



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES: AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA EM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL

**EVANGELISTA, Patricia (1); SOUZA, Hugo Henrique (2); TORRES, Ednildo (3); GONÇALVES, Jardel (4)**

(1) UFBA, e-mail: [patriciae@fieb.org.br](mailto:patriciae@fieb.org.br) (2) UFMS, e-mail: [hugohenriquesouza@gmail.com](mailto:hugohenriquesouza@gmail.com) (3) UFBA, e-mail: [ednildotorres@gmail.com](mailto:ednildotorres@gmail.com) (4) UFBA, e-mail: [jardelpg@gmail.com](mailto:jardelpg@gmail.com)

### RESUMO

O desenvolvimento sustentável e o desempenho ambiental das edificações passaram a ocupar papel prioritário na agenda do setor da construção civil nos últimos 20 anos. Apesar de ocupar posição relevante no cenário econômico do país, este segmento se apresenta como um dos mais críticos no que se refere à geração de impactos ambientais. Diante da necessidade de avaliação destes impactos nos empreendimentos, desde a produção das matérias-primas, passando por seu processo produtivo e considerando os aspectos de uso e de disposição final, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem se apresentado como ferramenta importante na identificação dos aspectos e quantificação destes impactos em busca de uma construção mais sustentável. Este artigo tem como objetivo utilizar a ACV com o propósito de discutir o desempenho ambiental das edificações, assim como difundir o tema, sua aplicabilidade e limitações. O trabalho apresentado faz parte da aplicação prática da ferramenta de ACV, caracterizada por estudo exploratório, uma vez que diante da escassez de experiências semelhantes e a existência de vários elementos de análise envolvidos no processo, optou-se pelo estudo de caso como estratégia de pesquisa. O estudo de caso foi aplicado a um edifício residencial em Salvador/BA, utilizando o *software* SimaPro 7.3.3 e o método de avaliação de impactos CML 2001. As categorias de impacto ambiental analisadas foram aquecimento global, depleção abiótica, toxicidade humana e ecotoxicidade. Os resultados mostram que é possível evidenciar os impactos mais relevantes de uma edificação, dividindo-os por etapa do processo construtivo, assim como demonstram a necessidade de um modelo estruturado que permita a difusão da aplicação da ACV no referido setor e atue na promoção da melhoria do desempenho ambiental das edificações no Brasil.

**Palavras-chave:** Avaliação do Ciclo de Vida, Construção Civil, Desempenho Ambiental.

### ABSTRACT

*Sustainable development and environmental performance of buildings began to occupy key role in the Construction sector in the last 20 years. Despite occupying important position in the economic scenario of the country, this industry segment is presented as one of the most critical with regard to the environmental impacts of its production process. Given the need for environmental impact assessment of enterprises, from production of raw materials, through the production process and considering all aspects of the use and disposal, Life Cycle Assessment (LCA) has emerged as an important tool in the identification of aspects and quantification of these impacts in search of a more sustainable construction. This article aims to use the LCA in order to discuss the environmental performance of buildings, as well as disseminating the theme, their applicability and limitations. This work is part of the practical application of LCA tool, characterized by exploratory study, since the shortage of similar experiences and the existence of various analysis elements involved in the process, if opted by the case study as a research strategy. The case study was applied to a residential building in Salvador/BA, using the SimaPro 7.3.3 software and the CML 2001 as the method of assessing impacts. The environmental impact categories analyzed were global warming, abiotic depletion, human toxicity and ecotoxicity. The results show that it is possible to describe the most relevant impacts of a building, dividing them by stage of the construction process, as well as demonstrate the need for a structured model that allows the*

*dissemination of the application of LCA tool in that sector and act in promoting the improvement of the environmental performance of buildings in Brazil.*

**Keywords:** *Life Cycle Assessment, Civil Construction, Environmental Performance.*

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil se apresenta como ator importante no cenário econômico brasileiro. A sua cadeia produtiva abriga milhares de empresas e emprega quase três milhões de empregados formais (BRASIL, 2012). Apesar de um período de baixa demanda na década de 90, o setor iniciou um processo de recuperação a partir de 2004 com a abertura de novas linhas de crédito, programas habitacionais governamentais, novos projetos de infraestrutura e aumento do poder aquisitivo da população.

