

## CONTEÚDO ENERGÉTICO DOS MATERIAIS EMPREGADOS NA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES RURAIS

MARIA BEATRIZ S. ORLANDO<sup>1</sup>, OSMAR DE CARVALHO BUENO<sup>2</sup>, SILVIA R. LUCAS DE SOUZA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Arquiteta e Urbanista, Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura), Depto. de Economia, Sociologia e Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu-SP. Fone: (14) 9.9731.9577 e-mail: biasartor@hotmail.com.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Depto. de Economia, Sociologia e Tecnologia, FCA/UNESP, Botucatu-SP.

<sup>3</sup> Zootecnista, Professora Doutora, Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu-SP.

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O trabalho objetivou mensurar os conteúdos energéticos dos materiais construtivos utilizados na execução do modelo habitacional proposto pelo Programa Nacional de Habitação Rural e implantado nos municípios de Itararé/SP e São Miguel Arcanjo/SP, obtendo uma estimativa da energia empregada na construção de uma moradia que apresente condições adequadas de ambiência. Para mensurar o consumo da energia dos materiais foram utilizados coeficientes admitidos e calculados por autores que estimaram a energia empregada na execução de diferentes tipologias de edificação. Foi considerada a energia embutida nos materiais e o dispêndio energético do trabalho humano nos processos de construção. A unidade habitacional implantada em Itararé consumiu um total de 271.011,52 MJ, enquanto o modelo de São Miguel Arcanjo apresentou um custo energético de 262.980,99 MJ. Da energia total empregada na construção das unidades os itens fundação, piso, fechamento (alvenaria), revestimento e cobertura representaram 32,47, 0,38, 20,29, 8,29 e 38,57%, respectivamente, no modelo de Itararé e, 37,46, 0,43, 19,85, 7,39 e 34,87% na unidade de São Miguel Arcanjo. O aço e o forro de PVC foram os materiais com os maiores índices energéticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise energética, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade.

## ENERGETIC CONTENT OF THE MATERIALS EMPLOYED IN RURAL HOUSING CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** This paper aims to measure the energetic content of construction materials used during the execution of the housing model proposed by the National Program of Rural Housing and implemented in the counties of Itararé/SP and São Miguel de Arcanjo/SP, obtaining an estimate of the energy applied in building of habitation that presents appropriate conditions of ambience. To measure the energetic consumption of the construction materials were used several energetic coefficients set and used by authors that had previously estimated the energy consumed during the execution of different typologies of buildings. The energy embedded in the materials and the energetic consumption of human labor during the construction processes were also considered. The housing unit located in Itararé consumed a total of 271.011,52 MJ while the model of São Miguel Arcanjo has presented an energetic

cost of 262.980,99 MJ. Of the total energy applied in the construction of the units, the items foundation, floor, masonry, coating and coverage represented 32,47, 0,38, 20,29, 8,29 and 38,57%, respectively, in Itararé model and, 37,46, 0,43, 19,85, 7,39 and 34,87% in São Miguel de Arcanjo unit. PVC lining and steel were the materials with the higher energetic index.

