2nd INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION
"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Contabilidade ambiental em emergia da construção de uma casa residencial

Environmental accounting in emergy for a house construction.

José Guilherme A. Carvalho;
Silvia H. Bonilla;
Cecília M. V. B. Almeida;

Universidade Paulista

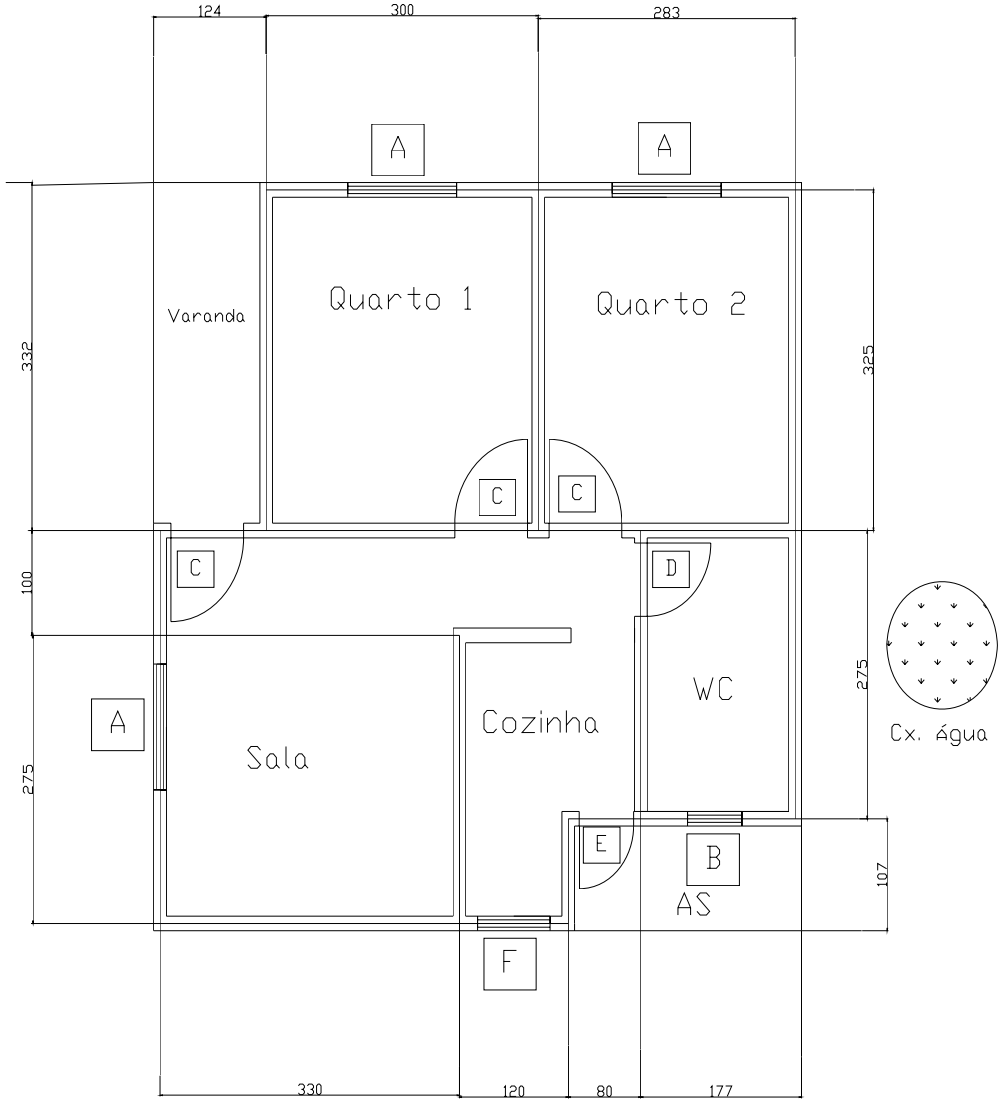
Introdução

- Construção civil responde por 30 a 40 % dos recursos naturais extraídos.
- 5% do CO^2 emitido vem da industria do cimento
- Setor responsável por 8% do total de pessoas empregadas (com registro) no Brasil.
- Responsável por 50% dos resíduos urbanos gerados.
- 12-16% consumo de água.
- Economia
  - Investimentos na ordem de 505 bilhões entre 2007 e 2010 (PAC).
  - Plano de habitação lançado pelo governo federal para construção de 1 milhão de casas.

