

Integração da ACV dentro do processo de desenvolvimento de produtos

Agnes Narimatsu Honda
Fábio Puglieri

Yovana Maria Barrera Saavedra
Aldo Roberto Ometto

Ecodesign

Os produtos que são considerados importantes para melhorar a nossa qualidade de vida são os principais responsáveis pelos problemas ambientais atuais (CCE, 2001). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009) e Hauschild et al. (2005), os produtos causam impactos ambientais em todas as fases do seu ciclo de vida, da extração da matéria-prima, passando pelas fases de manufatura, distribuição, uso e fim de vida.

Neste sentido, atualmente muitas organizações estão cada vez mais conscientes da necessidade de integrar aspectos ambientais dentro de seus produtos (ABNT, 2004; 2014). Um grande número de empresas busca os benefícios que podem ser adquiridos a partir da inserção desses conceitos nos modelos de negócios. Entre os principais resultados estão: a redução de custos, o estímulo à inovação, a melhoria na qualidade, a oportunidade de novos negócios, identificação de novos produtos (a partir de bens descartados), redução das infrações legais entre outros (ABNT, 2004; 2014).

A integração das questões ambientais nos produtos é realizada dentro do processo de desenvolvimento de produtos (PDP), considerado para Rozenfeld et al. (2006) o processo de negócio mais crítico para o sucesso das organizações, principalmente em razão da maior internacionalização dos mercados, aumento da variedade e diversidade dos produtos, aumento do nível de exigência dos clientes sobre os produtos e, conseqüentemente, levando à busca contínua das empresas ao atendimento das suas necessidades. Essa integração das questões ambientais é denominada como *Ecodesign* ou *Design for Environment* (DfE).

O *Ecodesign*¹ trata de uma estratégia que visa integrar as ações tomadas durante o desenvolvimento de produtos para diminuir os impactos ambientais de um produto durante o seu ciclo de vida (PIGOSSO, 2008; JOHANSSON, 2002; NIELSEN; WENZEL, 2002; WEENEN, 1995). O termo aparece com diversos sinônimos conforme o lugar onde é usado. Kurk e Eagan (2008) e Pigosso (2008) mencionam que na Europa é conhecido como *Ecodesign* e nos Estados Unidos é utilizado o termo *Design for Environment* (DfE). Hauschild, Jeswiet e Alting (2005) realçam que esses termos são usados simultaneamente para considerar questões de *design* relacionadas ao meio ambiente e à saúde humana durante todo o ciclo de vida de um produto.

Algumas outras definições complementam o significado do *Ecodesign*. Para Bakker (1995) e Johansson (2002), o *Ecodesign* trata do desenvolvimento de produtos através da aplicação de requisitos ambientais dirigidos à redução de impactos ambientais por todos os estágios do ciclo de vida do produto, sem comprometer requisitos de custo, qualidade e desempenho. Ou seja, mesmo com o principal propósito de redução dos impactos ambientais do produto ao longo do ciclo de vida, o *Ecodesign* não pode desconsiderar outros aspectos importantes para o consumidor, como o preço, a facilidade de uso e até mesmo a aparência do produto. Já outras definições, embora menos comuns, incluem a perspectiva social e ética ao *Ecodesign* (KARLSSON; LUTTROPP, 2006).

Junto com o *Ecodesign*, podem estar associados outros DfX específicos para determinados objetivos, como aqueles que visam à recuperação do produto por meio da integração de estratégias de fim de vida (EoL), como é o caso do projeto para reciclagem (*Design for Recycling* – DFR), que define regras e recomendações para o reaproveitamento de materiais e componentes (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005), o Projeto para Remanufatura (*Design for Remanufacturing* – DFR_{eman}), que tem a finalidade de conseguir manter as partes do produto a ser remanufaturado em condições de uso e evitar os danos ocorridos na desmontagem destes, e o Projeto para Desmontagem (*Design for Disassembling* – DFD) (GRAY; CHARTER, 2006).

