

# ANÁLISE DO CICLO DE VIDA EM EDIFICAÇÕES, UMA PERSPECTIVA DO BALANÇO ENERGÉTICO.

TOCA, Cristina (1); CALDAS, Bruno (2); PLECH, Carmem (3); FONTES, Luiz Carlos A. de A. (4)

(1) MEAU/UFBA – Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, 97091564, cristina.toca.perez@hotmail.es (2) Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, bcaldas2@yahoo.com.br, (3) Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, carmem.apeng@gmail.com, (4) CIEenAM - Doutorado em Energia e Ambiente, lfontes@ufba.br

## RESUMO

A construção civil é uma das atividades humanas que mais demanda energia e recursos naturais na consecução de suas metas, causando graves impactos ambientais, ao modificar o ambiente natural para o construído. No Brasil, cerca de 20% do total da energia produzida é empregada na fabricação dos diversos materiais utilizados na construção das edificações. O objetivo desta pesquisa é estabelecer análise comparativa entre dois empreendimentos residenciais com diferentes sistemas construtivos, sendo uma de parede de concreto e a outra em alvenaria estrutural. A metodologia empregada para o estudo de caso consiste na análise quantitativa dos insumos utilizados na construção de cada edificação, a partir da planilha orçamentária e Curva ABC, efetuou-se os cálculos do consumo de energia embutida em cada elemento construtivo (MJ/kg), bem como o cálculo energético total em cada empreendimento, tendo como unidade funcional comparativa o metro quadrado construído (MJ/m<sup>2</sup>). Os resultados obtidos no balanço energético demonstraram que a tipologia construtiva de paredes de concreto possui maior valor de energia embutida que a outra tipologia investigada.

**Palavras-chave:** Balanço energético, ACV, alvenaria estrutural, bloco de concreto.

## ABSTRACT

*The construction industry is one of the human activities that demand more energy and natural resources in achieving their goals, causing severe environmental impacts, to modify the natural environment to build. In Brazil, about 20% of the total energy produced is used in manufacturing of various materials used in the construction of buildings. The objective of this research is to establish comparative analysis between two residential projects with different construction systems, one wall of concrete and other masonry structures. The methodology used for the case study is the quantitative analysis of the inputs used in the construction of each building, from the budget spreadsheet and curve ABC, we performed the calculations of the energy embedded in each building element (MJ / kg), and calculate the*

*total energy in each development, with the comparative functional unit square meter built (MJ/m<sup>2</sup>). The results show that in the energy balance of the building typology concrete walls has a higher energy value of embedded type than the other investigated.*

**Keywords:** Energy balance, ACV, structural masonry, concrete block.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção possui um papel ativo no desenvolvimento sustentável, o que, no Brasil, denota, dentre outras coisas, em suprir uma demanda de seis milhões de unidades habitacionais, reduzindo disparidades sociais e conservando o meio ambiente. Para alcançar tal desenvolvimento, o setor da construção necessita adotar uma postura inovadora, voltada para a introdução de novos conceitos e procedimentos passando a constituir o que se denominou construção sustentável. Esta sustentabilidade do setor da construção civil é definida pelas Nações Unidas como um caminho para a indústria da construção avançar em direção ao desenvolvimento sustentável, levando em conta questões sociais, econômicas e ambientais (UNEP, 2005; TAVARES, 2006).

Sistemas de avaliação ambiental de edificações baseados em múltiplos critérios são alternativas de avaliação baseada na ACV. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta abrangente para a avaliação quantitativa de uma grande quantidade de impactos no ciclo de vida de materiais. A base de uma ACV é o Inventário do Ciclo de Vida (ICV), uma aferição quantitativa de todas as cargas ambientais ao longo do ciclo de vida (berço ao túmulo ou berço ao berço) de um produto. Esta forma de análise envolve uma abordagem holística que não diz respeito apenas aos limites industriais do processo, mas também à natureza das matérias primas e recursos energéticos, diretos e indiretos, necessários, e ainda ao destino dos resíduos e subprodutos de cada etapa, além do próprio produto após sua vida útil.

A ACV é normalizada pela série ISO 14040-14042 e é amplamente documentada, pode ser considerada um método de avaliação de desempenho ambiental, pois trabalha em termos de fins, mais do que meios. Por exemplo, o conteúdo energético considera um meio, o consumo de energia, como indicativo de impactos de depleção de combustíveis fósseis e de emissões de efeito estufa. A ACV, por sua vez, considera diretamente o impacto de uma emissão ou do consumo de recursos resultante de um meio (JOHN *et al.* 2006).

