



## SELEÇÃO DE SISTEMAS DE VEDAÇÃO A PARTIR DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA: COMPARATIVO ENTRE BLOCOS VAZADOS CERÂMICO E BLOCO DE CONCRETO

**Danielly Borges Garcia (1); Silvio Romero Fonseca Mota (2); Francisco Carlos Rodrigues (3); Maria Teresa Paulino de Aguiar (4)**

(1) Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais. Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil - e mail: dannybgarcia@gmail.com

(2) Escola de Arquitetura - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG, Brasil - [silvio.motta@gmail.com](mailto:silvio.motta@gmail.com)

(3) Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG, Brasil - [francisco@dees.ufmg.br](mailto:francisco@dees.ufmg.br)

(4) Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, MG, Brasil - [teresa@ufmg.br](mailto:teresa@ufmg.br)

### RESUMO

A alvenaria estrutural de tijolos vazados cerâmicos é um sistema tradicionalmente utilizado na construção civil brasileira devido a sua disponibilidade e baixo custo. Atualmente, também é observada uma crescente utilização do bloco de concreto para alvenaria estrutural. O bloco de concreto é, igualmente, um material disponível pela fácil produção e de baixo custo. De modo geral, os critérios de seleção entre os dois materiais são a disponibilidade de matéria prima e o custo final. Porém, entre as demandas da sociedade atual, está a inclusão de questões ambientais na escolha dos materiais de construção. As dificuldades para tais considerações ocorrem por questões culturais e pela dificuldade em obter dados sobre os impactos ambientais dos materiais desde a extração de matéria prima até o descarte dos mesmos. A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica que pode ser utilizada para entender quais impactos ocorrem ao longo do ciclo de vida de um material, sendo, portanto, um critério de seleção. O presente artigo apresenta uma ACV do bloco vazado cerâmico e do bloco de concreto. O uso dos blocos foi simulado em um metro quadrado de alvenaria de vedação de um edifício localizado em Belo Horizonte, MG. O objetivo é verificar quais são os impactos ambientais que ocorrem desde a extração de matéria prima até o uso da edificação e entender qual desses materiais possui menor impacto ambiental. Para as análises, foi utilizada a ferramenta computacional SimaPro. Os resultados mostraram pequenas diferenças entre o impacto ambiental dos dois sistemas, com vantagens para a alvenaria em tijolo de concreto que apresentou melhor desempenho ambiental em grande parte das categorias na a unidade funcional escolhida.

Palavras-chave: materiais de construção; impacto ambiental; Análise do Ciclo de Vida, ACV.

## **1 INTRODUÇÃO**

A alvenaria estrutural é um processo construtivo onde as paredes são responsáveis por receber as cargas estruturais do edifício. É um sistema construtivo tradicional, utilizado há milhões de anos, e que até o final do século XIX predominou como material estrutural. No entanto só em meados do século XX, em função de pesquisas, passa a ser um processo racional, onde o superdimensionamento não é mais o responsável pela segurança da estrutura.

A alvenaria estrutural pode ser do tipo armada ou não armada. Na alvenaria não armada a estrutura é obtida pelo empilhamento de elementos ligados por argamassa, tornando o conjunto monolítico. Estes elementos são comumente moldados em concreto ou em cerâmica vermelha. Os elementos de concretos são chamados de blocos, sendo comumente vazados. Os elementos de cerâmica são chamados de tijolos cerâmicos, também sendo conhecidos como tijolos vazados.

No Brasil, a seleção do tipo de elemento a ser utilizado na alvenaria estrutural usualmente é feita a partir de critério de produtividade, disponibilidade e preço. No entanto, no contexto atual de busca por práticas de sustentabilidade na construção, faz-se necessário que na seleção dos materiais de construção sejam considerados aspectos ambientais, econômicos e sociais envolvidos na fabricação, uso e descarte dos mesmos.