De acordo com Vezzoli e Sciamia (2006); Pigosso (2008) e Puglieri (2010), nas últimas duas décadas, foram desenvolvidas centenas de práticas de suporte (ferramentas, guias, técnicas etc.) para o *Ecodesign*, sendo inclusive algumas delas adaptadas do próprio desenvolvimento de produtos, como o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) e o *Quality Function Deployment* (QFD).

O objetivo dessas práticas é facilitar a integração das questões ambientais em todas as fases do ciclo de vida de um produto. Neste sentido, uma das técnicas usadas dentro do *Ecodesign* é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que é definida

1 Este texto adota o termo *Ecodesign*.

como uma técnica estruturada e internacionalmente padronizada de gestão ambiental que enfoca na quantificação dos aspectos e impactos ambientais potenciais associados aos produtos em todo o ciclo de vida (ABNT, 2009; EU, 2010).

A ACV é composta por quatro fases, conforme a Figura 1:

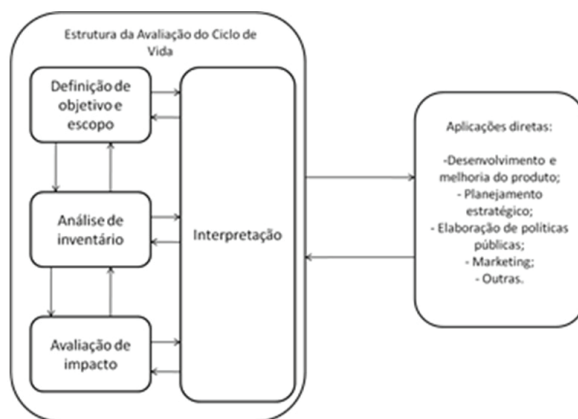


Figura 1 Fases da ACV. Fonte: ABNT (2009).

Na **primeira fase** a aplicação pretendida e razões para execução do estudo são definidas, além de outros detalhamentos, como as funções do sistema de produto, sua unidade funcional e fluxo de referência, a fronteira do sistema e critérios de corte (ABNT, 2009). A **segunda fase** compreende a análise do inventário, que consiste na obtenção de dados e modelagem do sistema. Tipicamente requer os maiores esforços e recursos de uma ACV (EU, 2010). A **terceira fase** é quando, a partir dos dados do inventário, são calculados os impactos ambientais potenciais para as categorias de impacto que a metodologia utilizada apresenta, como aquecimento global, consumo de recursos e toxicidade humana. Por fim, a **quarta fase** é chamada de interpretação e consiste em identificar questões significativas nas fases de inventário e avaliação de impacto, além de estabelecer conclusões e indicar recomendações (ABNT, 2009).

A integração da ACV dentro do processo de desenvolvimento de produtos

Como o *Ecodesign* tem o objetivo de incorporar as questões ambientais no PDP, em adição aos demais critérios usualmente considerados, não se trata de um modelo completamente novo e pode ser encarado como uma variação de um processo existente (KARLSSON, LUTTROPP, 2006; LEWIS et al., 2001). Portanto a proposta de aplicação de ACV no PDP é feita de modo a alterar minimamente

o processo original. Neste trabalho, por exemplo, foi usado o modelo unificado proposto por Rozenfeld et al. (2006).

De acordo com o modelo unificado, o PDP divide-se em 3 macrofases:

- 1 Pré-desenvolvimento: ocorre definição de objetivos e metas da empresa, identificação e seleção de oportunidades para produtos, geração de conceitos de produtos, planejamento estratégico de produtos e planejamento do projeto.
- 2 Desenvolvimento: compreende as fases de projeto informacional, conceitual, detalhado, preparação da produção e lançamento do produto.
- 3 Pós-desenvolvimento: envolve o acompanhamento e o processo de descontinuação do produto.

A definição de objetivos e metas ambientais no pré-desenvolvimento é fundamental para o sucesso do *Ecodesign* e estes devem estar alinhados à estratégia da empresa (GUELERE, 2009). Essa definição é até mais importante do que a escolha das ferramentas a serem usadas nas atividades posteriores, uma vez que os objetivos e metas irão influenciar na escolha das ferramentas (KARLSSON; LUTTROPP, 2006). Uma forma de estabelecer os objetivos e metas ambientais é por meio do perfil ambiental dos produtos existentes ou de concorrentes, obtido através da ACV de um produto de referência, em que é possível identificar os processos e materiais que apresentam maior oportunidade ambiental e em qual etapa do ciclo de vida as oportunidades ocorrem (MILLET et al., 2007).