Objetivo

- Aplicar a ferramenta *Emergia* na análise da construção de uma casa.
- Analisar os materiais e as etapas desta obra.
- Identificar pontos chaves para estudos futuros no setor.

Metodologia - Projeto



Legenda:

A - Janela de alumínio (1,20*1,00)
B - Janela de alumínio (0,600*0,60)
C - Porta de madeira 0,80*2,10
D - Porta de madeira 0,70*2,10
E - Porta de madeira 0,60*2,10
F - Janela de alumínio (0,80*1,00)

- 66 m2 de área construída.
- Área próxima a de um residência popular em São Paulo.
- Planta baseada no projeto Alvorada da UFRGS.

Metodologia – Levantamento quantitativo

- Quantitativo de serviços executados (ex: alvenaria, telhado, inst hidráulicas) através de levantamento físico.
- Livro/Software TCPO 8
- Conversão do serviço para materiais e mão de obra

ITEM	MATERIAL	UNID	COEF.	Qtd Total
1.1	Telha de barro	un	25,00	1656,50
1.2	Cimento	kg	0,49	32,20
1.3	Areia Lavada	m3	0,0038	0,25
1.4	Oficial para telhas	hs	1,50	99,39
1.5	Servente para telhas	hs	2,03	134,51
1.6	Cal	kg	0,486	32,20

Alvenaria			m2	122,8
ITEM	MATERIAL	UNID	COEF.	Qtd Total
1.1	Bloco de concreto 14x19x39 cm	un	13,13	1612,36
1.2	Cimento	kg	1,95	239,46
1.3	Areia Lavada	m3	0,01	1,5964
1.4	Cal	kg	0,49	60,172
1.5	Oficial	hs	0,70	85,96
1.6	Servente	hs	0,81	99,468
1.7	Aço	kg	1,00	62,56

Metodologia – Contabilidade em e***m***ergia

- Desenvolvida desde os anos 70. Bibliografia básica é o livro de Odum em 1996.

- Metodologia de <u>avaliação ambiental</u> de processos ecológicos e econômicos.

- Conversão de todas as contribuições recebidas (energia solar, água, cimento, mão de obra, informações, dinheiro, etc...) em uma base (unidade) única de medida, o *joule de energia solar* (*sej*).

- Transformidade: Quantidade de emergia por unidade de energia disponível (sej/J). Quando os dados estão em unidades de massa (g), volume (m3) ou dinheiro ($) utiliza-se o termo emergia por unidade onde suas unidades são sej/g, sej/m3 e sej/$.

- E***m***ergia é a memória de energia armazenada.

Contabilidade em emergia - Análises

- A contabilidade em emergia deve ser dividida em 3 etapas:
  - Construção de um diagrama de energia dos sistemas, onde define-se a fronteira de estudo e as fontes de energia e materiais que o alimentam. Esta metodologia utiliza símbolos próprios (fig abaixo).
  - Construção de tabela (após realização de um inventário) com as entradas de energia e de materiais do sistema. Nesta etapa selecionam-se as emergias por unidade/transformidade.
  - Interpretação de resultados e cálculos de indicadores. Os indicadores são ferramentas utilizadas para simplificar informações, permitindo comparar resultados.

