madeira não possui correlação com seu valor monetário, devido a seu alto poder calorífico tem-se a impressão de constituir um componente que onera a atividade.

Com relação aos trabalhos de limpeza e nivelamento do terreno, o equipamento motonivelador representou 48,52% da energia empregada na construção do galpão, valor encontrado mediante depreciação do equipamento em relação a sua vida útil e massa, contabilizando apenas as horas de utilização. Veloso (2014), trabalhando com custo energético de construção de biodigestores modelo canadense, onde foram realizadas operações com movimentação de solo, o maquinário correspondeu com 6.324,64 MJ ou 1,29% do custo total de construção dos dois biodigestores. Este gasto exacerbado com movimentação de terra, assim como no presente trabalho, se torna um entrave ao produtor, onde as condições topográficas, em sua grande maioria, não são ideais à construção dos galpões aviários sob a orientação correta, podendo até, tornar inviável a implantação do sistema.

No que se refere à energia consumida na forma de combustíveis e lubrificantes, foram necessários 119.051,80 MJ ou 4,11% do total energético, praticamente o dobro do valor observado por Veloso (2014), 67.348,70 MJ ou 13,73% do total de energia requerida para a construção de dois biodigestores. Em um estudo de análise energética da produção de *Cynodon dactylon*, Campos et al. (2005) verificaram que o diesel foi responsável por 75,05% do consumo total de energia para a produção, valor cerca de três vezes superior ao encontrado por Jasper et al. (2010), 23,04%, trabalhando também com uma produção vegetal. Segundo os autores, este fato se justifica pelo uso intenso de tratores e implementos na produção de feno, tornando a atividade não sustentável do ponto de vista energético, cabendo ao produtor buscar soluções a fim de minimizar sua dependência pelo maquinário.

Para obter um valor mais próximo ao realmente investido em energia dentro do galpão, foram considerados também, todos os equipamentos, tubulações, controladores, dentre outros instrumentos de climatização que equipam o sistema (TABELA 6).

**Tabela 6** - Quantidades e contribuições energéticas dos principais componentes automatizados e de climatização do galpão.

Elementos analisados	Quantidades (kg)	Energia embutida (MJ)
<i>Material Hidráulico</i>		
PVC*	180,0	21.598,20
Tubulação metálica	20,0	1.255,60
<i>Ferramentas e Serralheria</i>		
Materiais em aço	340,2	21.360,27
Plásticos	1,2	156,05
<i>Instalação Elétrica</i>		
Plásticos	120,0	15.604,80
Fios elétricos	400,0	18.008,00
<i>Comedouros</i>		
Tubulação metálica	967,5	60.739,65
PVC*	800,0	95.992,00
<i>Bebedouros</i>		
Tubulação metálica	450,0	28.251,00
PVC*	85,0	10.199,15
Exaustores	1.260,0	105.436,80
<i>Conjunto de Nebulização</i>		
Motobomba 0,75 cv	13,0	1.087,84
Tubulação de PVC*, juntas e nebulizadores de PVC*	110,0	13.198,90
<i>Sistema Pad Cooling</i>		
Motobomba 0,75 cv	13,0	1.087,84
Tubulação de PVC*	12,0	1.439,88
Painéis evaporativos	228,0	3.148,68
*Policloreto de vinila.	<b>Total:</b>	<b>398.564,66</b>

A construção do galpão, somada à mão-de-obra utilizada, sistemas automatizados e de climatização contabilizaram um total de 3.293.064,77 MJ ou 1.219,65 MJ m<sup>-2</sup>, valor este análogo ao encontrado por Santos e Lucas Júnior (2004), para um galpão convencional de criação de frangos de corte, onde foram necessários 1.212.780,52 MJ ou 1.031,27 MJ m<sup>-2</sup> de área construída. Angonese et al. (2006), trabalhando com galpão suinícola, estimaram um índice energético de 956,03 MJ m<sup>-2</sup> ou 835.880 MJ em um galpão de 874,32 m<sup>2</sup>, o que pode ser justificado pela maior simplicidade construtiva conferida às referidas instalações.