Na fase de identificação e seleção de oportunidades para produtos, idealmente deveria ocorrer a ACV de todos os produtos existentes no portfólio para identificar quais os produtos que apresentam maior oportunidade ambiental e em quais aspectos do produto (CHARTER; TISCHNER, 2001). Muitas vezes isso não é viável por restrições de custo e tempo. Por isso deve-se buscar priorizar quais produtos devem ser analisados por meio da ACV, podendo agrupar os produtos em categorias e escolher um representante de cada categoria.

Na fase de geração de conceitos de produtos, podem-se incluir as informações fornecidas pela ACV na fase anterior, traduzidas em oportunidades ambientais. Uma vez identificado o problema, pode-se desenvolver ideias e conceitos de produtos que foquem nessas oportunidades. Mesmo que as novas ideias e conceitos não foquem diretamente na questão ambiental, é importante manter o time ciente dos *hot spots* (ou seja, as principais oportunidades ambientais do produto) para que as soluções geradas levem em consideração se podem causar uma piora no perfil ambiental do novo produto.

Na fase de planejamento estratégico de produtos ocorre o gerenciamento do portfólio, em que se definem quais produtos serão retirados do mercado e em quais novos produtos serão investidos. É importante ter a presença de um especialista ambiental no time responsável por essas decisões (JOHANSSON, 2002). Esse profissional é capaz de correlacionar as informações obtidas das ACV

anteriores aos impactos que os produtos podem causar, de forma a influenciar nas decisões. É fundamental incluir as questões ambientais no início do desenvolvimento para aumentar a probabilidade de melhoras ambientais efetivas. A informação prévia da ACV é importante no direcionamento correto da tomada de decisão, ao evidenciar os componentes e fases do ciclo de vida com maiores oportunidades ambientais. A partir dessa informação, podem-se definir objetivos e metas ambientais para os produtos a serem desenvolvidos.

A fase de planejamento do projeto dá apoio à materialização dos objetivos e metas do projeto, incluindo os ambientais. Guelere (2009) ressalta que, caso a empresa não tenha estabelecido anteriormente objetivos e metas claros em relação ao *Ecodesign*, o planejamento do projeto não irá considerar as questões ambientais no plano de projeto e nas fases subsequentes. Do ponto de vista ambiental, na definição dos envolvidos no projeto, pode-se incluir a participação do especialista ambiental na composição do time de projeto, caso esse não tenha sido incluído na fase anterior, além de eventuais parceiros externos se, na análise prévia de ACV, for evidenciado um *hot spot* em algum fornecedor.

Segue-se para as atividades de definição do escopo de produto, do projeto e detalhamento do escopo do projeto. A classificação baseada na tipologia de projetos é importante, pois ocorre a identificação das atividades e recursos necessários para atingir os objetivos finais. Classificar incorretamente um projeto pode levar ao desperdício de recursos ou, em outro extremo, à condenação de um projeto por falta de recursos. No modelo unificado a classificação do projeto é feita considerando o grau de complexidade e o grau de inovação. Os projetos podem ser classificados como incremental, de plataforma, radical ou de pesquisa avançada. De forma geral, em um projeto com alta complexidade e inovação, todas as fases do desenvolvimento devem ser executadas. Em um projeto de menor complexidade, podem-se agrupar algumas fases e simplificar outras. De modo paralelo, projetos de *Ecodesign* também podem ser praticados em diversos níveis. Charter e Tischner (2001) identificaram 4 estágios do *Ecodesign*: reparo, refino, redesenho e mudança de pensamento. Quanto maior o nível de inovação, os ganhos ambientais são maiores, mas os riscos também aumentam.

