

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA A REALIZAÇÃO DE ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) PARA PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO¹

**SILVA, Fernanda (1); ARDUIN, Rachel (2); SOUZA, Caroline (3); VINHAL, Laís (4);
TEIXEIRA, Cláudia (5); OLIVEIRA, Luciana (6)**

(1) IPT, e-mail: fbsilva@ipt.br; (2) IPT, e-mail: rachel@ipt.br; (3) IPT, e-mail: caroline@ipt.br; (4) UFScar, e-mail: laiscruzeiro@yahoo.com.br; (5) IPT, e-mail: cteixeira@ipt.br; (6) IPT, e-mail: luciana@ipt.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é discutir aspectos metodológicos relacionados à aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), do berço ao portão, para avaliação de desempenho ambiental de produtos da construção. A metodologia consiste no estudo das normas e referências sobre ACV e na coleta de dados primários para elaboração de inventários de ciclo de vida de produtos de construção, apresentando-se neste artigo o estudo de caso do bloco de concreto estrutural. São discutidos os seguintes aspectos metodológicos: definição do objetivo e escopo; obtenção de dados primários; obtenção e adaptação de dados secundários; alocação; incertezas; cálculo de indicadores ambientais e cuidados na divulgação dos resultados. Conclui-se que, apesar da complexidade, a ACV quando bem fundamentada permite uma avaliação objetiva do desempenho ambiental de produtos da construção, podendo subsidiar melhores tomadas de decisão com base em critérios ambientais.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida. Desempenho Ambiental. Sustentabilidade. Produtos de Construção.

ABSTRACT

The aim of this work is to discuss methodological aspects related to the application of cradle-to-gate Life Cycle Assessment (LCA) to assess the environmental performance of construction products. The methodology consists of a review of standards and references about LCA, followed by primary data collection in order to develop life cycle inventories of construction products. This work presents the case study of the structural concrete block. The following methodological aspects are discussed: aim and scope definition; primary data collection; secondary data collection and adaptation; allocation; uncertainties; environmental impact indicators calculation and precautions in the disclosure of results. We conclude that, besides the complexity, when properly carried out, LCA allows an objective assessment of the environmental performance of building products, being thus able to subsidize better decision making based on environmental criteria.

Keywords: Life Cycle Assessment. Environmental Performance. Sustainability. Construction Products.

¹ SILVA, Fernanda *et al.* Aspectos metodológicos para a realização de estudos de avaliação de ciclo de vida (ACV) para produtos de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com sustentabilidade na construção traz à tona a necessidade de métodos confiáveis e objetivos de avaliação do desempenho ambiental (LASVAUX et al., 2015).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método normatizado pela NBR ISO 14040 (ABNT, 2014) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2014a), que visa quantificar os impactos ambientais de qualquer produto, seja ele um bem ou um serviço, ao longo do seu ciclo de vida (LASVAUX et al., 2015). Como ciclo de vida, entende-se *“estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final”* (ABNT, 2014a).

No Brasil, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e o Ministério do Meio Ambiente indicam a ACV como método adequado para a avaliação de aspectos ambientais de produtos de construção (CBCS, MMA, PNUMA, 2014). O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) publicou recentemente a Portaria nº 100 (INMETRO, 2016), que institui o Programa de Rotulagem Ambiental Tipo III – DAP, no âmbito do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV), baseado na NBR ISO 14025 (ABNT, 2015). Observa-se, portanto, que o tema vem se consolidando no país.

No entanto, é necessário que o desenvolvimento de estudos de ACV esteja pautado por aspectos metodológicos adequados. Um exemplo é o uso de dados compatíveis com o contexto retratado, pois estudos de ACV requerem uma quantidade significativa de informações. A base nacional de inventários de ciclo de vida (ICV) ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento, sendo necessário recorrer a bases de dados internacionais, o que requer adaptações ao cenário nacional, tal como explorado por Colodel (2008) e Oliveira et al. (2013).