**KEYWORDS:** Energetic analysis, Rural development, Sustainability.

**INTRODUÇÃO:** De acordo com o Conselho Internacional da Construção e o Ministério do Meio Ambiente, o setor da construção civil representa um papel essencial no alcance dos objetivos globais para um desenvolvimento sustentável, sendo a indústria da construção o setor de realizações humanas que mais consome recursos naturais e energia de forma intensiva, causando impactos ambientais significativos. Diferente de uma análise econômico-financeira, que permite identificar apenas os fluxos e taxas de retorno de um capital investido ao longo de um determinado tempo, sujeita às instabilidades da economia, a análise dos fluxos de energia de um sistema permite a composição de um referencial livre das inconstâncias mercadológicas, sendo compreendida no contexto da escassez dos recursos energéticos disponíveis (MELLO, 1986 apud CAMPOS et al, 2003). A origem da energia envolvida em um determinado sistema de produção, seus fluxos e distribuição, são importantes instrumentos de avaliação da sustentabilidade do processo. A análise da energia empregada nos processos produtivos, materiais e equipamentos, possibilita a identificação daqueles de maior consumo energético e a indicação de opções de economia (BUENO, 2002). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi o estudo da energia contida nos materiais de construção empregados nas unidades implantadas pelo Programa Nacional de Habitação Rural em Itararé/SP e São Miguel Arcanjo/SP, como forma de avaliar a sustentabilidade do modelo arquitetônico proposto, através da determinação das etapas e materiais de maior conteúdo de energia, evidenciando aqueles que demandam soluções alternativas e opções mais econômicas em relação ao custo energético total da unidade de habitação.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho produzido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), publicado pelo Ministério da Indústria e Comércio em 1982 e utilizado por diversos autores em estudos que tratam de mensurar o conteúdo energético de construções (CAMPOS et al, 2003; CAMPOS et al, 2004; TAVARES, 2006), referenciou a elaboração do presente trabalho. A execução da unidade habitacional foi dividida em cinco etapas construtivas - fundação, piso, fechamento (alvenaria), revestimento e cobertura - e foram quantificados os materiais utilizados em cada uma delas, além do trabalho humano envolvido no processo de construção. Dessa forma foi possível estimar, além da energia total contida na edificação, o custo energético de cada etapa construtiva, identificar o material de maior consumo energético por etapa construtiva e em relação à moradia como um todo. O levantamento dos serviços e materiais utilizados foi desenvolvido a partir de projetos e planilhas disponibilizados, de cálculos realizados com base na Tabela de Composição de Preços para Orçamentos, de conhecimento profissional e dados técnicos e de acompanhamento *in loco* da execução das moradias. As unidades habitacionais contam com os mesmos métodos e materiais construtivos, porém, enquanto o modelo implantado em São Miguel Arcanjo/SP é composto por dois dormitórios, um banheiro, uma sala, cozinha e área de serviço, a unidade executada em Itararé/SP possui três dormitórios, um banheiro, uma sala, cozinha e área de serviço.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na unidade habitacional de Itararé/SP, o forro de PVC foi o material de maior consumo de energia na etapa construtiva da cobertura e na quantificação energética da unidade habitacional como um todo, sendo responsável por quase 80% da energia consumida na etapa de cobertura e 30,5% da demanda total de energia do modelo habitacional. No modelo implantado em São Miguel Arcanjo/SP, o aço CA-50 utilizado na fundação foi o insumo de maior custo energético na etapa construtiva referente e no total energético da unidade de habitação. O material respondeu por quase 89% da energia demandada na execução da fundação e 33,28% da energia total consumida para a construção da habitação. Em ambos os modelos habitacionais a energia total dispendida com mão de obra representou apenas 0,2% do valor total de energia consumida na unidade. Os valores estimados da energia consumida na construção das unidades de São Miguel Arcanjo/SP e Itararé/SP encontram-se, respectivamente, na Tabela 1 e Tabela 2. A Figura 1 ilustra os resultados quanto aos materiais de maior consumo de energia por etapa construtiva.

TABELA 1. Total de energia consumida por etapa de construção do modelo arquitetônico de São Miguel Arcanjo/SP.

ETAPA CONSTRUTIVA	CONTEÚDO ENERGÉTICO (MJ)
FUNDAÇÃO	98.499,18
PISO	1.132,83
FECHAMENTO (ALVENARIA)	52.196,81
REVESTIMENTOS	19.446,33
COBERTURA	91.705,84
TOTAL	262.980,99

TABELA 2. Total de energia consumida por etapa de construção do modelo arquitetônico de Itararé/SP.