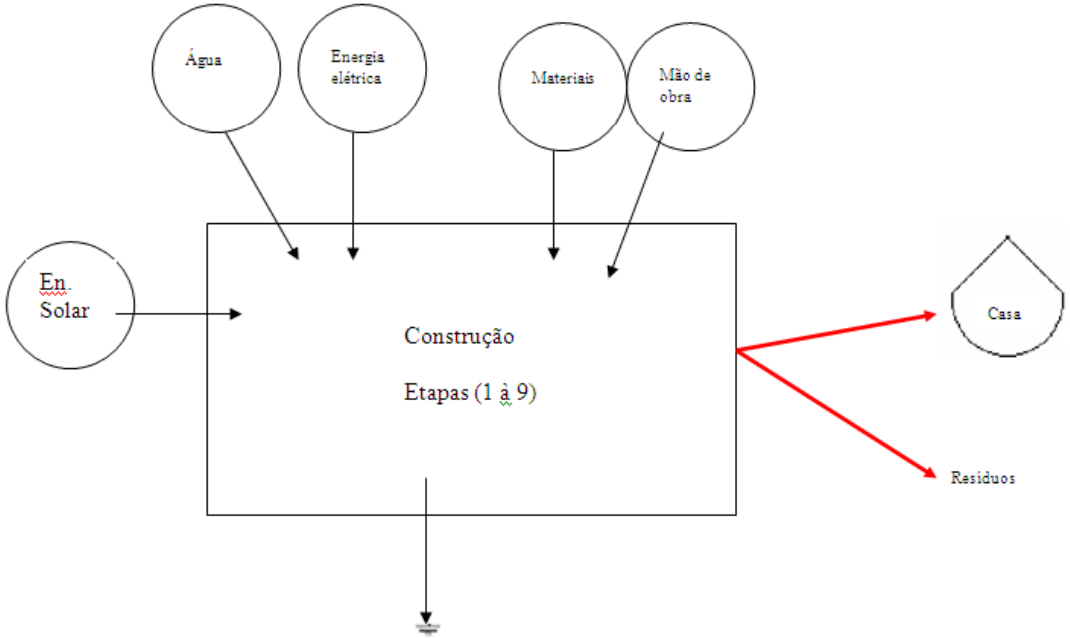
Interação

Estoque

Fonte

Caixa

Diagrama de energia dos sistemas



- Análise das entradas de materiais, recursos utilizados e interações após a entrada de materiais.
- Etapas de construção:
  fundação, estrutura, alvenaria, revestimento grosso, revestimento fino e acabamentos, esquadrias, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, administração do canteiro.