Veloso (2014), trabalhando com um sistema de criação de suínos com um plantel de 5.955 animais, obteve o gasto em instalações na ordem de 5.711.323,22 MJ, distribuídos em uma área de 5.974 m<sup>2</sup>, comprovando que os galpões com tipologia *Darkhouse* demandam grandes quantidades de energia, porém, promovem condições ambientais locais próximas à zona de neutralidade térmica, onde os animais puderam expressar todo seu potencial produtivo.

## 4 CONCLUSÕES

- ✓ O índice energético estimado por área interna do galpão foi de 1.073,42 MJ m<sup>-2</sup>, somente para a construção, e 1.219,65 MJ m<sup>-2</sup> ao se considerar o

galpão tipologia *Darkhouse* somando-se os sistemas automatizados;

- ✓ As operações de limpeza do terreno e movimentação de solo totalizaram 48,52% do total energético requisitado, de forma a posicionar o galpão no sentido leste-oeste;
- ✓ Os materiais que mais demandaram energia na construção do galpão foram o aço e o cimento, representando 26,19% e 8,47% respectivamente do total energético investido, concernente à importante função estrutural destes componentes, estando presentes nos pilares, fechamentos e estrutura treliçada que suporta o telhado.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, e à Fapemig, pelo auxílio na condução dos trabalhos da equipe.

## 6 RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGONESE, A.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MATSUO, M. S.; CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 745-750, jul./set. 2006.
- BAJAY, S. V.; SANT'ANA, P. H. M. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria**: relatório setorial: cal e gesso. Brasília, DF: CNI, 2010. 42 p.
- BINNING, A. S.; PATHAK, B. S.; PANESAR, B. S. **The energy audit of crop production system**: research report, school of energy studies for agriculture. Ludhiana: Punjab Agricultural University, 1983.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, DF, 2001. 154 p.
- CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N. Análise da contribuição ambiental por meio da alteração da matriz energética do setor brasileiro de ferro-gusa e aço. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 4, p. 732-744, 2014.
- CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; CAMPOS, A. T.; BUENO, O. C. Análise energética na produção de feno de *Cynodon dactylon* (L.) pers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 349-358, maio/ago. 2005.
- CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; CAMPOS, A. T.; BUENO, O. C.; RESENDE, H.; GASPARINO, E.; KLOSOWSKI, E. S. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 667-672, 2003.
- DAMASCENO, F. A.; JUNIOR, T. Y.; LIMA, R. R.; GOMES, R. C. C.; MORAES, S. R. P. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1031-1038, jul./ago. 2010.
- DOERING III, O. C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 9-14.
- FERNANDES, M. P.; SOUZA, A. M. T. Balanço energético: o consumo de energia na construção civil. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, DF, v. 13, n. 3, p. 22-36, 1982.
- 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**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.
- JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.
- PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silcoe, v. 52, p. 111-119, 1992.
- PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. 475 p.
- PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; MARCHETTINI, N. Energy and emergy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate. **Building and Environment**, Oxford, v. 44, p. 920-928, 2009.
- SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 25-36, jan./abr. 2004.
- SARTORI, L.; BASSO, B.; BERTOCCO, M.; OLIVIERO, G. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. **Biosystems Engineering**, Oxford, v. 91, p. 245-256, 2005.
- VELOSO, A. V. **Análise ambiental e energética de sistema de produção de suínos com tratamento de dejetos em biodigestor**. 2014. 192 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- VELOSO, A. V.; CAMPOS, A. T.; PAULA, V. R.; DOURADO, D. C.; JÚNIOR, T. Y.; SILVA, E. B. Energetic efficiency of a deep bed swine production system. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1068-1079, nov./dez. 2012.

ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. M. V.; DALMOLIN, M. F. S.; CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 249-253, 2003.

ZHANG, Z. Y.; WANG, B. Hybrid input-output analysis for life-cycle energy consumption and carbon emissions of China's building sector. **Building and Environment**, Oxford, v. 104, p. 188-197, May 2016.