Além disso, por ser uma avaliação de caráter sistêmico e complexo, são necessários cuidados quanto a aspectos metodológicos estipulados pelas normas técnicas e documentos de referência sobre o tema, para garantir a credibilidade dos estudos de ACV.

O presente trabalho discute alguns destes aspectos metodológicos, relativos ao uso da ACV para avaliação do desempenho ambiental de produtos da construção, considerando o contexto brasileiro.

2 METODOLOGIA

Esta discussão é fruto de um projeto de pesquisa, cujo objetivo é estabelecer um método para a avaliação do desempenho ambiental de produtos de construção, com base em ACV, considerando desde a extração de recursos naturais até o produto pronto e estocado na fábrica, o que na nomenclatura de ACV é conhecido como *“berço ao portão”*.

O desenvolvimento do método se baseou inicialmente na revisão das principais normas técnicas sobre ACV, além do ILCD Handbook (EUROPEAN

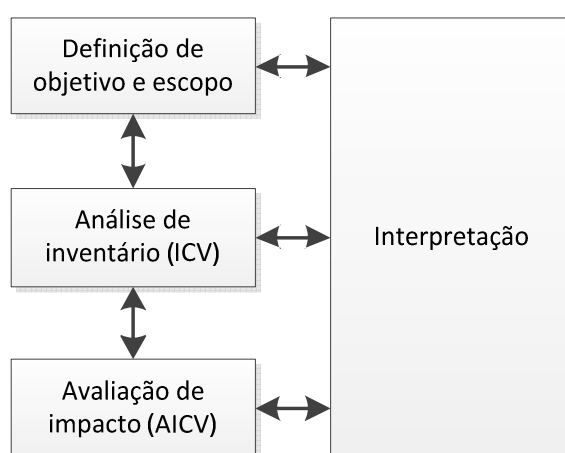
COMISSION, 2010). Realizaram-se visitas a fabricantes nacionais para coleta de dados do processo de fabricação dos produtos de construção. Para os processos à montante, utilizaram-se dados de literatura e da base de dados Ecoinvent (versão 3.1), com adaptações. A compilação dos dados de inventário foi feita utilizando-se o software Simapro, versão 8.1.1.16.

Neste artigo, os aspectos metodológicos serão abordados por meio do estudo de caso do bloco de concreto estrutural.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA A REALIZAÇÃO DE ESTUDOS DE ACV

Conforme a NBR ISO 14040 (ABNT, 2014), a Avaliação de Ciclo de vida consiste das fases apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Fases de uma ACV.



Fonte: NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a).

Detalhes destas fases serão abordados nos itens subsequentes. Dependendo do objetivo, o estudo pode não incluir a fase de avaliação de impacto e, neste caso, é denominado estudo de ICV (ABNT, 2014a).

Observa-se, portanto, que a ACV é uma técnica iterativa, sendo necessárias sucessivas análises críticas e eventuais revisões de fases anteriores para garantir a consistência do estudo.