Em particular no segmento habitacional é preocupante a questão do déficit estimado em 5,5 milhões de domicílios, cerca de 10% do estoque de moradias construídas no país. Este déficit representa um grave problema social, pois está concentrado nas camadas mais desassistidas da população, ou seja, 74,2% do déficit total referem-se a famílias com renda inferior a três salários mínimos. Adiciona-se à escassez atual, o aumento esperado do número de famílias e de sua renda. Desta forma, estima-se que até 2022 serão necessárias 23 milhões de novas moradias no Brasil (CBIC, 2012).

Apesar dos aspectos econômico e social relevantes do setor, a construção civil figura como a atividade humana que gera maior impacto sobre o meio ambiente, consumindo altas cotas de matéria prima e gerando grandes volumes de resíduos de diversas espécies. (BENTO; ROSSIGNOLO, 2013).

Os atuais conceitos ambientais destacam o impacto da fase de construção, deixando em segundo plano a energia dispendida durante a exploração e transporte de recursos, assim como a produção e descarte de matérias primas (MIYAZATO; OLIVEIRA, 2009).

Dentre os diversos procedimentos e ferramentas disponíveis para realizar a avaliação de desempenho ambiental de um material ou produto, podem ser citados os Sistemas de Indicadores Ambientais, a Contabilidade de Gestão Ambiental, os Sistemas de Gestão Ambiental, a Eco-rotulagem e a Avaliação de Ciclo de Vida, sendo esta última considerada a mais completa, uma vez que considera todos os seus estágios e agrega possíveis impactos dos efeitos ambientais e sua avaliação, de modo a dar suporte para os tomadores de decisão (ASDRUBALI; BALDASSARRI; FTHENAKIS, 2013).

Miyazato e Oliveira (2009) reforçam a ACV como uma ferramenta de gestão para análise, escolha de alternativas e tomada de decisões, sob uma perspectiva ambiental, onde a meta é analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado.

Apesar da existência de vários trabalhos de aplicação da ACV em edificações no mundo, no Brasil estas pesquisas ainda são incipientes. Desta forma, apesar das limitações de bancos de dados de inventários nacionais, o presente trabalho tem como objetivo utilizar a ACV a fim de avaliar o desempenho ambiental das edificações, assim como difundir sua aplicabilidade, e para isso se propõe a fazer um estudo preliminar de ACV em uma edificação residencial do “berço ao portão” como forma de iniciar a aplicação prática dos conceitos da ACV na avaliação do desempenho ambiental de unidades habitacionais brasileiras.

O estudo de caso foi aplicado a um edifício residencial localizado na cidade de Salvador/BA, utilizando o *software* SimaPro 7.3.3 e foram analisadas as categorias de

impacto ambiental relacionadas ao aquecimento global, depleção abiótica (consumo de recursos naturais), toxicidade humana e ecotoxicidade, por meio do método de avaliação de impactos CML 2001.

Frente ao cenário apresentado, faz-se necessário o debater sobre o efetivo desempenho ambiental das edificações brasileira e as aplicações e limitações da ferramenta da ACV dentro desta perspectiva, além da importância de disseminar conceitos e casos práticos para sensibilizar profissionais, pesquisadores e empresários na busca de soluções que favoreçam uma construção mais sustentável.