ETAPA CONSTRUTIVA	CONTEÚDO ENERGÉTICO (MJ)
FUNDAÇÃO	88.007,47
PISO	1.018,47
FECHAMENTO (ALVENARIA)	54.990,68
REVESTIMENTOS	22.454,90
COBERTURA	104.540,00
TOTAL	271.011,52

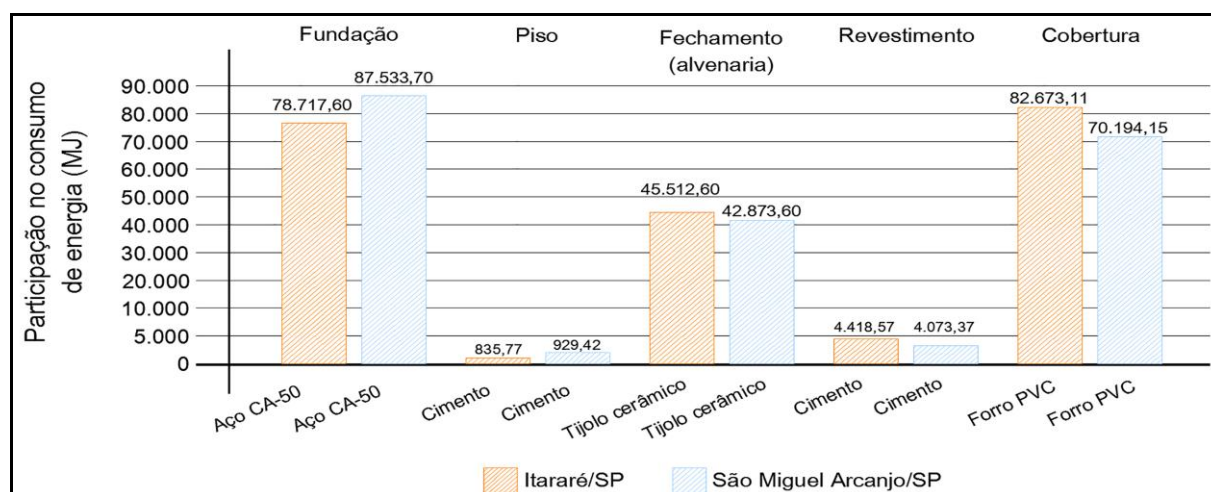


FIGURA 1. Materiais de maior custo energético por etapa construtiva em cada uma das unidades de habitação.

**CONCLUSÕES:** O modelo arquitetônico implantado em Itararé/SP apresentou o maior custo energético total da unidade habitacional. A moradia de 58m<sup>2</sup> de área construída atingiu valor de 271.011,52 MJ. Já o modelo habitacional executado em São Miguel Arcanjo/SP, com área construída de 53,70m<sup>2</sup>, totalizou 262.980,99 MJ. Sendo assim, considerando-se a área construída de cada um dos modelos de habitação o custo energético determinado, por metro quadrado, para Itararé foi de 4.672,61 MJ.m<sup>-2</sup>, enquanto para São Miguel Arcanjo foi de 4.897,22 MJ.m<sup>-2</sup>. No modelo de Itararé, a cobertura foi a etapa responsável pela maior demanda de energia (104.540,00MJ). No modelo habitacional de São Miguel Arcanjo, a fundação se apresentou como a etapa construtiva mais cara energeticamente (98.499,18MJ). O custo energético da mão de obra não se mostrou significativo na composição do conteúdo total da energia da edificação, tornando discutível a sua consideração na quantificação energética. Por possuírem soluções de projeto distintas, as unidades apresentaram diferentes etapas construtivas com maior índice de energia. As escolhas do método construtivo e dos materiais de construção utilizados na edificação contribuem de forma determinante para o resultado final de seu custo energético. Os dados levantados possibilitaram observar a grande variação dos resultados encontrados e apresentados pela literatura.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio, Secretaria de Tecnologia Industrial – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC/MG. *Balanco Energético de Edificações Típicas*. Brasília, 1982.

BUENO, O. C. *Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP*. 2002. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CAMPOS, Alessandro Torres. et al. *Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno*. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.4, ago., 2003.

CAMPOS, Alessandro Torres. et al. *Balanco energético na produção de feno e alfafa em sistema intensivo de produção de leite*. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.1, p.245-251, jan./fev., 2004.

MELLO, R. *Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina*. 1986. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1986.

TAVARES, S. F. *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras*. 2006. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TCPO. *Tabelas de composição de Preços para Orçamentos*. São Paulo: Editora PINI, 2003. CD-ROM.