A atividade gerada pelo setor de construção, incluindo a sua indústria associada, é o maior consumidor de recursos naturais. Em nível mundial, obras civis e construção de edifícios consomem 60% da matéria-prima extraída da litosfera. Deste volume, a construção representa 40% (BRIBIÁN *et al.* 2011). Na União Europeia, a construção de edifício consome 40% do materiais (WADEL, 2009), também consome 40% da energia primária e gera

40% do desperdício, assumindo a responsabilidade especial da atual degradação ambiental (MERCADER *et al.* 2010).

A definição dos eventos que consomem energia para a realização de uma análise energética é uma tarefa complexa. As principais razões dizem respeito à definição dos limites do sistema deste bem ou produto. Além da limitação do conceito, é uma prática comum julgar materiais em termos de energia incorporada por unidade de massa do material. Esta prática não leva em conta a quantidade de material necessária para atender a uma determinada função em uma edificação, o que depende das propriedades do material. A análise da Energia Embutida em materiais de construção é de grande importância para determinar a Energia Embutida na Edificação. Os valores são normalmente dispostos em MJ/kg e MJ/m<sup>3</sup> de material produzido, ou de MJ/m<sup>2</sup> quando se comparam elementos construtivos como tipos de alvenarias, pisos ou coberturas (JOHN *et al.* 2006; TAVARES, 2006).

O objetivo desta pesquisa, mediante estudo de caso, é estabelecer análise comparativa do consumo energético dos materiais cimentícios e cerâmicos na etapa de construção entre dois empreendimentos residenciais, diferindo nos sistemas construtivos, sendo uma de alvenaria estrutural e a outra em parede de concreto.

## 2 MÉTODO DA PESQUISA

Considerando que o objetivo do trabalho de realizar uma análise comparativa do consumo de energia total de cada tipo de sistema construtivo, na fase de construção na ACV, a presente pesquisa referencia o estudo de caso entre dois empreendimentos de habitação de interesse social de tipologias semelhantes, porém com sistemas construtivos diferentes, com as seguintes características:

a) Empreendimento A: Localizado em Lauro de Freitas na Bahia, ocupando uma área de terreno de 45.918,87 m<sup>2</sup>, área total construída de 38.393,83 m<sup>2</sup> distribuída entre 18 torres com 18 Apartamentos de um quarto com áreas construídas entre 38 a 39 m<sup>2</sup>, e 762 Apartamentos de dois quartos áreas construídas entre 42 a 46 m<sup>2</sup>. Sistema construtivo alvenaria estrutural em bloco de concreto.

**Figura 1- Empreendimento A: Fachada e implantação do empreendimento.**



Fonte: Site da construtora.

b) Empreendimento B: Localizado em Salvador na Bahia, de uso do solo misto, ocupando uma área de terreno de 15.933,80 m<sup>2</sup>, área total de 41.915,88 m<sup>2</sup> distribuída entre 2 torres de 12 pavimentos e 2 torres de 16 pavimentos, com 224 apartamentos de dois quartos área de 48,83 m<sup>2</sup> e 224 apartamentos de três quartos área 58,71 m<sup>2</sup>, mais um centro comercial com 22 lojas com áreas construídas entre 42 e 48m<sup>2</sup>. Sistema construtivo parede de concreto.

**Figura 2- Empreendimento B: Fachada e implantação do empreendimento.**



Fonte: Site da construtora.

Para a análise quantitativa do consumo energético dos materiais cimentícios e cerâmicos na fase construção dos empreendimentos estudados, foi realizada em quatro etapas:

1) A partir das planilhas dos orçamentos e curva ABC de cada empreendimento em unidades de medida usuais de obra, foi possível separar os insumos cimentícios e cerâmicos de maior impacto e que têm maior valor nos custos da obra;

2) Separados os insumos a serem analisados, estes foram convertidos de suas unidades base para a unidade quilograma, através de dados sobre as densidades e massas dos materiais em estudo, pois a tabela de valores de energia embutida deve ser apresentada na unidade (MJ/kg);

