



“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Benefícios da integração da avaliação do Ciclo de vida no processo de desenvolvimento de produto

LUZ, L. M. ^{a*}, FRANCISCO, A. C. ^a, PIEKARSKI, C. M.

a. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa

**Corresponding author, leila.mendesdaluz@gmail.com*

Resumo

O desenvolvimento de produtos sustentáveis tem sido percebido como uma questão desafiadora na academia e na indústria. Com o intuito de atender as demandas do desenvolvimento sustentável e minimizar a complexidade que envolve esse processo, ferramentas vem sendo desenvolvidas e aplicadas ao processo de desenvolvimento de produto (PDP). Dentre elas cita-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que tem sido cada vez mais utilizada para avaliar os impactos ambientais dos produtos e uma nova tendência resulta na aplicação da ACV ainda no PDP, deixando de ser retrospectiva para ser prospectiva. Podendo assim, trazer vários benefícios para a organização. Diante disso, o presente artigo tem como objetivo fazer um levantamento dos principais benefícios obtidos pela integração da ACV no PDP. Para isso foi utilizada uma abordagem metodológica de revisão da literatura. Com este estudo pode-se perceber que apesar das barreiras encontradas na integração da ACV no PDP, a ACV tem grande potencial para contribuir significativamente na otimização desse processo e resultar em vários benefícios para a organização.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida, processo de desenvolvimento de produto, integração, benefícios.

1. Introdução

O ambiente altamente competitivo em que as empresas estão inseridas, bem como a busca por um diferencial em relação aos seus concorrentes torna-se cada vez mais importante para as organizações buscarem ou manterem uma posição no mercado. Este diferencial pode ser alcançado, dentre outras coisas, através da adoção de práticas que contribuam para o desenvolvimento sustentável. Neste contexto, de acordo com Moreno et al. (2011), um aspecto importante da sustentabilidade é o movimento em direção a produtos mais sustentáveis.

Atualmente, clientes exigem produtos sustentáveis (PEDRAZZOLI, 2014; BAPTISTA 2014) e restrições governamentais em direção a produtos com características sustentáveis aumentam continuamente (GMELIN e SEURING, 2014). As empresas são então, estimuladas a projetar, fabricar e entregar produtos que forneçam valor para o cliente e sejam sustentáveis (GMELIN e SEURING, 2014). No entanto, o desenvolvimento de produtos sustentáveis tem sido percebido como uma questão desafiadora na academia e na indústria por várias décadas e representa um dos principais desafios enfrentados pela indústria do século 21 (MAXWELL e VORST, 2003; GMELIN e SEURING, 2014).

Um dos motivos desse desafio, de acordo com a ISO 14062 (ABNT, 2004), é o fato de que prever ou identificar os aspectos ambientais de um produto durante seu ciclo de vida pode ser complexo. Porém, algumas ferramentas podem ser empregadas para facilitar esse processo. Dentre elas destaca-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV é uma ferramenta utilizada para compreender e enfrentar os impactos causados pelos produtos ao longo do seu ciclo de vida (UNEP/SETAC, 2009). Pode ser aplicada tendo em vista objetivos para tomada de decisões em diferentes situações, como para a avaliação do impacto ambiental da empresa em termos de melhorias de produtos e desenvolvimento de produto ou inovações (GUINÉE, 2001).

Por envolver todo o ciclo de vida do produto, a ACV permite obter uma visão global do sistema do produto, proporcionando um melhor entendimento da interação existente entre a atividade industrial e o meio ambiente, auxiliando na tomada de decisão e no planejamento estratégico da organização. Podendo assim, ser utilizada, entre outras coisas, no processo de desenvolvimento de produto, visando a melhoria dos impactos causados pelos mesmos.

A ACV tem sido cada vez mais utilizada para avaliar os impactos ambientais dos produtos. Uma nova tendência resulta na aplicação da ACV ainda no processo de desenvolvimento de produto (PDP), deixando de ser retrospectiva para ser prospectiva. Podendo assim, trazer vários benefícios para a organização.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo fazer um levantamento dos principais benefícios obtidos pela integração da ACV no PDP. Para isso foi utilizada uma abordagem metodológica de uma revisão sistemática da literatura.

2. Avaliação do ciclo de vida

De modo geral, a ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto, processo ou serviço, mediante a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto, a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas, a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e, de avaliação de impactos em relação aos objetivos do estudo (ABNT, 2009a; ILCD, 2010).