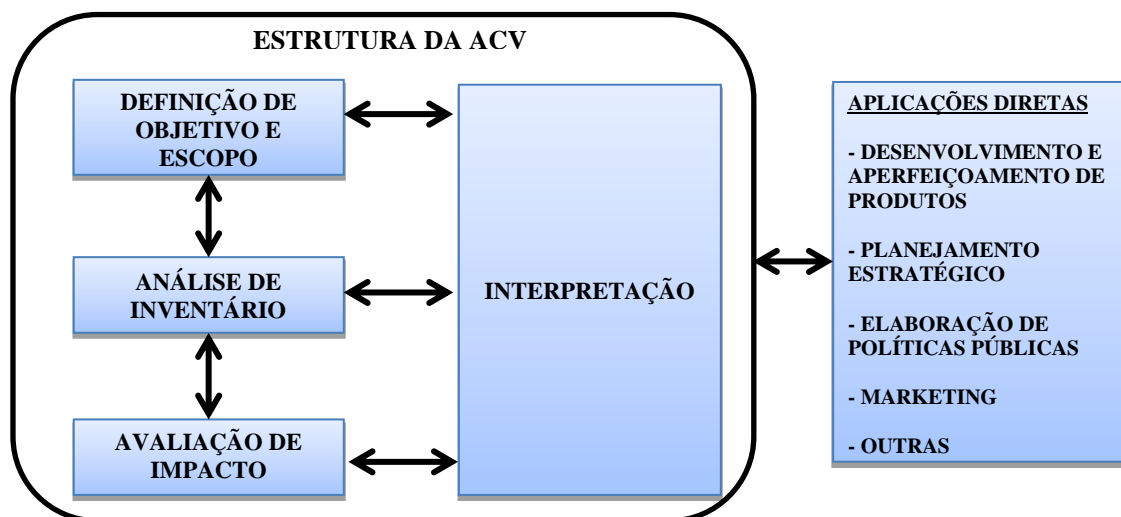
## 2 ACV APLICADA A EDIFICAÇÕES

### 2.1 Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

Na identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental, a ACV destaca-se como ferramenta normalizada e de excelência na análise das repercussões ambientais de um produto ou atividade, por meio de um processo de inventário de entradas e saídas do sistema considerado. Esse procedimento permite uma avaliação científica da situação, além de facilitar a identificação de eventuais mudanças associadas às diferentes etapas do ciclo que resultem em melhorias no respectivo perfil ambiental (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2006).

A NBR 14040 (ABNT, 2009a) define ACV como “compilação e avaliação das entradas e saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida”. A estrutura de uma ACV prevista nesta norma pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 – Fases de uma ACV



Fonte: ABNT (2009a).

### 2.2 Aplicações da ACV

As aplicações de uma ACV podem ser amplas e significativas em função da interpretação de seus resultados e amplitude dos dados levantados. Podem ser citadas as seguintes possibilidades (TAVARES, 2006):

- Identificar oportunidades de melhoria do desempenho ambiental de produtos nas diversas fases de seu ciclo de vida;

- Subsidiar a tomada de decisão na indústria e em organizações governamentais e não governamentais ligadas a planejamento estratégico;
- Definição de prioridades ou projeto e reprojeto de produtos e processos;
- Definir e selecionar indicadores de desempenho ambiental e seus critérios de medição;
- Suportar ações de *marketing*, processos de rotulagem ambiental, apresentações de reivindicações ambientais e para declarações ambientais de produto;
- Analisar a causa de problemas relacionado a produtos ou serviços;
- Levantar os limites do processo produtivo de um determinado produto incluindo insumos, transporte e descarte;
- Orientar o *design* de produtos novos;
- Determinar a energia embutida em um produto;
- Comparar características ambientais e econômicas das variantes para um determinado produto;
- Subsidiar a avaliação de desempenho ambiental de produtos e sistemas.

### **2.3 Limitações da aplicação da ACV na Construção Civil**

Para Soares, Souza e Pereira (2006) a ferramenta da ACV associada ao setor da construção civil apresenta algumas limitações, destacando a dificuldade em obter informações e bases de dados confiáveis e adequadas para os materiais de construção.

Alguns fornecedores têm receio de divulgar informações acerca de seus processos produtivos com receio da concorrência, plágio de sua dinâmica produtiva ou vincular imagem negativa a sua empresa em função dos dados obtidos e divulgados (MIYAZATO; OLIVEIRA, 2009).