**Quadro 1- Trecho da planilha de insumos selecionados do sistema construtivo paredes de concreto (Empreendimento B).**

	Item	Und.	Quantidade	Densidade (kg/m3)	Massa (Kg/und)	Total (kg)
Materiais cimentícios	Concreto de 20MPa	m3	2.974,34	2.347,00		
	Areia lavada tipo média	m³	0,86	1.515,00		2.569,83
	Pedra britada 1	m³	0,84	1.650,00		2.486,55
	Cimento Portland CP II-E-32	kg	322,00	1.950,00		957.738,54
	Bloco concreto vedacao 14x19x39cm	und	50.077,18	1,289,51	10,80	540.833,57
Outros	Areia	m3	3.285,86	1.515,00		4.978.077,90
	Brita	m3	352,33	1.650,00		581.345,66
Cerâmica	Ceramica 20x20cm	m2	17.892,12	9,20		164.607,47
	Ceramica 30x30cm	m2	1.658,69	9,20		15.259,96
Aço	Aco CA - 50 6,3mm	kg	60.268,64			60.268,64
	Aco CA - 50 16mm	kg	61.081,22			61.081,22
	Aco CA - 50 12,5mm	kg	58.077,58			58.077,58

3) Para o cálculo do consumo de energia embutida de cada material foram utilizados os dados do estudo de Tavares (2006) e Nascimento (2011).

4) Cálculo do consumo energético total em cada empreendimento, tendo como unidade funcional comparativa o metro quadrado construído (MJ/m<sup>2</sup>).

**Quadro 2 - Cálculo da quantidade total de MJ utilizados na construção de um empreendimento de alvenaria estrutural (Empreendimento A).**

	Item	Und.	Total (kg)	EE (MJ/Kg)	EE Total	EE Total	EE Total
Material de cimento	CIMENTO CP II 50KG	Sacos	215.711,55	4,33	934.031,01	934.031,01	1.729.279,90
	BLOCO CONCRETO ESTR 4,5MPA 14X19X34CM	und	112.718,83	1,00	112.718,83	112.718,83	
	CANALETA CONCRETO U 4,5MPA 14X19X19CM	und					
	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,87	0,05	0,04	20.580,65	
	Pedra britada 1	m <sup>3</sup>	9,90	0,15	1,49		
	Cimento Portland CP II-E-32	kg	448,50	4,33	1.942,01		
	ARGAMASSA COLANTE AC I - 20KG	Kg	10.897,32	1,19	12.967,81	12.967,81	
ARGAMASSA COLANTE ACII - 20KG	Kg	4.988,32	1,19	5.936,10	5.936,10		
Outros	AREIA LAVADA MEDIA	m <sup>3</sup>	1.381.810,29	0,05	69.090,51	69.090,51	83.269,29
	BRITA 0	m <sup>3</sup>	7.764,08	0,15	1.164,61	1.164,61	
	BRITA 1	m <sup>3</sup>	86.761,13	0,15	13.014,17	13.014,17	
Aço	VERGALHAO NBR7480 CA50 10MM NERV	Kg	1.640,23	12,30	20.174,85	20.174,85	1.007.225,07
	VERGALHAO NBR7480 CA50 12,5MM CORT	Kg	1.687,18	12,30	20.752,26	20.752,26	
	VERGALHAO NBR7480 CA50 12,5MM CORT	Kg	2.277,88	12,30	28.017,92	28.017,92	
	VERGALHAO NBR7480 CA60 5MM CORT	Kg	5.168,78	12,30	63.575,99	63.575,99	
	VERGALHAO NBR7480CA50 16MM CORT	Kg	4.564,00	12,30	56.137,20	56.137,20	
	VERGALHAO NBR7480CA50 16MM CORT	Kg	8.534,68	12,30	104.976,56	104.976,56	

**Quadro 3 – Trecho da planilha do cálculo da quantidade total de MJ utilizados na construção de um empreendimento de paredes de concreto (Empreendimento B).**

	Item	Total (kg)	EE(MJ/Kg)	EE Total	EE total
Materiais cimentícios	Concreto de 20MPa			4.832.588,07	33.237.687,88
	Areia lavada tipo média	2.569,83	0,05	194.664,82	
	Pedra britada 1	2.486,55	0,15	615.421,37	
	Cimento Portland CP II-E-32	957.738,54	4,20	4.022.501,88	
	Bloco concreto vedacao 14x19x39c	540.833,57		26.926,00	
Outros	Areia	4.978.077,90	0,05	248.903,90	336.105,74
	Brita	581.345,66	0,15	87.201,85	
Cerâmica	Ceramica 20x20cm	164.607,47	2,32	381.889,32	4.148.625,98
	Ceramica 30x30cm	15.259,96	2,32	35.403,11	
Aço	Aço CA - 50 6,3mm	60.268,64	30,00	1.808.059,23	20.741.416,11
	Aço CA - 50 16mm	61.081,22	12,30	751.299,02	
	Aço CA - 50 12,5mm	58.077,58	12,30	714.354,27	