A ACV utiliza uma abordagem conhecida pela expressão do "berço-ao-túmulo" (cradle-to-grave), iniciando com a extração de matérias-primas da natureza, passando pela produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem e terminando no momento em que todos os materiais são devolvidos para a natureza (disposição final) (EPA, 2006; LUGLIETTI et al, 2016). A ACV avalia todas as fases do ciclo de vida de um produto a partir da perspectiva de que eles são interdependentes, o que significa que uma operação leva a próxima. Assim, a ACV permite estimar os impactos ambientais cumulativos resultantes de todas as fases do ciclo de vida do produto, incluindo muitas vezes impactos não considerados em análises mais tradicionais, como por exemplo, extração de matéria-prima, transporte de material, descarte do produto final, etc. (EPA, 2006).

No contexto da tomada de decisão, não existe uma solução única que defina a melhor forma de aplicação da ACV. Conseqüentemente, "cada organização tem que resolver e decidir essa questão caso a caso, dependendo - entre outros fatores - do tamanho e da cultura da organização, de seus produtos, estratégia, sistemas internos, ferramentas e procedimentos, assim como de influências externas" (ABNT, 2009a, p.20).

Com isso, mediante justificativa adequada a ACV pode ser utilizada em diversas aplicações (ABNT, 2009a). Como na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida, na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não-governamentais (por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reprojeto de produtos ou processos); seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição, e, no *marketing* (por exemplo, uma declaração ambiental, um programa de rotulagem ecológica ou uma declaração ambiental de produto).

Ao incluir os impactos durante todo o ciclo de vida do produto, a ACV oferece uma visão abrangente dos aspectos ambientais do produto ou processo e um quadro mais preciso das verdadeiras compensações ambientais na seleção de produtos e processos (EPA, 2006).

Por tudo isso, de acordo com a UNEP (2015) a Avaliação do Ciclo de Vida é um instrumento eficaz para as organizações, proporcionando-lhes uma base científica sólida para apoiar decisões para o consumo e produção sustentáveis.

3. Avaliação do Ciclo de Vida integrada ao processo de desenvolvimento de produto

Produtos e serviços provocam impactos sobre o meio ambiente, que podem acontecer durante todos os estágios do seu ciclo de vida: extração e produção das matérias primas, transporte, energia necessária, fabricação, distribuição, uso e disposição final (PNUMA, 2013).

A abordagem do ciclo de vida constitui-se como uma premissa para que um produto seja considerado sustentável, uma vez que a dimensão ambiental só pode ser alcançada com a redução significativa dos impactos causados pela extração, transformação, utilização e reutilização dos materiais (RUY, 2011). Evans *et al.* (2007) enfatiza que a oportunidade de influenciar as características sustentáveis de um produto é predominantemente na fase de desenvolvimento.

Sendo assim, autores argumentam que é necessário integrar considerações de sustentabilidade em todo o processo de desenvolvimento de produto (MAXWELL e VORST 2003; KAEBERNICK, KARA e SUN, 2003) não apenas na fase de produção. Deste modo, a produção sustentável é uma abordagem integrada em que os requisitos ambientais podem ser considerados em todas as fases de desenvolvimento de produto, por meio da aplicação de diversas metodologias (VINODH e RATHOD, 2010; GREMYR *et al.*, 2014; KAEBERNICK, KARA e SUN, 2003).

De acordo com PNUMA (2013), existem várias possibilidades para fazer a integração dos aspectos ambientais. De forma quantitativa pode ser feito utilizando a ACV, de forma quantitativa simplificada, mas menos precisa, pode ser feita utilizando indicadores ambientais desenvolvidos para este fim e, de forma qualitativa pode ser feita utilizando as diretrizes: usar o mínimo de material possível; facilitar a reciclagem dos produtos; usar materiais reciclados sempre que possível; não subestimar a energia consumida durante a vida útil do produto; aumentar a vida útil do produto.

De acordo com Nielsen e Wenzel (2002), reconhecendo que o desempenho ambiental de um produto ou um serviço não pode ser determinado apenas por processos qualitativos e seleção de materiais, a avaliação do ciclo de vida pode ser empregada para analisar as propriedades ambientais.

Khan *et al.* (2002) reforçam que destas possibilidades a ACV é amplamente aceita a nível internacional e industrial como ferramenta para quantificar os impactos ambientais causados pelos produtos. Isso se deve pelo fato de a ACV considerar todas as influências relevantes durante o ciclo de vida do produto, em vez de se concentrar apenas na variação de volume de material e energia (CHANG, LEE e CHEN, 2014).