No projeto informacional estabelecem-se especificações-meta do produto, considerado como elemento mais crítico do desenvolvimento de um novo produto, pois orienta a geração de soluções, assim como os critérios de avaliação e decisão das etapas posteriores. É fundamental que as especificações-meta considerem as questões ambientais para o *Ecodesign* ser efetivo. Nessa fase deve-se definir o problema do projeto de forma clara e completa. Isso deve ser feito aprofundando as informações da fase de planejamento e buscando informações tecnológicas e de produtos concorrentes. Deve-se aproveitar a maior parte das informações

já levantadas na fase de planejamento estratégico, incluindo as levantadas pelas ACV nas fases anteriores.

Após definir o problema, deve-se mapear o ciclo de vida do produto para definir em cada fase do ciclo quais são os clientes e seus requisitos. A ACV complementa esse mapeamento ao incorporar as questões ambientais, que posteriormente definirão os requisitos do produto. A aplicação da ACV pode se diferenciar para cada tipo de projeto. Hur et al. (2005) observaram que formas mais simplificadas de ACV, como as formas matriciais e qualitativas, são mais adequadas para projetos incrementais. Uma grande barreira para a aplicação da ACV é a grande demanda de tempo e esforço que essa técnica requer (ANDRIANKAJA; BERTOLUCI; MILLET, 2013; BHANDER et al., 2003). A possibilidade de utilizar formas simplificadas de ACV nos projetos incrementais, que representam a maior parte dos projetos, aumenta a probabilidade de aplicação no PDP. Hur et al. (2005) também concluíram que formas mais completas da ACV são mais adequadas para projetos mais complexos e inovadores. Conforme a complexidade de um projeto aumenta, a forma completa de ACV tende a ser mais adequada.

Portanto, para projetos de plataforma, a ACV simplificada semiquantitativa pode ser adequada. Como exemplo, Andriankaja, Bertoluci e Millet (2013) criaram uma ferramenta que estima rapidamente o perfil ambiental de um produto baseado em sua tipologia. Os pesquisadores classificaram os produtos em diferentes categorias, baseadas nos perfis ambientais. Assim, o perfil ambiental de um novo produto é feito baseado nos parâmetros críticos, focando os aspectos do ciclo de vida identificados como relevantes. Nesse tipo de projeto, o produto não é totalmente novo e muitas informações já estão disponíveis. Portanto o esforço é reduzido significativamente. Outra opção sugerida por Nielsen e Wenzel (2002) seria realizar a ACV de um produto referência para servir de base para o novo produto.

Os projetos radicais acontecem em menor frequência e naturalmente exigem mais tempo e recursos. Nesses projetos pode-se realizar uma ACV quantitativa completa, sendo necessário ter conhecimento dos materiais e processos específicos. Para produtos completamente novos, Nielsen e Wenzel (2002) sugerem estabelecer um produto fictício para servir de referência. Geralmente, os novos produtos são baseados em tecnologias existentes. Por isso, na maioria dos casos, é possível compor uma referência útil, combinando sistemas e tecnologias existentes.

Já os projetos de pesquisa avançada têm o objetivo de criar conhecimento para projetos futuros e não tratam do desenvolvimento de um produto específico. O foco desses projetos é o desenvolvimento de uma tecnologia e muitas vezes não há informações suficientes para realizar uma ACV. Mas essa limitação não deve excluir a possibilidade de incorporar as questões ambientais, pois as maiores possibilidades de ganhos ambientais encontram-se justamente nas fases iniciais do

projeto de pesquisa avançada. De fato, o que se observa é que muitas pesquisas avançadas são impulsionadas focando em uma questão ambiental. Nesses casos, a ACV pode ter sido conduzida nas fases anteriores, em que se detectou o *hot spot* em que a pesquisa avançada está focando.

Os requisitos do cliente devem ser traduzidos em requisitos do produto, ou seja, em características técnicas mensuráveis. Quanto aos requisitos ambientais, os resultados de uma ACV geralmente são muito complexos e a atuação do especialista ambiental é fundamental para traduzir os requisitos de forma entendível. Por fim, é necessário traduzir os requisitos do produto em especificações-meta. De acordo com Deutz et al. (2013), se os requisitos ambientais não são especificados explicitamente, as chances de atingir metas ambientais são reduzidas.