### 3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

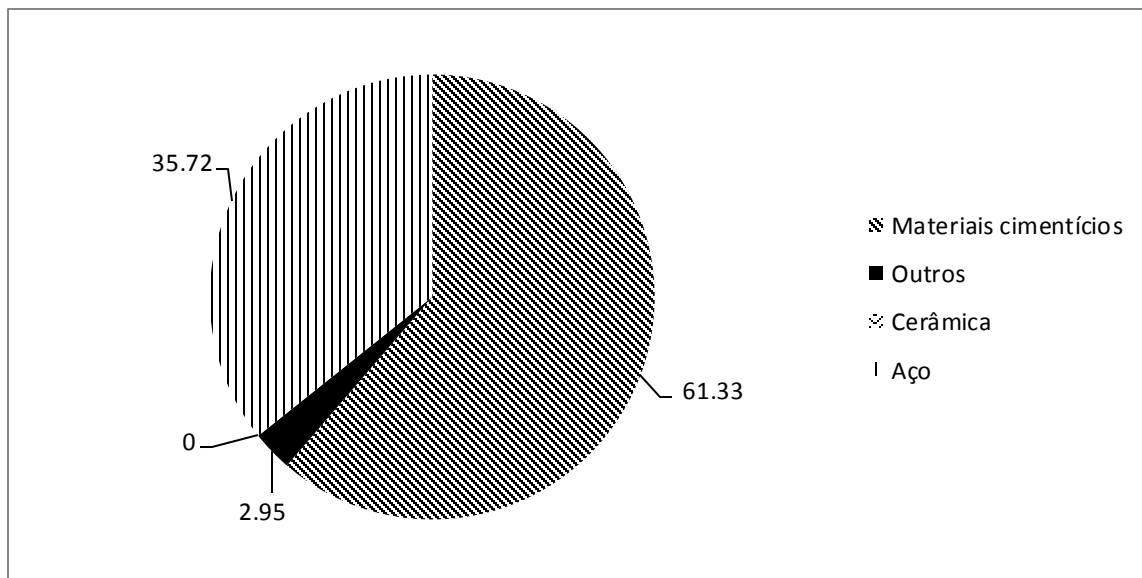
A soma dos valores energéticos absolutos dos materiais, caracteriza o consumo total de energia nessas atividades, sendo possível extrapolar para uma análise por grupo de material e determinando o peso que esse grupo tem em cada tipo de sistema construtivo (Tabela 1).

**Tabela 1 – Quantidade total de MJ utilizados na construção dos empreendimentos A e B.**

Grupo	Empreendimento A		Empreendimento B	
	EE (MJ)	(%)	EE (MJ)	(%)
Materiais cimentícios	1.729.279,89	61,33	33.237.687,88	56,85
Outros	83.269,29	2,95	336.105,74	0,57
Cerâmica	0	0	4.148.625,98	7,10
Aço	1.007.225,07	35,72	20.741.416,11	35,48
<b>Total</b>	<b>2.819.774,26</b>	<b>100</b>	<b>58.463.835,71</b>	<b>100</b>