A ACV tem sido empregada para analisar o perfil ambiental de diversos produtos. Numa nova perspectiva, a ACV deixa de ser uma análise retrospectiva, referente a sistemas e produtos conhecidos, para ser prospectiva, na perspectiva de limitar o encargo ecológico de produtos ainda a serem desenvolvidos (LOCKREY, 2015).

De acordo com Chang, Lee e Chen (2014), devido a utilidade da ACV, cada vez mais esforços têm sido dedicados a ajudar o processo de desenvolvimento de produto atingir a meta do desenvolvimento de produto sustentável. Segundo os autores, com o apoio da metodologia de ACV, os tomadores de decisão podem praticar desenvolvimento de produtos sustentáveis de uma maneira melhor.

Pesquisadores de todo o mundo têm definido abordagens diferentes para lidar com este desafio (COLLADO-RUIZ e GHORABI, 2015). Neste sentido, estudos abordam o uso da ACV no desenvolvimento de produto em diferentes aspectos, como: para comparar o perfil ambiental de um produto em relação a outro existente (YANG e CHEN, 2012; SOUZA e BORSATO, 2016), como apoio a

tomada de decisão (ASKHAM, GADE e HANSSSEN, 2012; POUDELET et al. 2012), na concepção de produto eco eficiente (KUO et al., 2016; BLENGINI et al., 2012), para avaliar alternativas de design (NG, 2016), para avaliar estratégias de melhoria em produtos (CHIANG, CHE e WANG, 2011; ASKHAM et al. 2012), definir estratégia de marketing (LOCKREY, 2015), pesquisa e desenvolvimento (SANDIN et al, 2014), inovação sustentável (RUSSO, RIZZI e MONTELISCIANI, 2014), entre outros.

No entanto, com base no estudo de um grande número de trabalhos de investigação relevantes, Chang, Lee e Chen (2014), concluíram que ainda existem muitas limitações nos trabalhos desenvolvidos no que se refere a abordagem desse tema. Segundo os autores os trabalhos desenvolvidos prestam mais atenção nas teorias e metodologias em vez de aplicações e, o processo de desenvolvimento de produto, que é uma das principais plataformas para a ACV, recebe relativamente pouca atenção na pesquisa.

De acordo com Baumann (2002), o momento do uso de uma ferramenta durante o processo de desenvolvimento do produto é importante. É geralmente reconhecido que o estágio conceitual é o mais influente em matéria de desempenho ambiental do produto.

Para Khan et al. (2002) a ACV pode ser utilizada em qualquer fase do desenvolvimento de produto, mas o maior potencial de utilização existe na fase de projeto conceitual e projeto detalhado. Chang, Lee e Chen (2014), também relatam que a ACV é aplicada com mais frequência na fase de projeto conceitual.

Segundo o estudo realizado por Chang, Lee e Chen (2014), o uso da ACV na fase de projeto conceitual, oferece uma abordagem para testar os conceitos do ponto de vista do impacto ambiental, sendo que o feedback obtido deve ser considerado, de modo a formular estratégias de design que podem auxiliar na obtenção de produtos mais sustentáveis.

Na fase de projeto, segundo os autores, a ACV pode ser empregada para decompor o processo em fluxos de materiais e energia, pois, grande parte dos impactos ambientais são produzidos quando os recursos são consumidos. A ACV é combinada com bases de dados para analisar o projeto do processo.

Além disso, de acordo com Chang, Lee e Chen (2014), para a tomada de decisão, onde as questões ambientais não podem ser ignoradas, a ACV pode proporcionar uma avaliação mais abrangente do sistema.

4. Benefícios e barreiras da integração da avaliação do Ciclo de vida no processo de desenvolvimento de produto

A utilização da ACV no PDP pode ser uma abordagem empresarial para a vantagem competitiva. A ISO 14062 (ABNT, 2004) aponta que a meta da integração dos aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produto é a redução dos impactos ambientais adversos do produto por todo o seu ciclo de vida.

No empenho em alcançar esta meta vários benefícios ambientais e econômicos podem ser alcançados (PNUMA, 2013). Neste sentido, a ACV pode contribuir para o alcance desses benefícios. De acordo com a ISO 14062 (ABNT, 2004) os potenciais benefícios obtidos pela organização, incluem: redução de custos, pela otimização do uso de materiais e energia, processos mais eficientes, redução da disposição de resíduos; estímulo a inovação e criatividade; identificação de novos produtos; atingir ou superar as expectativas dos clientes; melhoria da imagem da organização e/ou marca; incremento do conhecimento sobre o produto; redução de riscos; melhoria das relações com agências reguladoras e melhoria das comunicações internas e externas.