Scheuer, Keoleian e Reppe (2003) relatam a dificuldade em se obter dados quantitativos de impactos ambientais gerados, notadamente, durante as fases de construção e demolição. Esta situação é agravada em função da diversidade e composição química de materiais utilizados no setor da construção civil e na própria dinâmica de modificações e renovação dos espaços arquitetônicos e interação com o meio ambiente urbano.

Ribeiro, Gianneti e Almeida (2003) reforçam a limitação relacionada a realização de inventários que, em sua maioria, são onerosos e consomem muito tempo, pois podem exigir medições de campo ou levantamentos detalhados de arquivos e registros. Ainda ressaltam a falta de uma metodologia unificada que dificulta tanto a etapa de análise dos resultados quanto a sua aceitação. Em muitos casos são utilizadas metodologias de países que trazem consigo bancos de dados que refletem suas realidades produtivas e podem causar distorções quando aplicados por outros países como o Brasil.

Malmqvist *et al.* (2011) citam que o uso da ACV, em geral, incluem preconceitos sobre a sua complexidade, possíveis resultados arbitrários, falta de precisão e problemas relativos a interpretação dos resultados. Miyazato e Oliveira (2009) trazem ainda questões relacionadas a falta de profissionais capacitados para realização de estudos de ACV, dificuldades quanto a análise de impactos relacionados ao transporte de produtos e a falta de incentivos fiscais e de políticas públicas que favoreçam a realização de estudos de ACV ou a promoção de melhorias identificadas em estudos desta natureza.

### **2.4 ACV aplicada a Edificações**

Diante da necessidade de avaliação do desempenho ambiental das edificações, a ACV apresenta-se como ferramenta adequada para certificar a demanda global do impacto ambiental e de energia. Os edifícios têm ciclos de vida complexos, uma vez que

utilizam diversos materiais e combinações destes, têm uma vida útil longa, precisam de manutenção ao longo da vida e, em sua maioria, são produtos únicos (ASDRUBALI; BALDASSARRI; FTHENAKIS, 2013).

De acordo com Malmqvist *et al.* (2011), para fazer uma ACV de um edifício, necessitam-se de ferramentas específicas como as que foram desenvolvidas em alguns países, porém estas são exceções. De qualquer forma, estas iniciativas são úteis, fornecendo uma valiosa fonte de dados para o desenvolvimento de diretrizes para aplicação em outros locais. O processo de desenvolvimento de um novo edifício é essencialmente o mesmo em todos os lugares, mas os detalhes, as subdivisões de fases e termos técnicos podem diferir de país para país. Outra questão que deve ser abordada é que os resultados da ACV de um edifício podem conter informações complexas, sendo necessário encontrar formas eficientes de comunicação dos resultados para os usuários e clientes.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

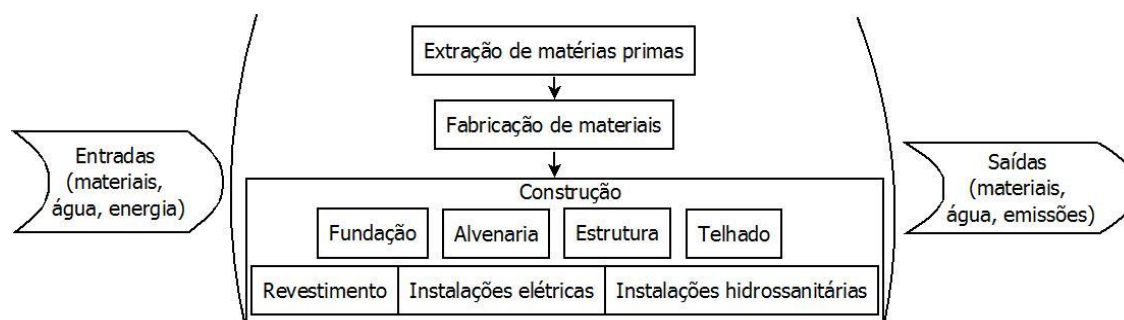
Neste trabalho, diante da escassez de experiências semelhantes no país e a existência de vários elementos de análise envolvidos no processo, optou-se por estudo exploratório como estratégia de pesquisa. Foi realizado estudo de caso de aplicação da avaliação do ciclo de vida em um edifício residencial localizado em Salvador/BA com o objetivo de identificar os seus potenciais impactos ambientais, estimulando o uso da ACV como ferramenta de análise de desempenho ambiental no setor da construção civil.