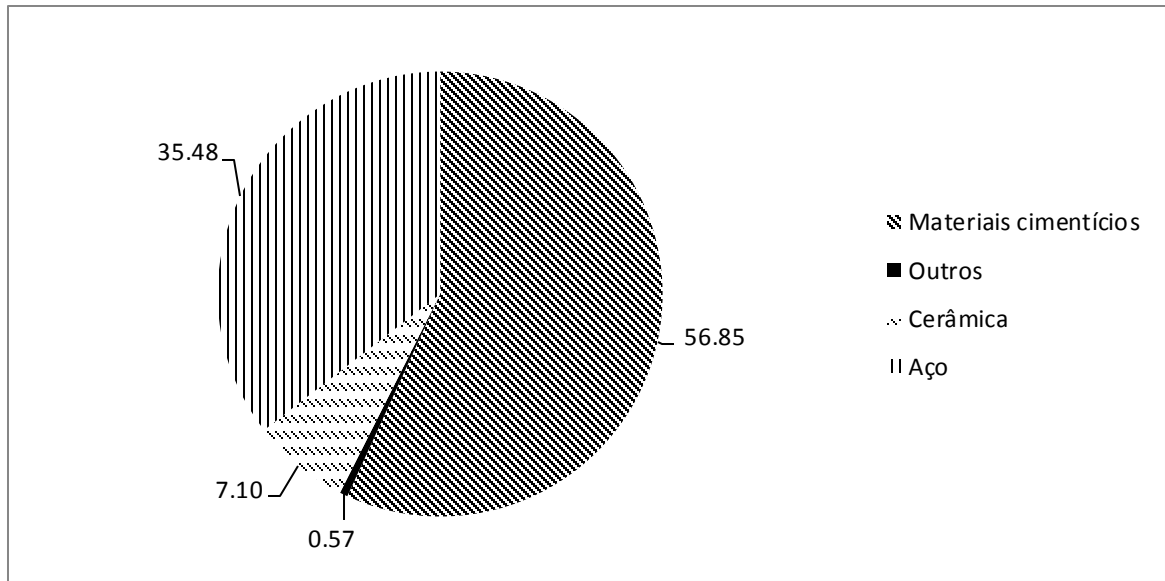
Analisando a Energia Embutida dos principais materiais da Construção Civil para o Empreendimento A, observou-se que os materiais cimentícios representam 61,33% da EE total e não apresentou consumo de cerâmica (Figura 3).

**Figura 3 – Distribuição da EE dos materiais para o Empreendimento A.**



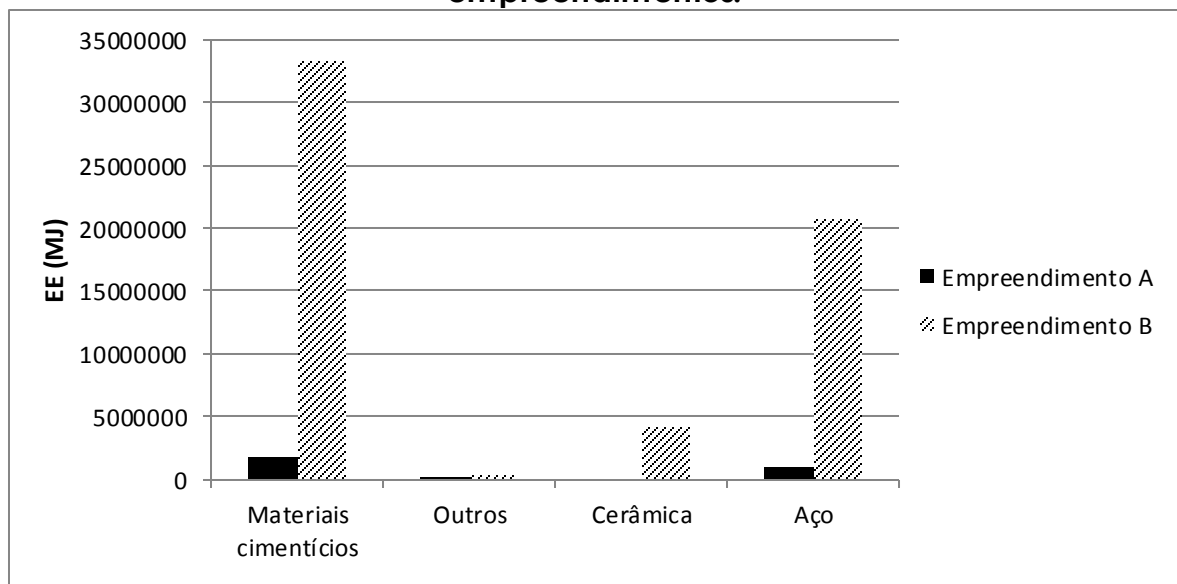
Já em relação ao Empreendimento B, os materiais cimentícios representam 56,85% da EE total (Figura 4), pode-se observar que o Empreendimento B possui um maior gasto energético em relação ao Empreendimento A, devido a uma maior quantidade de material cimentício utilizado na construção.

**Figura 4 – Distribuição da EE dos materiais para o Empreendimento B.**



Apesar das análises de EE dos materiais cimentícios e o aço, serem relativamente próximos em termos percentuais, observou-se que em termo de quantidade, o Empreendimento B apresenta um consumo expressivo dos materiais em relação ao empreendimento A (Figura 5).