De acordo com SOARES *et al.* (2008), no tocante aos aspectos sociais é necessário considerar a disponibilidade de recursos públicos que diminuem a informalidade dos setores envolvidos, as condições de trabalho e saúde, o respeito e a não-violência dos direitos humanos, a garantia de liberdade de associação e incentivos à negociação coletiva, a eliminação do trabalho forçado e compulsório, a erradicação do trabalho infantil, a eliminação da discriminação no emprego, a prevenção contra impactos ambientais negativos, a responsabilidade ambiental nas ações empresariais e o combate à corrupção.

Segundo os mesmos autores, para a avaliação dos aspectos econômicos seria necessário considerar o contexto econômico das empresas envolvidas e seus desdobramentos externos para a economia local, regional e nacional. Nos aspectos econômicos devem ainda ser considerados os custos ambientais como as emissões ao longo da vida útil do produto, o consumo de energia, a depleção dos recursos entre outros.

Os custos ambientais estão relacionados aos aspectos ambientais do produto, ou seja, os impactos que o mesmo causa no meio ambiente. Na seleção dos materiais devemos considerar os impactos ambientais dos materiais escolhidos. A avaliação destes impactos e dos aspectos ambientais tem sido realizada baseada em três metodologias: a energia incorporada do material, a identificação de materiais ambientalmente preferíveis através de critérios simplificados e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV tem se mostrado como a ferramenta mais promissora para a avaliação ambiental de produtos. Esta ferramenta permite a mensuração das entradas de recursos naturais e energia e das saídas de emissões e poluentes, relacionando-os a potenciais impactos ambientais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. As consequências destes impactos são avaliadas em relação a saúde humana, ao meio ambiente natural e a disponibilidade futura de recursos naturais.

A ACV é uma avaliação comparativa entre opções de materiais e processos para desempenho de determinada função. Por isso, o primeiro passo de uma ACV é a definição de parâmetros de comparação, sejam estes funções, vida útil, desempenho, chamada de unidade funcional. Na definição da unidade funcional deve-se delimitar a abrangência da mesma, considerando a relevância dos ítems relacionados ao desempenho da função (ISO 14044, 2006). Após a definição da unidade funcional, a ACV é realizada em três etapas sendo: Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Análise do Inventário do Ciclo de Vida (AICV) e interpretação de resultados (HEIJUNGS *et al.*, 1996).

No Inventário de Ciclo de Vida (ICV) são atribuídas todas as cargas ambientais do produto durante a etapa de ciclo de vida considerada, como extração, fabricação, uso, descarte e reaproveitamento. Para a contabilização destes impactos comumente são utilizados bancos de dados disponíveis.