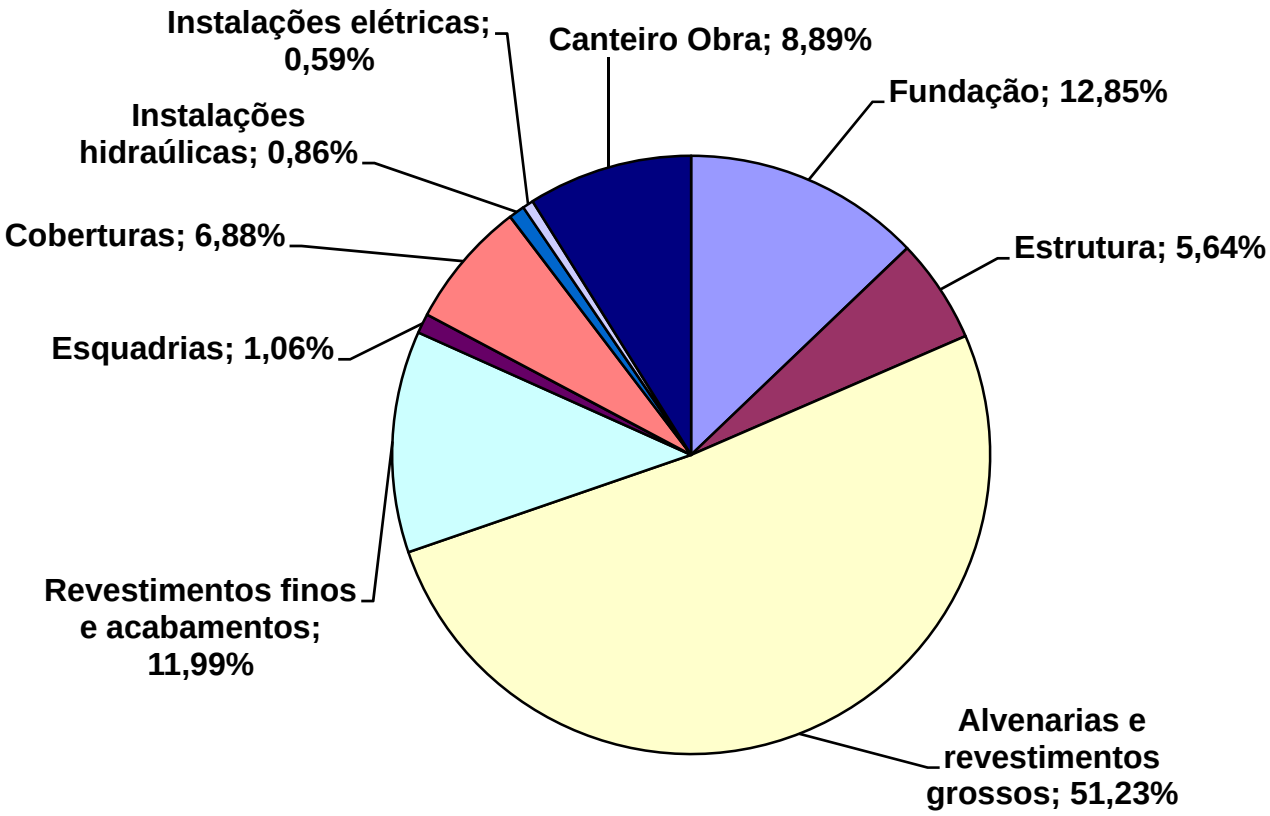
Contabilidade em emergia

Item	Etapa/Serviços	Und	Qtd (unidade/obra)	Transformidade (sej/und)	Ref	Emergia (sej)	Porcentagem (sej/sej)	
							Etapa	Obra
1	**Fundação**					2,66E+16		12,85%
2	**Estrutura**					1,17E+16		5,64%
3	**Alvenarias, revestimento grosso**					1,06E+17		51,23%
4	**Revest fino, acabamentos e pintura**					2,48E+16		11,99%
5	**Esquadrias**					2,20E+15		1,06%
6	**Cobertura**					1,42E+16		6,88%
7	**Instalações Hidráulicas**					1,79E+15		0,86%
8	**Instalações Elétricas**					1,22E+15		0,59%
9	**Canteiro geral**					1,84E+16		8,89%
10	**Total geral**					**2,07E+17**		**100,00%**

Cimento – (37,82%); Areia (16,29%); Mão de obra (14,28%)

