

Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno¹

Energy inputs used for building a hay storage structure

Alessandro Torres Campos² José Roberto Corrêa Saglietti³ Aloísio Torres de Campos⁴
Osmar de Carvalho Bueno⁵ Humberto Resende⁶ Eliane Gasparino⁷ Elcio Silvério Klosowski⁸

RESUMO

O trabalho teve como objetivo obter uma estimativa da energia empregada na construção de uma estrutura utilizada para armazenamento de fardos de feno, em um sistema de produção animal. Para tanto utilizaram-se os coeficientes energéticos levantados pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). O valor obtido foi de 587,09 MJ.m⁻², o qual foi amplamente diferente daqueles observados na literatura. Da energia total empregada na construção da instalação os itens fechamentos, estrutura de cobertura, piso e fundações representaram 50,35, 27,71, 18,72 e 3,22%, respectivamente. Considerando o sistema de produção de feno de alfafa e "coast-cross" como um todo, a instalação contribuiu com somente 0,14 e 0,16% da composição do custo energético anual destas culturas, respectivamente.

Palavras-chave: construções rurais, energia, sustentabilidade.

ABSTRACT

The study objective was to estimate the energy involved in the construction of the structure to store hay bales in a animal production system. Data on energy coefficients published by Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais was used. The value of 587.09 MJ.m⁻² was obtained, which is thoroughly different from those observed in the literature. In the total spent energy in the construction of the installation, the items walls, roof structure, floor and foundations represented

50.35, 27.71, 18.72 and 3.22%, respectively. Considering the whole alfalfa and coast-cross hay production system, the installation contributed with only 0.14 and 0.16% of the annual energy cost composition of these crops, respectively.

Key words: rural buildings, energy, sustainability.

INTRODUÇÃO

O estudo da energia empregada em sistemas agrícolas, seus fluxos, distribuição e conversão constituem importante instrumental para avaliação da sustentabilidade destes sistemas, principalmente considerando a crise atual no setor energético. Este procedimento possibilita a determinação dos processos, materiais e equipamentos de maior consumo energético, indicando opções de economia. No entanto, poucos estudos foram publicados até o momento acerca dos consumos energéticos para construções e instalações utilizadas nos diversos processos produtivos agrícolas no Brasil.

As edificações rurais variam em tamanho e qualidade, em função da localização geográfica, do tamanho da propriedade, do nível de renda dos proprie-

¹Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu-SP.

²Engenheiro Agrícola, Professor Doutor, Centro de Ciências Agrárias - Grupo de Pesquisas em Ambiente do Oeste do Paraná GPEA/UNIOESTE, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal C. Rondon-PR. E-mail: atcampos@unioeste.br. Autor para correspondência.

³Físico, Professor Doutor, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu-SP.

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora-MG (GPEA).

⁵Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu-SP.

⁶Engenheiro Agrônomo, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora-MG.

⁷Zootecnicista, Professor Doutor, Centro de Ciências Agrárias, UNIOESTE, Marechal C. Rondon-PR (GPEA).

⁸Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Centro de Ciências Agrárias, UNIOESTE, Marechal C. Rondon-PR (GPEA).

tários, cultura e tradição local e/ou familiar, do tipo de atividade a ser desenvolvida e seu nível de especialização, e do número de atividades diferentes que o agricultor desenvolve em sua propriedade (MELLO, 1986). A origem dos materiais ou matérias-primas empregados em uma construção é um dos principais fatores que influenciam seu custo energético. FERNANDES & SOUZA (1982) estimaram a energia empregada na construção de uma residência constituída por três quartos, um banheiro, sala de estar, cozinha, sala de jantar e varanda, utilizando diferentes materiais, tipificando a residência em dois tipos. Observaram que a substituição do tijolo cerâmico pelo de concreto determinou um acréscimo no conteúdo energético de 94.140 MJ. As paredes de tijolo cerâmico foram responsáveis por 66% do consumo energético total, sendo este valor superior ao consumo total da residência que emprega tijolos de concreto. Estes autores observaram ainda que: a) a energia elétrica e o óleo combustível são os recursos energéticos de mais amplo emprego na fabricação de materiais de construção; b) o óleo combustível é a forma que responde pela quase totalidade (83 a 98%) dos recursos energéticos consumidos na elaboração de cal, chapa de fibra, madeira aglomerada, cimento, laje, revestimento e pisos cerâmicos, telhas cerâmicas, telhas de vidro, tijolos cerâmicos e vidro plano; c) os materiais construtivos de menor conteúdo energético, por unidade de peso, são: a areia, a brita, o PVC, o tijolo de concreto, o vulcapiso e vigas de concreto; d) o conteúdo energético de tijolos cerâmicos é sete vezes maior que o de tijolos de concreto, por unidade de peso; e) por metro quadrado de área construída, o conteúdo energético do primeiro é onze vezes maior que o do segundo, f) o conteúdo energético da telha de cimento amianto é praticamente a metade do conteúdo energético da telha cerâmica.