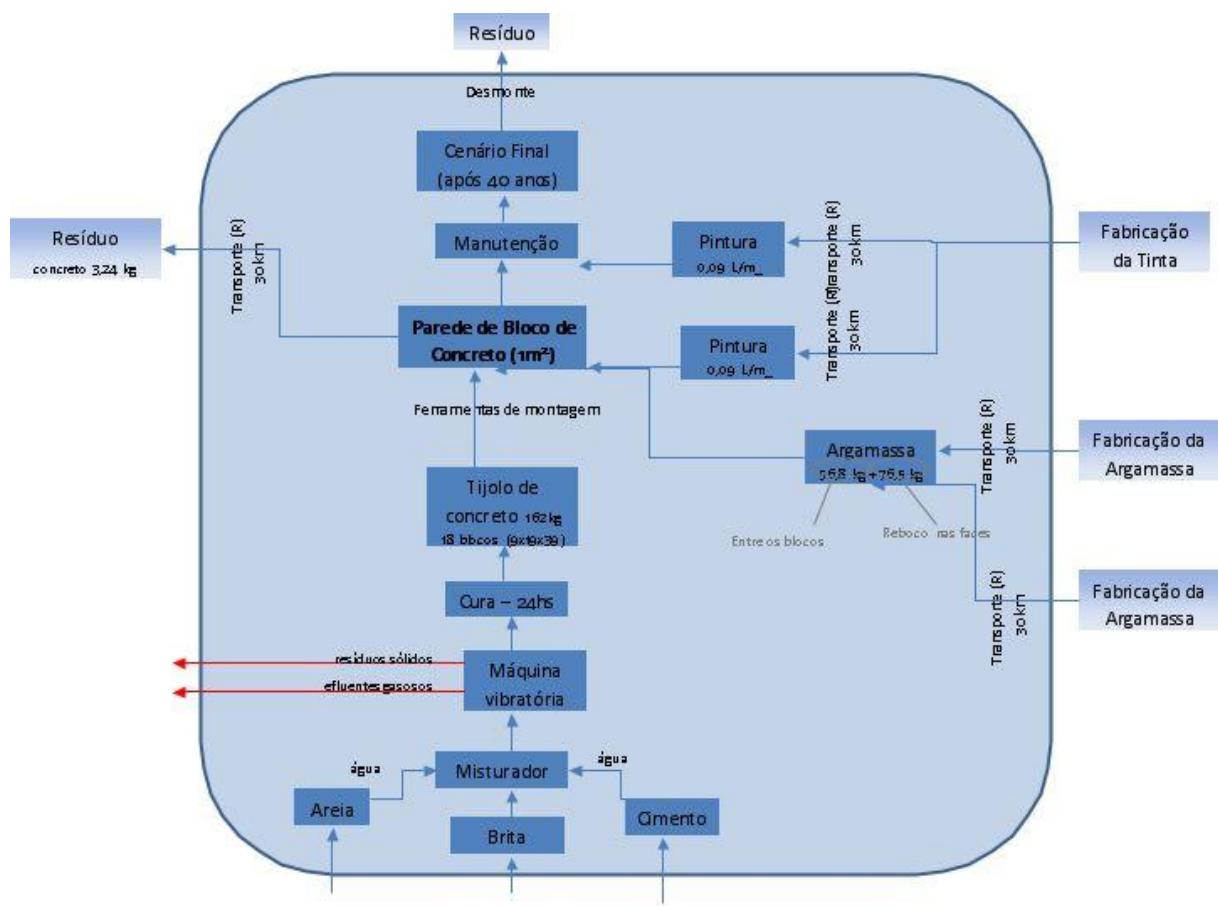
Após o ICV é feita a análise das emissões quantificadas, relacionando-as aos impactos ambientais. Os impactos avaliados pela ACV são relacionados à áreas de proteção, tais como: saúde humana, meio ambiente biótico e abiótico e recursos naturais. O uso da energia, por exemplo, não é visto como um problema ambiental em si, mas como agravante de problemas como a depleção de recursos naturais, aquecimento global, acidificação e eutrofização. Para classificação e quantificação destes impactos existem diferentes métodos propostos, que devem ser reconhecidos internacionalmente.

## 2 METODOLOGIA

Na Avaliação do Ciclo de Vida de tijolos cerâmicos vazados e de blocos de concreto considerou-se os mesmos fabricados na Região Metropolitana de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais. A unidade funcional do estudo foi definida com sendo um metro quadrado de parede, com resistência a compressão de 4,0MPa.