Análise da tabela

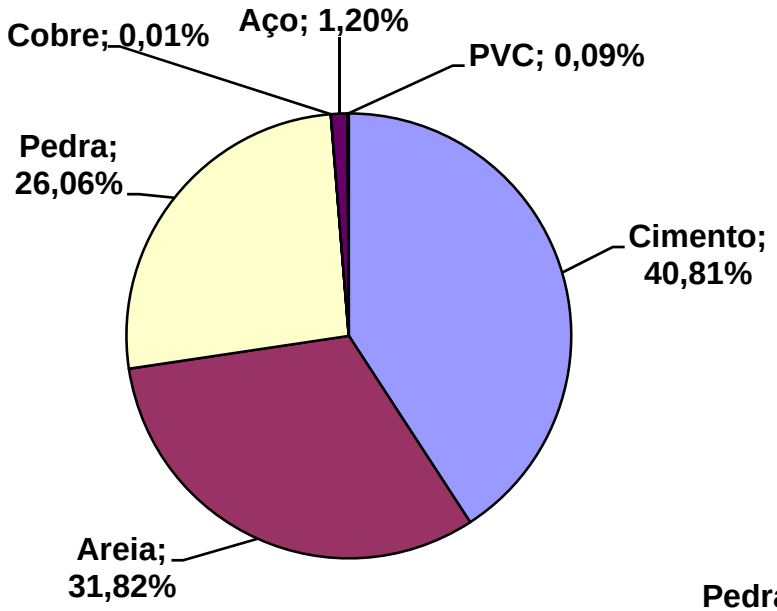
Porcentagem em emergia por etapas



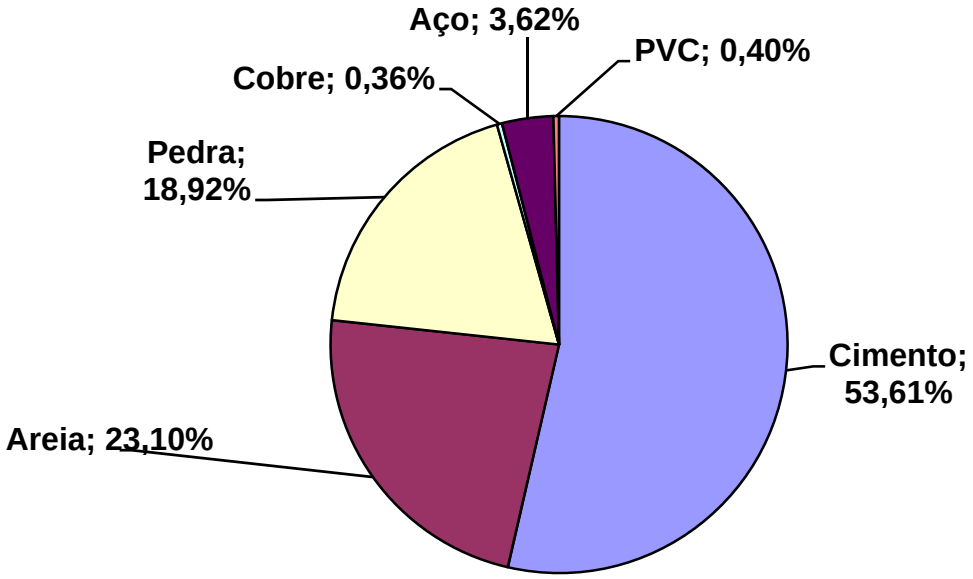
Análise das etapas da construção

Análise da tabela

Comparativo em massa e emergia



Análise da porcentagem de massa



Análise da porcentagem em emergia

Indicadores

- Emergia por área
  - Artigo: 3,12E15 sej/m^2
  - Literatura: 3,96E15 sej/m^2. (Pulselli et al, 2007)

- Emergia por volume
  - Artigo: 1,04E15 sej/m^2
  - Literatura: 1,07E15 sej/m^3. (Pulselli et al, 2007)

Conclusões

- As etapas de fundação, alvenaria e revestimento grosso concentram 70% da emergia total (maior massa de cimento, areia e pedra).
- Materiais decisivos pela quantidade empregada: cimento, areia e pedra.
- Materiais e suas transformidades. Ex: PVC, aço e cobre mais que triplicam sua porcentagem total quando analisadas as porcentagens em emergia
- Próximos estudos. Substituições das paredes de alvenaria por gesso e madeira; análise do cobre e do PVC em tubulações, substituição do telhado e análise de janelas (madeira, alumínio, pvc).

Bibliografia

- Brown, M.T.; Buranakarn, V., 2003. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. Resources, Conservation and Recycling 38, 1-22.
- CeC, loja de materiais de construção, www.cec.com.br, último acesso em 18/02/2009.
- Guarnetti, R., 2007. Estudo da sustentabilidade ambiental do cultivo do Bambu gigante: produção de colmos e brotos. Dissertação de mestrado, UNIP, São Paulo.
- Kuhn, E.A., 2006. Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação em interesse social Alvorada. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre.
- Odum, H.T.,1996. Environmental Accouting: Emergy and Environmental Decision Making. John Willey & Sons, New York.
- Pulselli, R.M.; Simoncini, E.; Pulselli, F.M.; Bastianoni, S., 2007. Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building índices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings 39, 620-628.
- Pulselli, R.M.; Simoncini, E.; Ridolfi, R.; Bastianoni, S., 2008. Specific emergy of cement and concrete: Na energy-based appraisal of building materials and their transporte. Ecological Indicators 8, 647-656.
- Pulselli, R.M.; Simoncini, E.; Marchettini, N., 2008. Energy and emergy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate. Building and Environment, doi:10.1016/j.buildenv.2008.06.009.
- Santos, A.P.Z.; Bonilla, S.H.; Giannetti, B.F.; Almeida, C.M.V.B., 2008. Contabilidade ambiental em emergia da implantação e utilização de um prédio da UNIP usado para formação de Engenheiro. XV SIMPEP.
- Tabela de composições e preços para orçamentos (TCPO 8), 1986. Ed. Pini, São Paulo.

Contato: carvalhojga@uol.com.br