3.1 Definição do objetivo e escopo

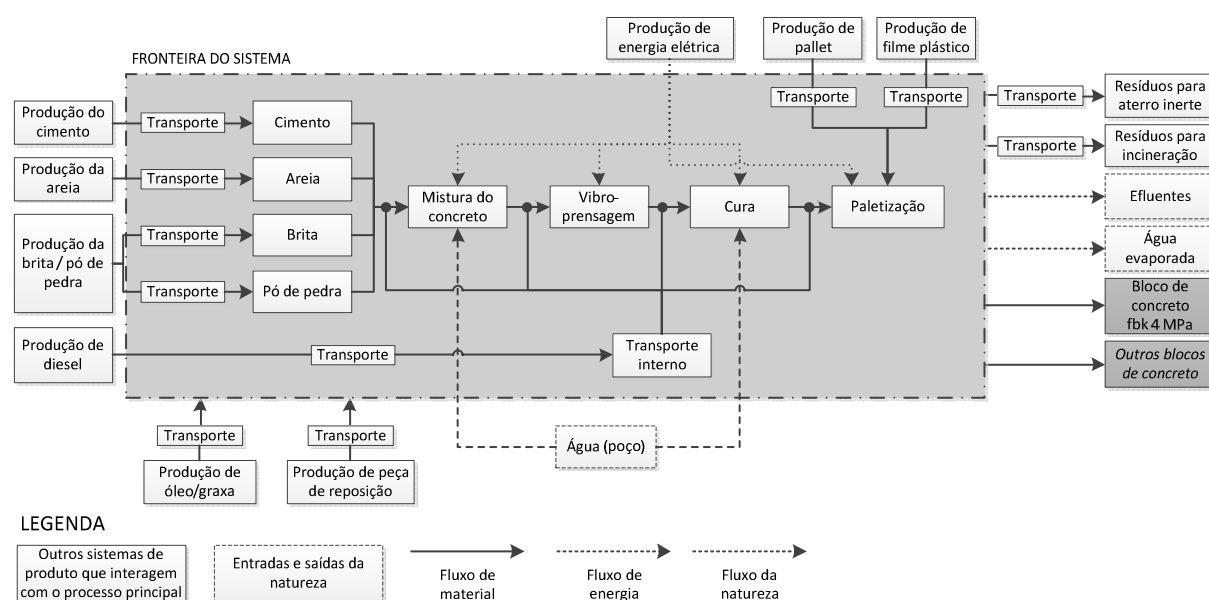
Na definição do objetivo, devem constar a aplicação e a justificativa do estudo, pois isso influencia o nível de detalhamento dos dados (ABNT, 2014). No exemplo, o objetivo consistiu apenas em caracterizar o desempenho ambiental do bloco de concreto do berço ao portão, o que permitiu coletar os dados de forma agregada (ex.: consumo de energia elétrica da fábrica como um todo). Contudo, se o objetivo fosse identificar oportunidades de melhoria do desempenho ambiental da fabricação, seriam necessários dados unitários para cada etapa do processo (ex.: consumo de energia elétrica de cada máquina).

No objetivo deve-se informar o público-alvo e se os resultados serão utilizados em afirmações comparativas, o que exige cuidados específicos, conforme será discutido no item 3.8. No caso, o público-alvo são consumidores técnicos dos blocos de concreto, e não se previram comparações.

O ponto fundamental do escopo consiste na definição do sistema de produto e da sua unidade funcional, à qual os resultados de estudos de ACV são correlacionados. A Figura 2 ilustra a definição do sistema de produto do bloco de concreto, do berço ao portão.

A modelagem do sistema de produto inclui a identificação de todos os processos, com suas entradas (matérias-primas, materiais auxiliares, água e energia) e saídas (produto ou produtos, no caso de processos de fabricação que resultem em múltiplos produtos; resíduos para tratamento; e emissões para o ar, água e solo).

Figura 2 - Definição do sistema de produto para o bloco de concreto.



Não foram incluídas no sistema de produto do exemplo as fases de obra, de uso do edifício e de demolição. Portanto, não está sendo considerado todo o ciclo de vida do produto e, por este motivo, não se pode afirmar que a análise em questão é um "estudo de ACV" (ISO, 2007). Trata-se de uma avaliação do desempenho ambiental do produto "com base em ACV".

A unidade funcional é o desempenho quantificado do sistema de produto, utilizada como unidade de referência (ABNT, 2014). Entretanto, quando o escopo não cobre todo o ciclo de vida do produto, adota-se o termo "unidade declarada" (ISO, 2007). A unidade declarada adotada foi 1 kg de bloco de concreto de 14 x 19 x 39 cm e resistência característica à compressão de 4 MPa. Um exemplo de unidade funcional seria "1 m² de parede estrutural com isolamento sonora $R_w = 30$ dB, com vida útil de 40 anos".