Hannon et al., apud DOERING III (1980) analisaram processos de contabilização da energia empregada em construções rurais norte americanas. Apesar de reconhecerem que há grandes diferenças entre diversos tipos de instalações e construções, sugeriram valores de 6.260 MJ.m⁻² para residências e 1.710 MJ.m⁻² para construções de serviço. Para construções rurais características do Brasil, MELLO (1986) utilizou os valores de 1.004 MJ.m⁻² para as residências e 0,27 vezes este valor para as edificações de serviço (271 MJ.m⁻²), que é a mesma proporção entre edificações de serviço e residência apresentadas por Hannon et al., apud DOERING III (1980).

QUESADA et al. (1987), em estudo de balanço de energia na produção de bovinos de leite e de suínos, obtiveram valores de 664 MJ.vaca⁻¹.ano⁻¹ e 3.471 MJ por 100 kg de suíno, como coeficientes de

energia empregada em instalações. PELLIZZI (1992), por sua vez, observou que a energia empregada nas construções rurais na produção de leite representou de 5 a 11%, enquanto que em atividades de gado de corte e exploração de leite de ovinos, o consumo de energia relativo às instalações representou somente 1 a 2 e 3 a 5%, respectivamente, da energia total empregada nos sistemas de produção. Em uma análise de sistemas agrícolas da Ilha de Gotland, na Suécia, ZUCCHETTO & JANSSON (1979) estimaram que o item construções rurais representou de 2,3 a 7,4% do custo energético total dos sistemas. Em uma ampla pesquisa energética realizada na agricultura francesa, DELEAGE et al. (1979) contabilizaram o número e a área das construções e instalações rurais utilizadas naquele país e estimaram que, no ano de 1970, a agropecuária francesa teria utilizado um total de 41,2 MGJ em construções e instalações.

O presente trabalho teve como objetivo estimar o consumo energético de construção de uma instalação para armazenamento de fardos de feno.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma estimativa da energia envolvida na construção da estrutura responsável pelo armazenamento de fardos de feno do Sistema Intensivo de Produção de Leite (SIPL) da EMBRAPA Gado de Leite, em Coronel Pacheco-MG. Para o desenvolvimento do trabalho, utilizaram-se os coeficientes energéticos calculados por FERNANDES & SOUZA (1982).

A instalação consiste de um galpão pré-moldado de concreto, de estrutura autoportante, com proteção lateral composta por elementos vazados de concreto, com dimensões de 0,49m por 0,50m (0,08m de espessura), até a altura de 2,00m. Sob toda extensão das paredes de elementos vazados, foi feita uma fundação direta contínua de 0,50m de profundidade e 0,20m de largura. O pé direito é de 4m, o piso é de concreto, espessura de 0,10m, traço 1:10 (de cimento e cascalho), com uma calçada de 1,20m. A cobertura é composta de telhas de cimento-amianto de 0,008m de espessura, com beiral de 1,00m. O ático é protegido por telhas de cimento-amianto de 0,006m de espessura, instaladas nas empenas.

O galpão possui área total (incluindo a área do depósito de ração) de 220,00m², porém, neste trabalho, considerou-se para os cálculos somente a área efetivamente utilizada para depósito do feno, que é de 176,00m².

Para o levantamento do material utilizado na construção utilizaram-se os dados técnicos fornecidos por vários autores especializados na área e dados

de catálogos de fornecedores de estruturas pré-moldadas, sendo que, para diversos materiais, foi necessário fazer uma conversão de unidade, baseado nas respectivas densidades, procurando adequar às unidades de composição energética fornecidas por FERNANDES & SOUZA (1982). A tabela 1 apresenta o levantamento de material e mão-de-obra empregados na construção do galpão de feno e os valores relativos de consumo de energia para os diversos componentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O galpão para o armazenamento do feno consumiu um total de 103.327,73 MJ em sua construção. O consumo energético para as diferentes partes da estrutura são apresentadas na tabela 2. Através da figura 1, percebe-se claramente que o item “Fechamentos” teve participação preponderante na utilização de energia para a construção do galpão (50,35%). Dentro deste item, a parede de tijolos cerâmicos foi responsável por 93% do consumo de energia (48.326,86 MJ).