O edifício objeto do estudo possui 16 pavimentos com 4 apartamentos por andar, dois pavimentos de garagem e área comum com parque infantil, quadra poliesportiva, salão de festas, piscina e academia. A área total do terreno é de 2.048 m<sup>2</sup>, sendo 525 m<sup>2</sup> de área ocupada. A área total construída é de 10.787 m<sup>2</sup>.

A fundação do edifício é profunda com estacas metálicas, a estrutura é convencional em concreto armado. O sistema de vedação é composto por alvenarias de blocos de concreto, os forros de placas de gesso, as paredes e tetos foram revestidos em argamassa, massa e tinta PVA. Os pisos internos foram parte em placas cerâmicas ou porcelanato e parte em contra piso e as fachadas receberam acabamento em cerâmica.

A aplicação da ferramenta ACV seguiu a estrutura metodológica recomendada nas normas da série ISO 14040 (ABNT, 2009a, 2009b), contemplando as quatro fases padronizadas, utilizando o *software* SimaPro versão 7.3.3 e considerando a base de dados do Ecoinvent v2.2. A Figura 2 ilustra a fronteira do sistema, “do berço ao portão” e o detalhamento das etapas contempladas na fase de construção do edifício.

**Figura 2 – Fronteira do sistema**



Fonte: Os autores (2014)

Conforme pode ser verificado, as etapas de uso e ocupação, manutenção e disposição final após o fim da vida útil do edifício não foram consideradas neste estudo, já que o foco principal foi identificar quais materiais e etapas construtivas são mais impactantes na fase de execução do empreendimento, além da escassez de dados referentes às demais etapas mencionadas. A unidade funcional adotada foi área total do edifício em m<sup>2</sup> para uma vida útil de 50 anos. Desta forma, buscou-se a estimativa de todas as entradas e saídas (insumos, água, energia, emissões) relacionadas a este empreendimento durante as etapas de produção das matérias primas e execução da obra.

O quantitativo dos materiais utilizados na construção do edifício entre os anos de 2009 e 2010 foi obtido a partir de fontes primárias, cedido pela empresa construtora, com base no orçamento detalhado da obra por etapa do processo construtivo (Fundação, Estrutura, Alvenaria, Revestimento, Instalações Elétricas e Hidráulicas e Cobertura). Os dados foram trabalhados e seus quantitativos nas unidades informadas pela empresa foram convertidos em unidades de massa para compor o Inventário de Ciclo de Vida (ICV).

Os pressupostos e as escolhas de valores assumidos tiveram como base informações do orçamento da obra e dados de literatura. A partir das contas de energia elétrica e água emitidas pelas concessionárias durante a construção do edifício, estimou-se o consumo de aproximadamente 85.000 kWh de energia elétrica e 6.750 m<sup>3</sup> de água. A geração de resíduos sólidos foi estimada pela média dos valores de perdas encontrados por Agopyan *et al.* (1998) e Soilbelman (1993). Assumiu-se a quantidade de 1% do cimento consumido como emissão atmosférica.

Foi necessário adotar um critério de corte para determinados materiais de pequena relevância no escopo total do edifício, em função da grande quantidade de dados demandados por este sistema, sendo eliminados aqueles que apresentassem quantidades menores que 1,0% da massa total diretamente utilizada no estudo. Além disso, o transporte não foi contabilizado e vale enfatizar que neste estudo de ACV não foram considerados os investimentos de capital, ou seja, os recursos e a energia utilizados na construção e manutenção das indústrias, estradas, ferramentas, maquinários e outros.