Além dos objetivos ambientais, deve-se atender a outros requisitos, como desempenho, custos, estética e requisitos regulatórios. O peso dado para o desempenho ambiental de um produto não deve ser maior que o requisito que garante maior competitividade do produto (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005). Se um novo produto for desenvolvido considerando apenas as questões ambientais e esse perde em vendas para um produto desenvolvido sem nenhuma preocupação ambiental, não há ganho ambiental de fato. O que se observa, no entanto, é que melhorias ambientais podem ser facilmente obtidas sem comprometer outros aspectos do produto. Além disso, o trabalho de otimização ambiental muitas vezes leva a inovações que garantem a competitividade dos produtos (ALTING; HAUSCHILD; WENZEL, 1997; CHARTER; TISCHER, 2001). O sucesso das soluções depende do balanço entre os pesos atribuídos às diversas especificações-meta estabelecidas.

No Projeto Conceitual ocorrem as atividades para a busca, criação e seleção de soluções. O modelamento funcional parte da análise das especificações-meta do produto e das funções inicialmente identificadas para estabelecer a função global do produto. Uma vez que as informações geradas nas ACV nas fases anteriores foram consideradas para o estabelecimento das especificações-meta, as questões ambientais estarão incorporadas nessa atividade. A próxima atividade é o desenvolvimento dos princípios de solução para as funções. Nielsen e Wenzel (2002) sugerem avaliar oportunidades de melhora ambiental após identificar os *hot spots*, para gerar alternativas de soluções conceituais baseadas nessas informações. Segue-se então para a seleção da concepção do produto, que será transformado no produto final.

A principal dificuldade é a falta de informações técnicas detalhadas nesse momento, que ainda estão limitadas e abstratas. Portanto é necessário utilizar procedimentos sistemáticos compatíveis com a limitação de informações e que orientem a tomada de decisão sobre a melhor concepção do produto. Para os aspectos ambientais, Hauschild, Jeswiet e Alting (2004) afirmam que considerações

qualitativas podem ser úteis para exclusões rápidas de alternativas, enquanto que a ACV completa deve ser realizada no conceito selecionado. Uma vez definida a concepção do produto, é necessário definir o plano macro do processo produtivo. De modo geral, as atividades descritas nessa fase são totalmente executadas apenas em projetos radicais e de pesquisa avançada, sendo que, nos projetos de pesquisa avançada, o foco é na nova tecnologia e não na aplicação em um produto específico. Em projetos que apresentam menor grau de mudança (incremental e de plataforma), a maior parte do produto já está concebida. Nesses casos, as atividades se aplicam apenas para as funções novas ou a serem alteradas. Nesses tipos de projeto, pode-se utilizar a ACV na forma qualitativa ou semiquantitativa para selecionar e avaliar a concepção final do produto.

O projeto detalhado tem o objetivo de desenvolver e finalizar as especificações do produto. Do ponto de vista ambiental, nesse estágio cerca de 80% a 90% das características do produto estão definidas, com poucas possibilidades de modificações. Portanto as informações ACV apresentam influência limitada, orientando apenas modificações superficiais. A concepção é finalizada resultando no produto integrado, contendo os limites dos parâmetros críticos necessários para atender os requisitos dos clientes e especificações-meta. Dependendo do grau de novidade e complexidade do novo produto, pode ocorrer uma sobreposição entre os projetos conceitual e detalhado. Quanto menor o grau de novidade do produto, o projeto conceitual será mais detalhado, pois é possível utilizar muitas informações dos produtos existentes. Essa sobreposição das fases influencia todos os aspectos do PDP, inclusive o ambiental. Por exemplo, em um projeto incremental, como já se tem muitas informações, a ACV qualitativa executada anteriormente já contém boa parte das informações do produto novo. Nesse caso, apenas uma revisão da matriz seria necessária para adequar as informações no projeto detalhado. Em outro extremo, no projeto de pesquisa avançada a ACV completa só poderá ser executada no projeto detalhado.