Tabela 1 - Composição energética, por Componente e por Área Construída do Galpão de Armazenamento de Feno do SIPL

Espécie/Material	Conteúdo energético por:	
	Componente ⁽¹⁾	Área construída
	FUNDAÇÃO	
Concreto ⁽²⁾		
Cimento	4.761,39 kJ.kg ⁻¹	476.139,00 kJ.m ⁻³
Areia	44,77 kJ.kg ⁻¹	22.071,61 kJ.m ⁻³
Pedra	41,84 kJ.kg ⁻¹	110.708,64 kJ.m ⁻³
Mão-de-obra	386,40 kJ.h ⁻¹	5.718,72 kJ.m ⁻³
TOTAL		614.637,97 kJ.m ⁻³
	PISO	
Concreto (traço 1:10)		
Cimento	4.761,39 kJ.kg ⁻¹	76.182,24 kJ.m ⁻²
Cascalho	41,84 kJ.kg ⁻¹	9.372,16 kJ.m ⁻²
Mão-de-obra	386,40 kJ.h ⁻¹	772,80 kJ.m ⁻²
TOTAL		86.327,20 kJ.m ⁻²
	FECHAMENTOS	
De Elemen. Vazados ⁽³⁾		
Elementos vazados	430,95 kJ.kg ⁻¹	36.923,80 kJ.m ⁻²
Argamassa de assentamento		
Cimento	4.761,39 kJ.kg ⁻¹	11.094,04 kJ.m ⁻²
Areia	44,77 kJ.kg ⁻¹	376,52 kJ.m ⁻²
Mão-de-obra	386,40 kJ.h ⁻¹	908,04 kJ.m ⁻²
TOTAL		49.302,40 kJ.m ⁻²
Parede de 1 Tijolo ⁽⁴⁾		
Tijolos maciços	3.146,37 kJ.kg ⁻¹	1.132.692,48 kJ.m ⁻²
Argamassa		
Cimento	4.761,39 kJ.kg ⁻¹	68.564,02 kJ.m ⁻²
Areia	44,77 kJ.kg ⁻¹	4.673,99 kJ.m ⁻²
Mão-de-obra	386,40 kJ.h ⁻¹	2.241,12 kJ.m ⁻²
TOTAL		1.208.171,61 kJ.m ⁻²
	ESTRUTURA DE COBERTURA	
Colunas pré-moldadas de concreto	619,32 kJ.kg ⁻¹	297.273,60 kJ.ud ⁻¹
Braços pré-moldados de concreto	619,32 kJ.kg ⁻¹	161.000,32 kJ.ud ⁻¹
Terças pré-moldadas de concreto	619,32 kJ.kg ⁻¹	61.932,00 kJ.ud ⁻¹
Telhas de cimento-amianto de 8 mm	3.932,96 kJ.kg ⁻¹	90.458,08 kJ.m ⁻²
Telha de cimento-amianto de 6 mm	3.932,96 kJ.kg ⁻¹	66.860,32 kJ.m ⁻²

Os números entre parênteses representam as literaturas dos quais se retiraram os coeficientes citados, e estão enumerados a seguir: ⁽¹⁾ FERNANDES & SOUZA (1982); ⁽²⁾ HERMETO BUENO (1977); ⁽³⁾ TCPO 8 (1986); ⁽⁴⁾ BAËTA et al. (1993).

Tabela 2 - Consumo energético na construção do galpão de armazenamento de feno do SIPL.