A maior parte do custo financeiro e ambiental de um produto resulta de decisões tomadas durante a fase de design. Por conseguinte, para reduzir o consumo de energia de um produto durante a fase de fabricação, considerações de energia devem ser incluídas na fase de concepção. Ao identificar onde a energia é usada durante a produção e como efetivamente é usada, o designer ganha uma visão sobre a eficiência energética do processo em relação a um produto. Este conhecimento pode capacitar o designer a explorar inteligentemente a adequação de um recurso de produto, um material e,

consequentemente, o processo de fabricação escolhido com minimização de energia em mente (SEOW et al,2016).

Além de auxiliar na redução de custos, os resultados obtidos por meio da ACV podem servir como impulsionadores para a inovação. De acordo com Russo, Rizzi e Montelisciani (2014), os impactos ambientais de todos os fluxos de energia e materiais identificados pela ACV são mapeados com objetivo de destacar os hot spots em que agir, possibilitando assim, encontrar soluções inovadoras e promover a inovação sustentável na identificação e concepção de novos produtos.

A ACV também tem o potencial para criar oportunidades para comercialização de produtos ecologicamente preferíveis através de uma estratégia de marketing de ciclo de vida. Neste sentido, a ACV se tornou uma ferramenta de benchmarking para stakeholders relacionados ao desenvolvimento de produtos, se constituindo em uma ferramenta de gestão externa de benchmarking para decisão no desenvolvimento de novos produtos, informando sobre decisões sobre opções de produto comparado aos concorrentes (LOCKREY, 2015).

Bonou, Olsen e Hauschild (2015) também apresenta benefícios obtidos pela aplicação da ACV no PDP. Segundo os autores a ACV quando aplicada ao PDP contribui para: identificar a importância relativa dos diferentes estágios do ciclo de vida e o que mais contribui para cada estágio; priorizar a definição de objetivos relacionados com a intensidade do impacto, o potencial de melhoria e a viabilidade para cada parte interessada; priorizar ações em todo o PDP e as partes interessadas da empresa; identificar os potenciais de redução de energia e de resíduos ao longo do ciclo de vida de acordo com a orientação interna para a economia de energia e redução de resíduos; desenvolver uma gestão da cadeia de abastecimento ambientalmente orientada.

De modo geral, a integração da sustentabilidade no PDP convencional pode ajudar as empresas a atingir os objetivos de competitividade e sustentabilidade a longo prazo, levando a uma situação ganha-ganha para a empresa e sociedade (CHEN, LAI e WEN, 2006). Além disso, benefícios como a redução das ineficiências no processo de produção também poderá ser alcançado, resultando em diferenciação e vantagens de custo (SIEGEL, 2009).

No entanto, a integração da ACV no PDP apresenta algumas barreiras. Muitas vezes é difícil conduzir uma ACV tradicional na fase de concepção devido a dados incertos e/ou desconhecidos (WANG, CHAN e LI, 2015). Existem informações detalhadas sobre o produto que geralmente não estão disponíveis nas fases iniciais do projeto. A Avaliação Simplificada do Ciclo de Vida tenta lidar com este problema, oferecendo apoio à decisão mais enxuta (BUCHERT et al, 2015; NG, 2016).

5. Considerações finais

Este artigo apresentou um levantamento de benefícios encontradas pela integração da ACV ao PDP. De modo geral, pode-se perceber que apesar das barreiras encontradas, a ACV tem grande potencial para contribuir significativamente na otimização do processo de desenvolvimento de produto e resultar em vários benefícios para a organização.