O método de avaliação de impacto ambiental selecionado foi CML 2001. A escolha se deu pelo fato de ter uma abordagem *midpoint*, proporcionando um menor grau de incerteza e por apresentar a avaliação em âmbito global, além de ser amplamente utilizado no meio acadêmico. As categorias de impacto ambiental selecionadas estão apresentadas na Tabela 1, seguidas de uma breve definição e caracterização.

**Tabela 1 – Categorias de impacto ambiental e suas definições**

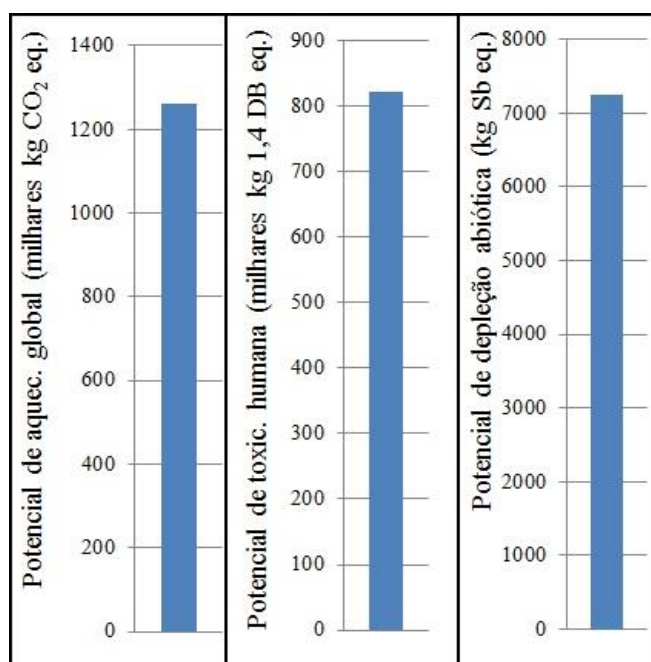
<b>Categoria</b>	<b>Característica e definição</b>
Aquecimento global	Refere-se ao aumento da temperatura terrestre pela presença de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) e metano (CH <sub>4</sub> ).
Toxicidade humana	Caracteriza a exposição humana a substâncias tóxicas, especialmente através da ingestão e inalação.
Ecotoxicidade	Relativa à ação prejudicial, algumas vezes irreversível, de substâncias tóxicas ao meio ambiente. Pode ser definida para a água e para o solo.
Depleção de recursos	Refere-se à ideia que as reservas de um recurso vão sendo diminuídas ao longo do tempo pela atividade humana, de modo a reduzir a oportunidade de acesso a este pelas futuras gerações.

Fonte: Adaptado de Sousa (2008) e Silva (2010)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 ilustra os potenciais impactos ambientais para as categorias de aquecimento global, toxicidade humana e depleção abiótica. Os potenciais impactos ambientais destas categorias são expressos respectivamente em: quilograma de dióxido de carbono equivalente, quilograma de 1,4-diclorobenzeno equivalente e quilograma de antimônio (Sb) equivalente.

**Figura 3 – Impactos ambientais das categorias de aquecimento global, depleção abiótica e toxicidade humana (caracterização)**