Elemento	Unidade	Quantidade	Densidade	Conteúdo energético (MJ)
FUNDAÇÃO				
Concreto ⁽¹⁾	m ³	5,4		
Cimento	kg	100 kg.m ⁻³	-	2571,15
Areia	m ³	0,34 m ³ .m ⁻³	1.450	119,19
Pedra	m ³	0,98 m ³ .m ⁻³	2.700	597,83
Mão-de-obra	h	14,8 h.m ⁻³	-	30,88
TOTAL				3319,05
PISO				
Concreto (traço 1:10)	m ²	224,12		
Cimento	kg	16 kg.m ⁻²	-	17073,96
Cascalho	m ³	0,16 m ³ .m ⁻²	1.400	2100,488
Mão-de-obra	h	2 h.m ⁻²	-	173,1999
TOTAL				19347,65
FECHAMENTOS				
De Elementos Vazados ⁽²⁾	m ²	75,10		
Elementos vazados	ud	4 ud.m ⁻²	1071 ⁽⁴⁾	2772,977
Argamassa de assentam.				
Cimento	kg	2,33 kg.m ⁻²	-	833,1624
Areia	m ³	0,0058 m ³ .m ⁻²	1.450	28,27665
Mão-de-obra	h	2,35 h.m ⁻²	-	68,1938
TOTAL				3702,61
Parede de 1 Tijolo ⁽³⁾	m ²	40,00		
Tijolos maciços	ud	140 ud.m ⁻²	1.800	45307,7
Argamassa	m ³ .m ⁻²			
Cimento	kg	14,4 kg.m ⁻²	-	2742,561
Areia	m ³	0,072 m ³ .m ⁻²	1.450	186,9596
Mão-de-obra	h	5,8 h.m ⁻²	-	89,6448
TOTAL				48326,86
ESTRUTURA DE COBERTURA				
Colunas pré-moldadas de concreto	ud	10	480 kg.ud ⁻¹ ⁽⁵⁾	2972,74
Braços pré-moldados de concreto	ud	10	260 kg.ud ⁻¹ ⁽⁵⁾	1610,00
Terças pré-moldadas de concreto	ud	24	100 kg.ud ⁻¹ ⁽⁹⁾	1486,37
Telhas de cimento-amianto de 8 mm	m ²	243,60 m ²	23 kg.m ⁻² ⁽⁶⁾	22035,59
Telha de cimento-amianto de 6 mm	m ²	7,88 m ²	17 kg.m ⁻² ⁽⁶⁾	526,86
TOTAL				28631,56

Os números entre parênteses representam as literaturas dos quais se retiraram os coeficientes citados, e estão enumerados a seguir: ⁽¹⁾ HERMETO BUENO (1977); ⁽²⁾ TCPO 8 (1986); ⁽³⁾ BAËTA *et al.* (1993); ⁽⁴⁾ GONÇALVES (1982); ⁽⁵⁾ CAVAN (198-); ⁽⁶⁾ CARVALHO & MARTINS (1995).

O índice energético estimado, de 587,09MJ.m⁻², é muito menor que aqueles apresentados por DOERING III (1980) (1.711,43MJ.m⁻² para construções de serviço e 6.260,23MJ.m⁻² para residências) e por DELEAGE et al. (1979). No entanto, são significativamente superiores aos estimados por BEBER (1989) (35,33MJ.m⁻² para instalações compostas de alvenaria e 58,89MJ.m⁻² para instalações compostas basicamente de madeira). Esta grande variação demonstra a necessidade de mais estudos de casos específicos para edificações conduzidas no Brasil, considerando a dife-

renciação entre regiões e categorias, tipos e níveis de sofisticação das instalações. Esta variação se torna ainda mais acentuada, quando se compara o custo energético para construção no Brasil e em outros países. O índice energético utilizado para paredes de alvenaria no presente trabalho foi 3,18MJ.kg⁻¹ enquanto PELLIZZI (1992) utilizou 2,00 a 2,20MJ.kg⁻¹ e DELEAGE et al. (1979), 3.300MJ.kg⁻¹.

Apesar de não representar um custo muito elevado na construção, a parede de alvenaria demanda uma grande quantidade energética, devido, principal-

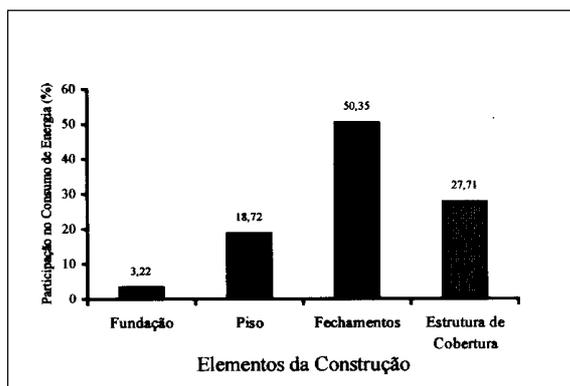


Figura 1 – Participação percentual das diversas partes construtivas NA composição energética do Galpão de Feno SIPL/EMBRAPA – Gado de Leite.

mente, aos processos industriais de fabricação dos tijolos. Como já mostrado por FERNANDES & SOUZA (1982), a composição dos custos, tanto energéticos quanto econômicos, na confecção de paredes pode ser substancialmente reduzida pelo emprego de tijolos de concreto ou mesmo pela abolição do uso de parede fechada de alvenaria. Dados desta ordem poderão ser úteis no planejamento estratégico da utilização de energia, buscando a redução no consumo.