Nesta fase devem ser especificados os critérios de corte, pois é impossível, na prática, considerar 100% das entradas e saídas de um sistema de produto. A

NBR ISO 14044 (ABNT, 2014a) recomenda adotar três critérios simultâneos: massa, energia e significância ambiental. Os dois primeiros são expressos em termos das entradas que, cumulativamente, contribuam com uma porcentagem da massa ou da energia total (no exemplo, adotou-se 95%). Quanto à significância ambiental, incluíram-se itens que causassem toxicidade ao meio-ambiente ou fossem classificados como resíduos perigosos conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004) – por exemplo, o óleo de manutenção das máquinas, que seria excluído pelos demais critérios.

Ainda nesta fase, devem-se escolher os indicadores de impacto ambiental e os métodos para seu cálculo, pois isso subsidia a coleta de dados (ex.: para avaliar um indicador de impacto relacionado à qualidade da água, pode ser necessário efetuar uma análise química dos efluentes). Este tópico será abordado no item 3.6.

3.2 Coleta de dados primários

A coleta de dados é a etapa que mais demanda esforço e tempo no estudo de ACV e se divide entre dados primários, ou seja, obtidos diretamente dos locais de produção, e dados secundários (item 3.3). Considerando-se o objetivo estabelecido, foram coletados dados primários da fábrica de blocos de concreto (processo principal). Para isso, elaborou-se um formulário de coleta de dados, que contemplou:

- As especificações e quantidades de todas as entradas;
- As origens das entradas, os tipos de veículo e distâncias de transporte;
- Os equipamentos utilizados e os respectivos tempos de uso e consumo de combustível;
- O consumo mensal de energia elétrica;
- As quantidades de materiais gastos e periodicidade de operações de manutenção;
- As quantidades de resíduos e sua destinação;
- Dados mensais de produção em termos de quantidade e massas unitárias, por tipo de bloco.

Os dados de produção possibilitam a correlação das entradas e saídas à unidade declarada (ex.: kWh/kg de bloco).

A maior parte dos dados foi obtida de controles de produção do fabricante, exceto à água, pois não havia controle da quantidade gasta na câmara de cura, sendo necessário interromper o bombeamento de água do poço e medir o volume consumido e o número correspondente de blocos curados. Outra medição necessária para relatar os fluxos de água é a da umidade dos agregados; entretanto, não foi possível fazê-la e este índice foi estimado baseado na literatura. Sugere-se enviar com antecedência o formulário de coleta de dados ao fabricante, para que o mesmo possa organizar os dados existentes e providenciar as informações eventualmente não controladas até

então.

Além disso, devido à contribuição voluntária do fabricante para a pesquisa, foram disponibilizados dados de apenas um mês de produção. Recomenda-se, no entanto, coletar dados referentes a no mínimo um ano, para contemplar eventuais sazonalidades e variações no processo de produção. Doze meses também é o período mínimo de cobertura dos dados para a elaboração de Declarações Ambientais de Produto conforme a DIN EN 15804 (DIN, 2014).

3.3 Uso de dados secundários

Considerando-se a impossibilidade de coleta de dados primários em todas as instalações de processos à montante (fábrica de pallets, usina de geração de energia, entre outros), é comum o uso de dados secundários. Entretanto, deve-se observar tanto a qualidade destes dados, quanto sua representatividade na realidade local. As fontes destes dados devem ser identificadas e documentadas.

Uma das fontes de dados para estudos de ACV são bases de dados internacionais, considerando que o sistema nacional de inventários de ciclo de vida ainda está em desenvolvimento. Adotou-se no estudo a base de dados Ecoinvent, devido à apresentação dos ICVs de forma detalhada e à disponibilidade de metadados, o que permite realizar adaptações à realidade brasileira, tais como:

- Adotou-se um tipo de cimento com teor de clínquer correspondente ao CP-V-ARI, utilizado no bloco de concreto em estudo;
- Adotou-se um módulo para a operação dos caminhões de transporte com o padrão “Euro 3” de emissões, que corresponde ao padrão brasileiro “Proconve P5”, predominante na frota de caminhões circulante no país (ANP, 2013; BRASIL, 2014);
- Adotou-se um módulo disponível no Ecoinvent de fornecimento de eletricidade que considera a matriz energética brasileira;
- Analisaram-se os ICVs para a produção de areia e brita e constatou-se que há diferenças significativas entre o Ecoinvent e as condições brasileiras. Considerando-se que os agregados compõem grande parte da massa do produto, realizou-se o levantamento de dados primários também em fornecedores de areia e brita, pois não havia dados nacionais de literatura na qualidade e configuração desejadas.