**Figura 5 – Análise comparativa da EE dos materiais entre os dois empreendimentos.**



Finalmente, tendo em conta os valores totais de energia consumida e a área construída de cada empreendimento, foi possível determinar o consumo de energia por m<sup>2</sup> de cada obra e concluir qual é o sistema construtivo mais econômico em termos de energia (Tabela 2).

**Tabela 2 – Comparativo de consumo energético por área construída para os Empreendimentos A e B.**

	<b>Empreendimento A</b>	<b>Empreendimento B</b>
<b>Energia Total (MJ)</b>	2.819.774,26	58.463.835,71
<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	38.393,00	41.915,87
<b>Energia Embutida (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>73,45</b>	<b>1.394,79</b>

De acordo com a Tabela 2, o Empreendimento B apresenta uma área construída maior que o Empreendimento A, ao se analisar a energia embutida por m<sup>2</sup> (MJ/m<sup>2</sup>), observou-se que o empreendimento B consome mais energia por m<sup>2</sup> que o Empreendimento A, o principal motivo dessa grande diferença entre os empreendimentos, se deu pela tecnologia construtiva adotada para cada um, no caso do Empreendimento B, o consumo de materiais cimentícios e aço, são muito superiores aos consumidos pelo Empreendimento A.

#### **4 CONCLUSÃO**

O modelo adotado para quantificar o consumo de energia em MJ/m<sup>2</sup> construídos para análise comparativa entre os dois empreendimentos do estudo de caso, durante o processo de construção dentro de uma ACV, permitiu alcançar os resultados que demonstraram que a tipologia construtiva de paredes de concreto possui maior valor de energia embutida que a outra tipologia investigada. Isto se deve ao fato de que há o uso elevado de materiais cimentícios e aço para a construção do primeiro empreendimento.

O estudo contribuiu para um questionamento quanto aos impactos ambientais relacionados com o consumo de energia contidos nos resíduos gerados durante a etapa construção, uma vez que nesta pesquisa isto não foi considerado. Assim, é necessário um controle efetivo dos RCC, uma vez que quando maior o consumo energético em materiais cimentícios poderá haver impactos com relação a emissões de CO<sub>2</sub>.

Essa linha de investigação, de Análise do Ciclo de Vida nas Edificações – Balanço Energético, com reduzido uso no setor da construção civil no Brasil, poderá ser uma ferramenta auxiliar na etapa de planejamento e elaboração dos projetos da edificação para indicar materiais e produtos a serem empregados na construção predial, soluções construtivas alternativas que permitam menor consumo energético, adicionalmente contribuindo para uma construção mais sustentável.



## REFERÊNCIAS

- BRIBIÁN, I. Z.; CAPILLA, A. V.; USÓN, A. A.: **“Life cycle assessment of building materials: Comparative análisis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potencial”**, Build. Environ., vol. 46 (2011), pp. 1133-1140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>
- JOHN, V.M.; OLIVEIRA, D.P.; AGOPYAN, V. **Critérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes - uma perspectiva de sustentabilidade para países em desenvolvimento**. Journal of Building Environment, 2006.
- MERCADER, M. P.; MARRERO, M.; SOLÍS, J.; MONTES, M. V.; RAMÍREZ, A.: **“Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la cimentación”**, Inf. Constr., vol. 62, nº 517 (2010), pp. 125-132. doi: 10.3989/ic.09.000.
- NASCIMENTO, M. A. **Levantamento Energético de Edificações: Estudo de Caso na Universidade Federal da Bahia**. Tese de Doutorado em Energia e Ambiente. Centro Interdisciplinar em Energia e Ambiente/Universidade Federal da Bahia, 2011.
- TAVARES, S, F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Santa Catarina, 2006.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Activitie: Urban - Sustainable building and construction**. 2005. Disponível em: [http://www.unep.or.jp/ietc/Activities/Urban/sustainable\\_bldg\\_const.asp](http://www.unep.or.jp/ietc/Activities/Urban/sustainable_bldg_const.asp). Acesso em: 12 JAN. 2012.
- WADEL, G.: **“La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda”**. Tese de doutorado. Universidade Politécnica de Catalunya, departamento de construções arquitetônicas, (2009). <http://www.tdx.cat/TDX-0122110-180946>.