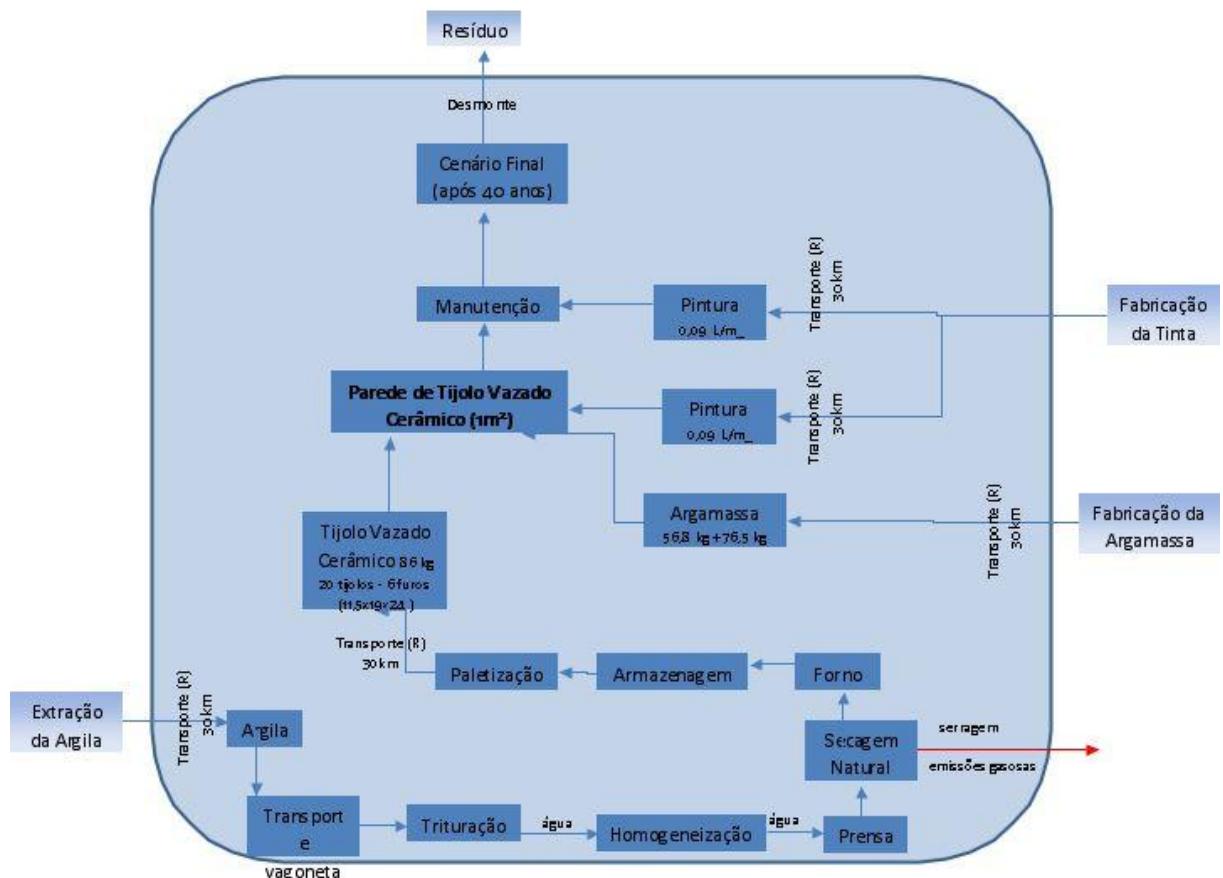
No estabelecimento das fronteiras do sistema foi estipulada a avaliação das etapas a partir do fim do transporte da matéria prima, passando pela fabricação dos elementos e disponibilização dos mesmos para execução das alvenarias. A análise considerou uma vida útil de 40 anos e o descarte de resíduos em aterro sanitário após este período. Ao longo da vida útil, foi considerada uma manutenção de pintura, para ambos os casos.

A figura 1 apresenta o fluxograma de produção dos blocos de concreto, bem como as demandas por matéria prima e água e emissão de efluentes e resíduos, dentro das fronteiras consideradas.



**Figura 1 - Fluxograma de produção do bloco de concreto estrutural.**

Para o processo de fabricação do tijolo cerâmico considerou-se a secagem natural do mesmo no preparo para a sinterização. A figura 2 representa o fluxograma do processo de fabricação do bloco cerâmico até sua alocação na obra em Belo Horizonte para ser utilizado.