Para os demais dados, foram adotados os ICVs disponíveis no Ecoinvent.

3.4 Construção do inventário

No inventário de ciclo de vida, os dados precisam ser correlacionados à unidade funcional ou declarada.

Para as matérias-primas do concreto, o cálculo consistiu em dividir o consumo pela massa do bloco. Para o pallet, levantou-se sua vida útil

(número de usos antes do descarte) e a quantidade de blocos carregados neste período. Para o molde de aço da vibroprensa, estimou-se a vida útil (em ciclos), sua massa e o número de blocos prensados por ciclo. Para os demais itens, (por exemplo, energia elétrica), com dados mensais, dividiu-se o consumo pela produção do mês, expressa em massa.

Entretanto, há alguns itens do ICV que não foram medidos. Para o cálculo das saídas de água (evaporação e efluentes), adotou-se o seguinte procedimento:

- Calculou-se a entrada de água para mistura do concreto, composta pela água da umidade dos agregados e da água adicionada ao misturador;
- A literatura indica que a quantidade de água que reage com o cimento corresponde à 23% da massa de cimento (NEVILLE; BROOKS, 2013). Descontou-se essa quantidade da água de mistura e considerou-se que o restante evapora na secagem do bloco;
- Considerou-se que toda a água utilizada na cura úmida do bloco condensa na câmara, é captada e se torna efluente.

É importante documentar a memória de cálculo do inventário, para permitir sua verificação por alguém que não tenha participado diretamente da coleta de dados ou mesmo por uma terceira parte, o que é necessário quando se fazem afirmações comparativas divulgadas publicamente (ABNT, 2014a). Recomenda-se ainda o cálculo do balanço de massa e de energia dos processos, para conferir se as quantidades de entradas e saídas correspondem.

3.5 Alocação

É possível que o produto para o qual o estudo de ACV está sendo desenvolvido seja proveniente de um processo de fabricação que gere outros produtos (o que na nomenclatura de ACV é denominado como “co-produtos”) e que não seja viável coletar as informações de inventário separadamente para cada produto. Neste caso, torna-se necessária a divisão “artificial” das entradas e saídas entre os co-produtos, o que é denominado “alocação”.

A NBR ISO 14044 (ABNT, 2014a) apresenta a seguinte hierarquia de procedimentos de alocação:

1. Evitar a alocação, por meio da subdivisão dos processos elementares ou expansão do sistema. Essa orientação nem sempre é viável: no exemplo, a subdivisão significaria obter dados específicos para cada produto (ex.: consumo de água para cura de cada tipo de bloco, sendo que blocos de diferentes tipos ficam juntos na câmara de cura). A expansão do sistema, no exemplo, consistiria em declarar o impacto conjunto de todos os tipos de bloco, o que prejudica o uso posterior do dado, pois eventuais comparações teriam de ser feitas pelo conjunto;

2. Quando a alocação não pode ser evitada, devem-se subdividir as entradas e saídas entre os produtos de maneira a refletir as relações físicas entre eles. Este foi o procedimento adotado no caso do consumo energético, com alocação proporcional à massa dos vários tipos de bloco (blocos mais pesados consomem maior energia de vibroprensagem);
3. Quando uma relação física não pode ser estabelecida, devem-se utilizar outras relações entre os produtos (ex.: valor econômico).

Deve-se explicitar o método de alocação adotado.

3.6 Cálculo dos indicadores de impacto ambiental

É necessário realizar a correlação dos aspectos ambientais quantificados por meio do inventário com as categorias de impacto ambiental. Um exemplo de aspecto ambiental seria "consumo de combustíveis fósseis", enquanto o impacto ambiental correspondente seria o "potencial de aquecimento global" em função dos gases de efeito estufa gerados na combustão.