Isso ocorre pelo fato de que durante o processo de desenvolvimento de produto a ACV fornece informações que podem ser utilizadas como apoio a decisão em todas as fases do processo de desenvolvimento. Isso possibilita a ACV contribuir positivamente para desenvolvimento de produto sustentáveis e para a competitividade da organização a longo prazo.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação Araucária pelo apoio concedido.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14062:2004: Gestão Ambiental - Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produto. Brasil, 2004.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14040:2009 Versão Corrigida: 2014: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.
- Askham C. A, Hansen O. L; Gade A. L; Nereng G; Aaser C. P, Christensen P. 2012. Strategy tool trial for office furniture. *Int J Life Cycle Assess*, 17.
- Baumann, H.; Boons, F.; Bragd, A. 2002. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v.10.
- Blengini G. A; Busto M; Fantoni M; Fino D. 2012. Eco-efficient waste glass recycling: Integrated waste management and green product development through LCA. *Waste Management*, 32.
- Bonou, A.; Olsen, S.I.; Hauschild, M.Z. 2015. Introducing life cycle thinking in product development – A case from Siemens Wind Power. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 64.
- Buchert, T.; Neugebauer, S.; Schenker, S.; Lindow, K.; Stark, R. 2015. Multi-criteria decision making as a tool for sustainable product development – Benefits and obstacles. *Procedia CIRP*, 26.
- Chang, D.; Lee, C.K.M.; Chen, C.H. 2014. Review of life cycle assessment towards sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, v.83.
- Chen, Y. S.; Lai, S. B.; Wen, C. T. 2006. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, v. 67.
- EPA. Life cycle assessment: principles and practice. 2006. Disponível em: <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/pdfs/chapter1_frontmatter_lca101.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2015.
- Gmelin, H.; Seuring, S. 2014. Determinants of a sustainable new product development. *Journal of Cleaner Production*, v. 69.
- Gremyr, I.; Siva, V.; Raharjo, H.; Goh, T.N. 2014. Adapting the Robust Design Methodology to support sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, v. 79.
- Guinée, J. B; Gorée, M; Huppes, R, H. G.; Kleijn. R.; Koning, A.; Sleeswijk, L. O. A. W.; Suh, S.; Haes, H. A. U. 2001. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. Publisher: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- ILCD (INTERNATIONAL REFERENCE LIFE CYCLE DATA SYSTEM). ILCD Handbook: Analysis of existing environmental impact assessment methodologies for use in life cycle assessment. 2010. Disponível em: <<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-LCIA-Background-analysis-online-12March2010.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- ILCD (INTERNATIONAL REFERENCE LIFE CYCLE DATA SYSTEM). ILCD Handbook: Analysis of existing environmental impact assessment methodologies for use in life cycle assessment. 2010. Disponível em: <<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-LCIA-Background-analysis-online-12March2010.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- Kaebnick H.; Kara, S.; Sun, M. 2003. Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, v. 19.

- Kuo T-C; Smith S.; Smith G. C; Huang S. H. 2016. A predictive product attribute driven eco-design process using depthfirst search. *Journal of Cleaner Production*, 112.
- Lockrey S. 2015. A review of life cycle based ecological marketing strategy for new product development in the organizational environment. *Journal of Cleaner Production*, 95.
- Luglietti R.; Rosa P.; Terzi S., Taisch M. 2016. Life Cycle Assessment Tool in Product Development: Environmental Requirements in Decision Making Process. *Procedia CIRP*, v. 40, p. 202-208.
- Maxwell, D.; Vorst R.V.D. 2003. Developing sustainable products and services. *Journal of Cleaner Production*, v. 11, n.8.
- Moreno A.; Cappellaro F.; Masoni, P.; Amato, A. 2011. Application of product data technology standards to LCA data. *Journal of Industrial Ecology*, v. 14, n.4.
- Nielsen, P.H., Wenzel, H. 2002. Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 10.
- Pedrazzoli, P. F.; Cavadini, A.; Corti, D.; Barni, A.; Luvini, T. An Innovative Production Paradigm to Offer Customized and Sustainable Wood Furniture Solutions Exploiting the Mini-Factory Concept. Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World. Springer, 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-44736-9_57#>. Acesso em 10 ago. 2015
- Poudelet V.; Chayer J. A.; Margini M.; Pellerin R.; Samson R. 2012. A process-based approach to operationalize life cycle assessment through the development of an eco-design decision-support system. *Journal of Cleaner Production*, 33.
- Russo D.; Rizzi C; Montelisciani G. 2014. Inventive guidelines for a TRIZ-based eco-design matrix. *Journal of Cleaner Production*, 76.
- Sandin G. S.; Clancy G; Heimerson S.; Peters G. M. 2014. Making the most of LCA in technical inter-organisational R&D projects. *Journal of Cleaner Production*, 70.
- Seow, Y.; Goffin, N.; Rahimifard, S.; Woolley, E. 2016. A 'Design for Energy Minimization' approach to reduce energy consumption during the manufacturing phase. *Energy*, 109.
- Siegel, D. S. 2009. Green management matters only if it yields more green: An economic/strategic perspective. *Academy of Management Perspectives*, v. 23.
- Souza, V.M.; Borsato, M. 2016. Combining Stage-Gate™ model using Set-Based concurrent engineering and sustainable end-of-life principles in a product development assessment tool. *Journal of Cleaner Production*, 112.
- Vinodh, S.; Rathod, G. 2010. Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design. *Journal of Cleaner Production*, v. 18.
- Yang C. J; Chen J. L. Forecasting the design of eco-products by integrating TRIZ evolution patterns with CBR and Simple LCA methods. *Expert Systems with Applications*, 39, 2012.