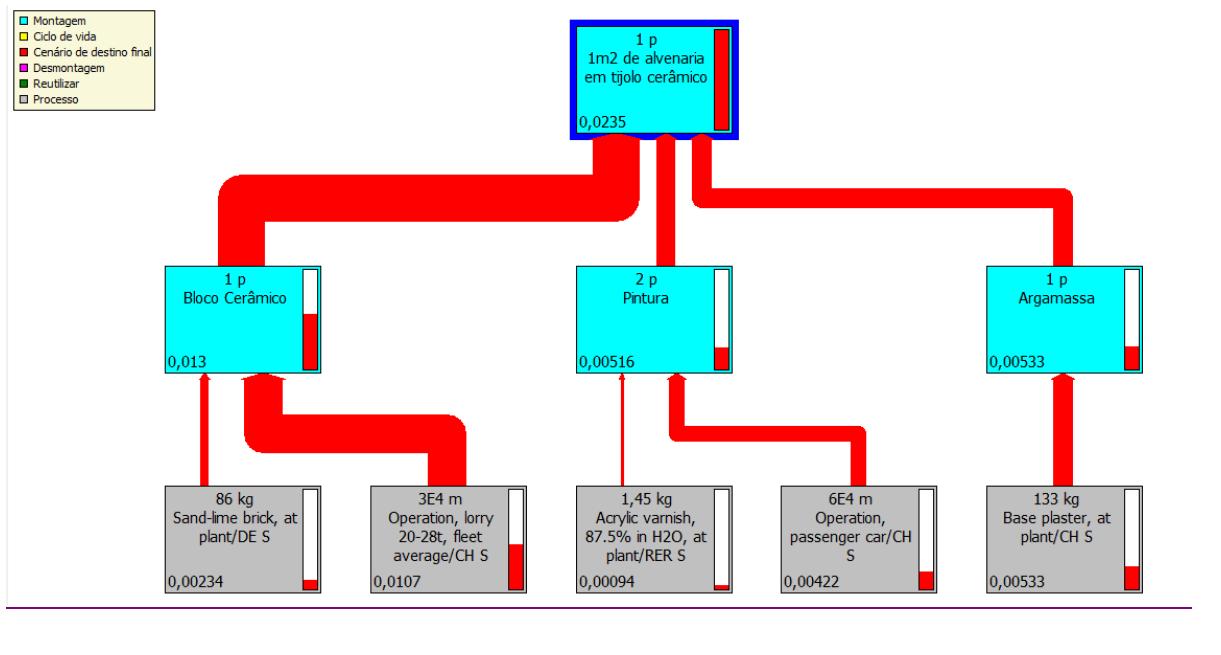
**Figura 2 - Fluxograma de produção do tijolo cerâmico.**

Para obtenção dos dados de emissões e recursos, utilizou-se a ferramenta computacional Simapro. Devido a falta de dados nacionais, foi utilizado o banco de dados suíço EcoInvent, cujas informações são provenientes de inventários ambientais de produtos da Suiça, Áustria e Alemanha.

Na Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida dos blocos, foi utilizada a metodologia Impact 2002+, cujas categorias de impacto são: aquecimento global, acidificação, substâncias cancerígenas e não cancerígenas, efeitos na respiração, eutrofização, depleção de ozônio, ecotoxicidade e smog. Estas categorias se relacionam às categorias finais de impacto de saúde humana, qualidade do ecossistema, mudança climática e esgotamento de recursos naturais.