A seleção das categorias de impacto deve refletir um conjunto abrangente de questões ambientais relacionadas ao sistema de produto em estudo (ABNT, 2014a). A seleção de um único indicador não configura um "estudo de ACV" – por exemplo, ao considerar apenas a categoria "potencial de aquecimento global", trata-se de um "estudo de pegada de carbono".

A correlação dos aspectos aos impactos ambientais é feita pelos métodos de avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV), por meio de "fatores de caracterização". O Quadro 1 apresenta os fatores de caracterização método do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), para transformação de gases com potencial de aquecimento global no indicador kgCO₂equivalente.

Quadro 1 – Fatores de caracterização de algumas substâncias para potencial de aquecimento global (horizonte de 100 anos).

Substância	Potencial de aquecimento global (kgCO ₂ equivalente)
Dióxido de carbono	1
Metano	34
Óxido Nitroso	298

Fonte: Adaptado de IPCC (2013).

O Quadro 2 apresenta os resultados de AICV do bloco de concreto, aplicando-se o método ReCiPe (GOEDKOOOP et al., 2009), versão 1.12 – *Hierarchist* disponível no Simapro, para algumas categorias de impacto. O potencial de aquecimento global é calculado conforme o IPCC (2013).

Quadro 2 – Resultados de AICV para 1 kg de bloco de concreto pelo método ReCiPe.

Categoria de Impacto	Indicador de categoria	Resultado
Potencial de aquecimento global	kg CO ₂ equivalente	0,0971
Depleção de água	m ³	0,0034
Acidificação terrestre	kg SO ₂ equivalente	0,0003

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dependendo do objetivo, pode-se realizar apenas um estudo de ICV e interpretar os dados coletados – por exemplo, quantificar o consumo acumulado de energia e água. Nesse caso, deve-se mencionar que esses indicadores não quantificam o impacto ambiental do produto, porque não mensuram a interação desses aspectos com a natureza.

Convém comparar os resultados com estudos semelhantes. No exemplo, realizou-se a comparação com CBCS (2015), para o indicador de potencial de aquecimento global, e verificou-se que o índice obtido está dentro da faixa de valores indicada pelo outro estudo, ainda que os números não sejam diretamente comparáveis, pois no estudo do CBCS utilizou-se apenas CO₂, e não CO₂equivalente.

3.7 Incertezas

Embora não seja obrigatória (exceto nos casos de afirmações comparativas a serem divulgadas publicamente), a estimativa de incertezas é parte importante da ACV, uma vez que nem os resultados de inventário, nem os indicadores de impacto ambiental são exatos, mesmo quando avaliados para uma única fábrica.

Existem vários procedimentos para a estimativa de incertezas. Quando há uma série temporal de dados, é possível atribuir uma distribuição de probabilidade e calcular parâmetros estatísticos. Há também procedimentos qualitativos, como a matriz de Pedigree, adotada pelo Ecoinvent (WEIDEMA et al., 2013), que atribui notas relativas à qualidade dos dados e as correlaciona a parâmetros estatísticos, sendo útil sobretudo para estimar incertezas de dados extrapolados desta base.

Realizou-se a estimativa de incertezas pela matriz de Pedigree para o bloco de concreto, utilizando-se a simulação de Monte Carlo disponível no Simapro, com 1000 iterações. Para o indicador “potencial de aquecimento global”, obteve-se o seguinte resultado: média 0,098 kg CO_{2,eq}/kg bloco e coeficiente de variação 10,5%. Dessa forma, o valor pode variar entre 0,079 e 0,12 kg CO_{2,eq}/kg bloco em um intervalo de confiança de 95%, para uma distribuição lognormal.

3.8 Divulgação dos resultados

Os resultados do estudo de ACV devem ser apresentados com transparência. Isto é, as premissas, os critérios de corte, os procedimentos de alocação, fontes dos dados primários e secundários, escolha de métodos de

AICV, entre outros, devem ser reportados claramente, para que o estudo seja passível de reprodução e de verificação.