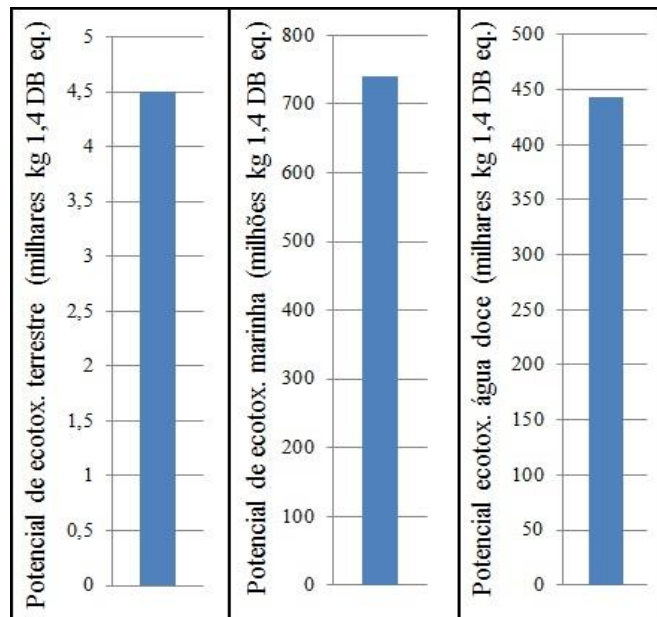
A análise do processo indicou que para a categoria de aquecimento global, o clínquer, utilizado no processo de fabricação do cimento, foi o principal contribuinte, já que para sua fabricação, grandes quantidades de CO<sub>2</sub> são liberadas durante o aquecimento dos fornos rotativos.

Para a categoria de toxicidade humana, os metais foram os materiais mais impactantes, com destaque para o cobre utilizado nas instalações hidrossanitárias e elétricas. Já para a categoria de depleção abiótica materiais como o PVC (Policloreto de Vinila) tiveram grande relevância.

Já a Figura 4 ilustra os potenciais impactos ambientais para as categorias de ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade marinha e ecotoxicidade de água doce. As substâncias tóxicas têm seus valores expressos em kg de 1,4-diclorobenzeno equivalente.

A análise do processo indicou que para a categoria de ecotoxicidade terrestre, materiais como o aço, clínquer e cobre apresentaram grande contribuição. Para as categorias de ecotoxicidade marinha e ecotoxicidade de água doce, os resíduos sólidos foram apontados como os principais causadores dos impactos.

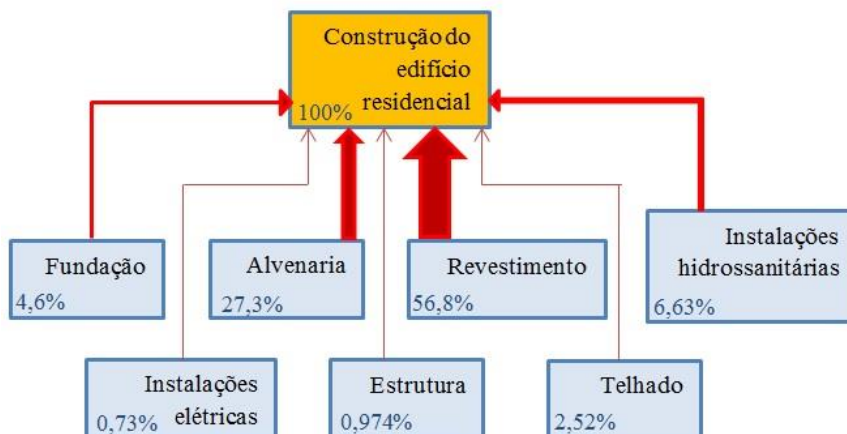
**Figura 4 – Impactos ambientais das categorias de ecotoxicidade terrestre, marinha e de água doce (caracterização)**



Na fase de normalização da avaliação de impactos ambientais (método CML 2001 com abordagem mundial e ano de referência de 1995), ficou evidente a magnitude dos potenciais impactos ambientais, ganhando destaque as categorias de ecotoxicidade marinha, ecotoxicidade de água doce, depleção abiótica e aquecimento global.

A Figura 5 ilustra a contribuição de cada etapa da obra no impacto ambiental promovido pela edificação. Conforme pode ser verificado, atenção especial deve ser dada para as etapas de revestimento e alvenaria. Isto ocorre por haver maior quantidade de insumos e resíduos nestas etapas, sendo que os elementos de cimento favoreceram esta situação na etapa da alvenaria e os elementos cerâmicos apresentaram grande contribuição na etapa de revestimento em função da alta demanda energética de seu processo produtivo.