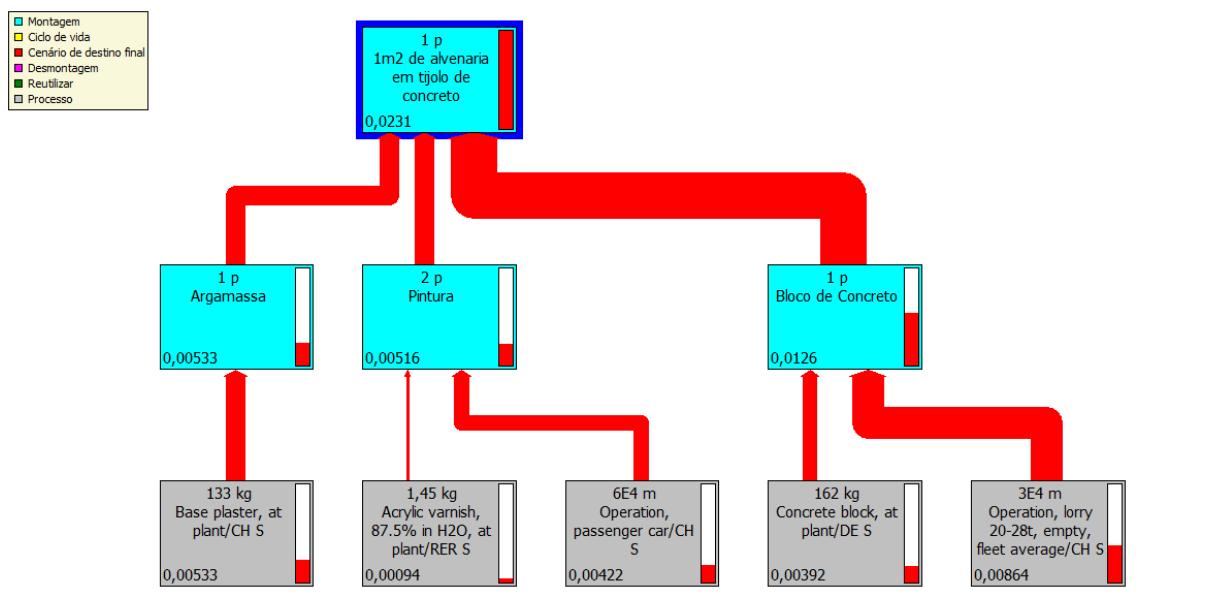
### 3 RESULTADOS E ANÁLISE

A figura 3 apresenta a contribuição de cada um dos componentes para a execução de um metro quadrado de alvenaria estrutural de tijolo vazado cerâmico. Percebe-se que o transporte (“operation lorry”), possui maior peso qualitativo.



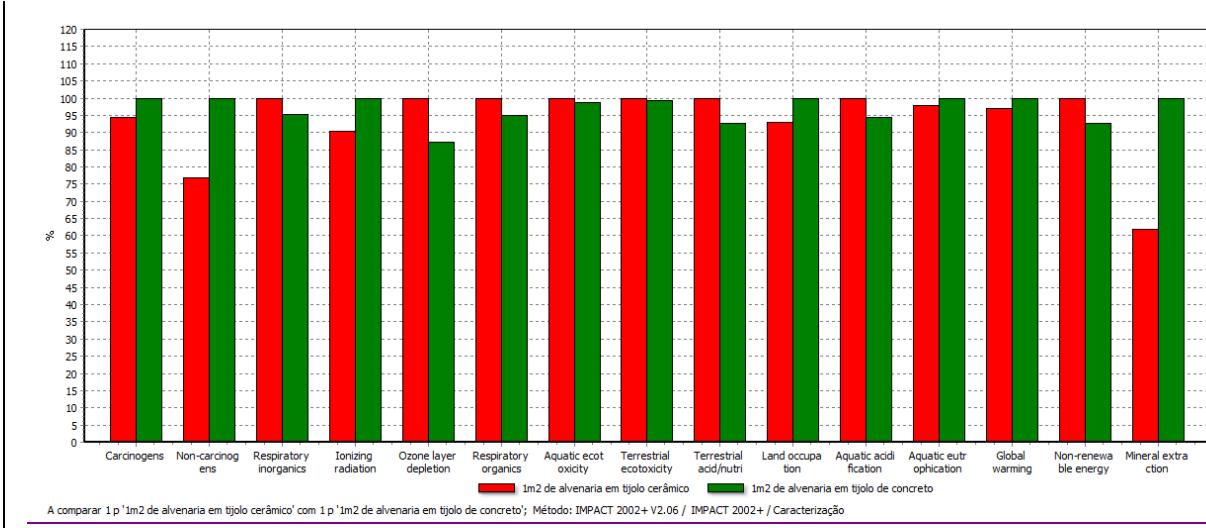
**Figura 3 - Inventário e fluxo de cargas ambientais do tijolo cerâmico.**

A figura 4 apresenta o inventário e fluxos de cargas ambientais de um metro quadrado de alvenaria estrutural de bloco de concreto. Assim como no caso do bloco cerâmico, impactos relativos ao transporte, são de maior contribuição.



**Figura 4 - Inventário e fluxo de cargas ambientais do bloco de concreto.**

A comparação dos impactos ambientais do tijolo cerâmico vazado e do bloco de concreto para execução de um metro quadrado de alvenaria estrutural realizado através da ferramenta SimaPro com o banco de dados Ecoinvent e método de avaliação de impacto de ciclo de vida Impact 2002+ é apresentada na figura 5.