A estrutura de cobertura, na qual foram inseridos também os elementos de sustentação, incluindo os pilares, devido às características peculiares de instalação pré-moldada, apresentou consumo energético relativamente baixo. Entre os motivos, pode-se destacar a utilização de telhas de cimento-amianto, cujo consumo energético na fabricação é bem menor que das telhas de cerâmica (FERNANDES & SOUZA, 1982). As estruturas pré-moldadas, ao contrário do que pode parecer, contribuem para a economia energética em uma construção. Por serem fabricadas em série, estas estruturas têm sua produção otimizada quanto ao uso de recursos e dispêndio de energia. Evidentemente, esta análise não implica a consideração de que deva-se utilizar estruturas pré-moldadas em todos tipos de instalações rurais e, muito menos, para todas regiões. Uma análise destas deve levar em consideração as características peculiares da propriedade/região. Por exemplo, seria um contra-senso buscar estruturas pré-moldadas em um centro produtor a centenas de quilômetros de uma propriedade que possua apreciáveis quantidades de madeira de reflorestamento, que, após um bom tratamento, podem ser utilizadas como peças para construção de estruturas de madeira. Neste caso, a utilização excessiva do óleo diesel para buscar uma estrutura de menor custo energético estaria produzindo um elevado incremento na utilização global de energia.

CAMPOS (2001) levantou o custo energético total para a produção das forrageiras alfafa e “coast-cross”, no SIPL da EMBRAPA, que são armazenadas na instalação enfocada neste trabalho. Os valores estimados foram de 60.889,31 MJ.ha⁻¹.ano⁻¹ e 52.341,88 MJ.ha⁻¹.ano⁻¹, para a produção de alfafa e “coast-cross”, respectivamente. A instalação analisada no presente trabalho tem capacidade para armazenar 122 toneladas de feno, correspondendo à produção de aproximadamente 3 ha de alfafa e 3 ha de “coast-cross”, respectivamente. Considerando uma vida útil do galpão de 40 anos, para a determinação da demanda anual de energia, tem-se para esta instalação, um custo energético de 86,11 MJ.ha⁻¹.ano⁻¹. Desse modo, a instalação de armazenagem representa cerca de 0,14 e 0,16% do custo energético total da produção de feno de alfafa e “coast-cross”, respectivamente.

CONCLUSÕES

O índice energético por área de construção de uma instalação para armazenamento de feno foi de 587,09 MJ.m², valor amplamente diferente daqueles presentes na literatura. Esta variação provavelmente está associada a diferenças nas características das construções rurais e, também, na metodologia de cálculo do custo energético.

O item de maior consumo energético para o tipo de construção rural analisado foi a parede de alvenaria, contribuindo com 46,77% do total de energia empregada na construção do galpão.

A energia empregada na instalação representou cerca de 0,14 e 0,16% da energia total gasta na produção de feno de alfafa e “coast-cross”, respectivamente.

AGRADECIMENTO

O primeiro autor agradece à CAPES pela concessão de bolsa de estudos, que possibilitou a realização do Doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAÊTA, F.C.; PELOSO, E.J.M.; HOMEM, A.C.F. **Custos de construções**. Viçosa : Imprensa Universitária, 1993. 57p. (Boletim de Extensão, 21).
- BEBER, J.A.C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais**, Agudo, RS. 1989. 295f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Curso de Pós-graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria.
- CAMPOS, A.T. **Balanco energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo**

- de produção de leite.** 2001. 236f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista.
- CARVALHO, A.W.B.; MARTINS, E.R.C. **Cobertura de edifícios.** Viçosa : Imprensa Universitária, 1995. 45p. (Boletim de Extensão, 195).
- CAVAN. **Galpão rural.** São Paulo : s.n., 198-, n.p. (Catálogo).
- DELEAGE, J.P. et al. Eco-energetics analysis of an agricultural system: the French case in 1970. **Agro-ecosystems**, Amsterdam, v.5, p.345-365, 1979.
- DOERING III, O.C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. **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, v.13, n.3, p.22-36, 1982.
- GONÇALVES, A. **Alvenaria e pavimentação – do alicerce ao telhado.** 3.ed. Porto Alegre : Sagra, 1982. 100p.
- HERMETO BUENO, C.F. **Construções rurais – tabela para composição de custos.** Lavras : ESAL, 1977. 83p.
- MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina.** 1986. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.52, n.2, p.111-119, 1992.
- QUESADA, G.M.; BEBER, J.A.C.; SOUZA, S.P. Balanços energéticos: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.1, p.20-28, 1987.
- TCPO 8. **Tabelas de composições de preços para orçamentos.** 8.ed. São Paulo : Pini, 1986. 848p.
- ZUCCHETTO, J.; JANSSON, A-M. Total energy analysis of Gotland's agriculture: a northern temperature zone case study. **Agro-ecosystems**, Amsterdam, v.5, p.329-344, 1979.