**Figura 5 – Contribuição por etapas da construção**





## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da tendência de crescimento do mercado imobiliário habitacional brasileiro e dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida destas construções, a escolha de materiais e sistemas que gerem menos impactos desde a fase de construção, pensando em sua operação e uso e em seu destino final, são uma realidade para todos os profissionais ligados a cadeia produtiva da construção civil.

A atividade construtiva muito contribui para o consumo de combustíveis fósseis, recursos naturais e emissão de vários gases perigosos que levam a prejuízos globais como a depleção da camada de ozônio, efeito estufa e contaminação do solo e da água.

Os resultados preliminares deste estudo de caso de ACV permitiram concluir que as principais categorias de impacto ambiental relacionadas à construção do referido edifício foram: ecotoxicidade aquática, depleção abiótica e aquecimento global.

Também ficaram evidentes os materiais mais impactantes, sendo eles: PVC, clínquer (cimento), cobre e revestimentos cerâmicos. As etapas mais críticas da obra estudada, no que diz respeito aos impactos ambientais, foram as fases de revestimento e alvenaria.

Faz-se necessária a ampliação deste estudo, refinando os dados de inventário levantados, incluindo os aspectos de transporte e as demais fases do ciclo de vida do empreendimento (uso, manutenção e destinação final, em suas diversas possibilidades).

A ACV se mostrou como uma ferramenta adequada na quantificação dos impactos ambientais da construção civil, de relevante importância no apoio à tomada de decisão em relação aos produtos e serviços envolvidos no setor.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Revista Qualidade**. São Paulo. 1998.

ASDRUBALI, F.; BALDASSARRI, C.; FTHENAKIS, V. Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings. **Energy and Buildings** 64, p.73-89, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14040**: Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

\_\_\_\_\_. **NBR 14044**: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida: requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

BENTO, R. C.; ROSSIGNOLO, J. A. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado**. In: CBC – 55º Congresso Brasileiro do Concreto, 2013, Gramado/RS.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Características do Emprego Formal segundo a Relação Anual de Informações Sociais – 2012 - **RAIS 2012**. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF808081419E9C900141B74A39245892/Principais%20Resultados%20-%20Ano%20base%202012%202.pdf>>. Acesso em 22 abr.2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção**. Brasília: 2012.

MALMQVIST, T.; GLAUMAN, M.; SCARPELLINI, S.; ZABALZA, I.; ARANDA, A.; DÍAZ, S. Life cycle assessment in buildings: The ENSLIC simplified method and guidelines. **Energy** 36, P. 1900-1907, 2011.

MIYAZATO, T.; OLIVEIRA, C. T. A. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV):** aplicações e limitações no setor da construção civil. In: ELECS – V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2009, Recife. Disponível em: [http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2009/2009\\_artigo\\_049.PDF](http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2009/2009_artigo_049.PDF). Acesso em: 07 set. 2013.

RIBEIRO, C. M.; GIANNETI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): uma ferramenta importante da ecologia Industrial. **Revista de Graduação da Engenharia Química**. São Paulo, ano VI, n. 12, 2003.

SCHUEER, C.; KEOLEIAN, G. A.; REPPE, P. Life cycle energy and environment performance of a new university building: modelling challenges and design implications. **Energy and Buildings**, n. 35, p. 1049-1064, 2003.

SILVA, A. L. R. T. **Desenvolvimento de fatores de normalização de impactos ambientais regionais para avaliação do ciclo de vida de produtos no estado de São Paulo**. 2010. 168 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: SATTER, M. A.; PEREIRA, F.O.R (Eds.). **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. (Coleção Habitare, v.7).

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: Sua incidência e controle**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUSA, S. R. **Normalização de critérios ambientais aplicados à avaliação do ciclo de vida**. 2008. 73 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. 2006. 225p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.