**Figura 5 – Comparativo dos impactos ambientais do tijolo cerâmico e do bloco de concreto.**

Os resultados apresentados são percentuais. Considera-se o sistema de maior impacto e relativiza o impacto que o segundo sistema tem com relação a este. No item de ocupação do solo, por exemplo, a alvenaria de tijolo de concreto é a mais impactante e a alvenaria em tijolo cerâmico impacta aproximadamente 95% do referente ao tijolo de concreto. Nota-se, inicialmente, que os dois sistemas construtivos possuem impacto ambientais muito próximos, com diferenças de aproximadamente 5% em média, apresentando piores resultados para a alvenaria de tijolo cerâmico.

Desta forma, a alvenaria em tijolo cerâmico, possui maior impacto no que diz respeito aos componentes inorgânicos e orgânicos na respiração, depleção da camada de ozônio, ecotoxicidade aquática e terrestre, acidificação aquática e terrestre e uso de energia renovável. Nas demais categorias de impacto, a alvenaria em tijolo de concreto se apresentou como sistema mais impactante.

Considerando as áreas de proteção, saúde humana, qualidade do ecossistema, mudança climática e esgotamento de recursos naturais, podemos fazer as seguintes considerações:

- A alvenaria em tijolo cerâmico provoca maior impacto na saúde humana, pois emite componentes orgânicos e inorgânicos respiratórios e reduz a camada de ozônio. Por outro lado, o ciclo de vida da alvenaria em tijolo de concreto tem emissões embutidas potencialmente cancerígenas.
- Quanto à qualidade do ecossistema, a alvenaria em tijolo de concreto tem maior ocupação do solo e potencial de eutrofização aquática. Nas demais categorias, ecotoxicidade terrestre e aquática, acidificação terrestre e aquática a alvenaria de tijolo cerâmico se apresentou com maior impacto.
- Quanto à mudança climática, a alvenaria em tijolo de concreto possui maior impacto no quesito aquecimento global.
- A alvenaria em tijolo cerâmico apresenta maior impacto no que diz respeito ao uso de energia não renovável, embora na categoria extração mineral a alvenaria de tijolo em concreto apresente maior impacto. Desta forma, o esgotamento dos recursos naturais a alvenaria em tijolo de concreto possui um impacto maior, já que a extração mineral para fabricação do tijolo cerâmico representa 60% do impacto gerado pela fabricação do tijolo em concreto.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicaram que o tijolo vazado cerâmico possui maior impacto ambiental em grande parte das categorias ambientais prevista na metodologia Impact 2002+. O estudo foi realizado considerando somente a realização de um metro quadrado de alvenaria e utilizando banco de dados e

caraterização de impacto europeus. Como sugestão para aprimoramentos futuros das pesquisas tem-se o levantamento de dados nacionais para realização de novas ACV, assim como o desenvolvimento de Análises de Ciclo de Vida de edificações completas a fim de verificar se um edifício em alvenaria estrutural de tijolo cerâmicos terá melhor desempenho ambiental que um edifício de blocos de concreto, considerarmos as varíaveis dos processos construtivos e demais materiais de construção utilizados.

## 5 REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

- GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul.** 2001. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- HEIJUNGS, R. et al. 1996. **Life cycle assessment: What it is and how to do it.** Paris: UNEP. 91p. handbook. p. 20.1-20.20.
- ISO 14040:2006 Environmental Management – Life Cycle Assessment Principles and Framework.
- ISO 14044:2006 Environmental Management – Life Cycle Assessment Requirements and guidelines.
- JOHNSON, T. W. **Comparison of environmental impacts of steel and concrete as building materials using the life cycle assessment method.** 2006. 156p. Dissertação (Master of Science in Civil and Environmental Engineering). Massachusetts Institute of Technology, Boston, 2006.
- JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P. **Levantamento do Estado da Arte: Seleção de materiais.** In: HABITAÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL. Projeto: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável, São Paulo, 2007.
- JOLLIET O, MARGNI M, CHARLES R, HUMBERT S, PAYET J, REBITZER G, ROSENBAUM R (2003): IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. **Int J LCA** 8 (6) 324 – 330.