Em estudos de ACV comparativos, deve-se conduzir um painel de revisão com pelo menos três membros das partes interessadas (incluindo eventuais competidores ou indústrias afetadas), coordenado por um especialista independente externo (ABNT, 2014a). As informações de todos os produtos alvos da comparação devem ser coletadas e tratadas com rigor semelhante.

4 CONCLUSÕES

Ainda que as normas técnicas apresentem a estrutura para a realização de estudos de ACV, existem diversas escolhas metodológicas que são feitas pelos autores e que determinam a representatividade e a confiabilidade destes estudos.

A definição criteriosa do sistema de produto, da unidade funcional ou declarada e dos critérios de corte é fundamental. A coleta de dados primários deve ser planejada para subsidiar a construção do ICV, assim como a busca por dados secundários compatíveis com a realidade retratada. Os indicadores de impacto ambiental devem refletir a abrangência das interações do sistema de produto com o meio ambiente. A estimativa de incertezas permite a correta interpretação e divulgação dos resultados. A comparação entre produtos deve ser realizada com cautela e requer que estes produtos sejam avaliados pela mesma abordagem metodológica.

Apesar da complexidade relacionada à realização de estudos de ACV, eles permitem avaliar objetivamente o desempenho ambiental dos produtos, contribuindo assim para melhores tomadas de decisão baseadas em aspectos ambientais na construção civil.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio ao IPT pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014a.

_____. **NBR ISO 14025**: Rótulos e declarações ambientais - Declarações ambientais de Tipo III - Princípios e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ANP AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 50, de 23.12.2013. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 23 dez. 2013. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/dezembro/ranp%2050%20-%202013.xml?fn=document-frameset.htm\\$f=templates\\$3.0](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/dezembro/ranp%2050%20-%202013.xml?fn=document-frameset.htm$f=templates$3.0)>. Acesso em: 16 abr. 2016.

BRASIL. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. 2014. Disponível em: <http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2016.

BORGHI, A. D. LCA and communication: Environmental Product Declaration. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 293-295, 2013.

CBCS CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Projeto de avaliação de ciclo de vida modular de blocos e pisos de concreto**. 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/ACV-m/CBCS_ACV-blocos-concreto.pdf>. Acesso em 18 abr. 2016.

CBCS CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; MMA MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; PNUMA PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas: subsídios para promoção da construção civil sustentável**. 2014. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>>. Acesso em 18 abr. 2016.

COLODEL, C. M. T. Systematic approach for the transferability of life cycle inventory data between countries. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECOBALANCE, 8. 2008, Tokyo. **Anais...** Tokyo: ILCAj, 2008. p. 327-331.

DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15804**. Sustainability of construction works – Environmental Product Declarations – Core rules for the product category of construction products. Berlim, 2014.

EUROPEAN COMMISSION. **ILCD Handbook: General guide for life cycle assessment – Detailed Guidance**. 2010. Disponível em: <<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>> Acesso em 18 abr. 2016.

GOEDKOOPE, M. et al. **ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level**. 2009. Disponível em: <<http://www.lcia-recipe.net/publications>> Acesso em 15 de junho de 2016.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 21930**: Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products. Genebra, 2007.

INMETRO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA.

Portaria nº 100, de 07 mar. 2016. Disponível em: <
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002391.pdf> >. Acesso em 18
abr. 2016.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. **Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, NY, USA, 1535 p.

LASVAUX et al. Comparison of generic and product-specific Life Cycle Assessment databases: application to construction materials used in building LCA studies. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.20, n.11, p. 1473-1490, 2015

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Porto Alegre: Bookman, 448p, 2013

OLIVEIRA, L.A., et al.. Adapting existing life cycle inventory of building products for the Brazilian context. In: SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 2013, Graz. **Anais...** Graz: Tu Graz, 2013.

WEIDEMA, B. P. *et al.* **Overview and methodology: Data quality guideline for the Ecoinvent database version 3**. St. Gallen: The Ecoinvent Centre, 2013. p. 70-79.