Nas fases de preparação da produção e de lançamento do produto, muitas atividades ocorrem em paralelo e ambas têm o objetivo de colocar o produto no mercado, atendendo aos requisitos dos clientes e cumprindo as especificações finais do produto e processo de manufatura. A preparação da produção envolve as atividades da cadeia de suprimentos do ponto de vista interno (produção do lote piloto, definição dos processos de produção e manutenção) e o lançamento do produto foca nas atividades para colocar o produto no mercado (venda, distribuição, assistência técnica e atendimento ao cliente). Nesse estágio, as oportunidades de mudanças são extremamente reduzidas. Caso necessário, nesse momento é possível realizar uma ACV completa do produto para assegurar e mensurar as melhorias ambientais. Além disso, podem-se comunicar as informações ambientais do produto através da rotulagem ambiental, de selos e de certificados, quando aplicável.

A macrofase de pós-desenvolvimento é de extrema importância, pois garante ao PDP a compreensão de todo o ciclo de vida do produto. O principal objetivo é acompanhar o desempenho do produto na produção e no mercado, identificando as oportunidades de melhoria e assegurando que o fim de vida cause o menor impacto aos consumidores, à empresa e ao meio ambiente. Do ponto de vista ambiental, nessa macrofase a melhoria contínua exige uma base de comparação dos efeitos ambientais do sistema de produto. Para isso, a ACV é a forma mais abrangente de estabelecer essa base, pois é possível avaliar se houve melhorias através de uma metodologia para medir os efeitos ambientais.

Para Nielsen e Wenzel (2002), desenvolver um produto utilizando ACV como ferramenta de *Ecodesign* pode demandar muito tempo, mas há benefícios resultantes de um trabalho bem documentado. Depois que o primeiro produto for desenvolvido aplicando esse método, modificações futuras do produto estudado podem ser testadas de forma rápida. Além disso, conclusões relacionadas aos processos e materiais podem ser transferidas em larga escala do produto estudado para outros produtos da mesma família e novos modelos de ACV de produtos similares podem ser baseados no modelo existente.

Millet et al. (2007) observaram que o uso da ACV cria um novo conhecimento sobre as relações entre um produto e seu impacto ambiental. Esse novo entendimento pode ajudar a estabelecer programas de pesquisa e influenciar nas políticas da empresa, graças ao conhecimento gerado sobre os componentes e as etapas que causam maior dano ambiental. Assim, a ACV seria mais uma ferramenta para identificar as principais tendências do que uma ferramenta de desenvolvimento propriamente dita. Os autores argumentam que a companhia deve usar a ACV para adquirir conhecimento em longo prazo, usando a informação obtidas dos produtos lançados para analisar as novas possibilidades de desenvolvimento, no nível estratégico. No ciclo de vida de um produto, da mesma forma que processos como reciclagem, reutilização e remanufatura possibilitam aproveitar alguns recursos naturais, é necessário estabelecer processos que possibilitem aproveitar as informações, incluindo as ambientais, geradas ao longo da vida do produto para retroalimentar o sistema para o desenvolvimento de novos produtos, desde o plano estratégico.

Desenvolvimento de produto aplicando a ACV

Como forma de aplicação da ACV no desenvolvimento de um produto, Narimatsu et al. (2013) relatam o desenvolvimento da escova de dentes Eco Reach Essencial Johnson&Johnson®, que se iniciou com uma estratégia de mercado definida: oferecer uma escova de baixo custo com mais benefícios do que os produtos disponíveis naquele momento.

A etapa subsequente foi a geração de ideias, quando os conceitos foram originados para atender aos requisitos do produto. Diversas ideias foram geradas para alcançar a melhor solução, focando principalmente no custo do produto. O processo de manufatura foi otimizado e o desenho do produto foi desenvolvido para entregar uma escova com menor consumo de matéria-prima e com mais benefícios, tais como: cabo com ângulo ergonômico, limpador de língua e cerdas com 2 níveis.

No entanto, essas soluções não eram suficientes para entregar o objetivo de custo. Em paralelo, outro time de desenvolvimento trabalhou em uma ideia inovadora: incorporar 40% de resíduo pré-consumo no cabo da escova. Este material é gerado como resíduo de produção de outros produtos plásticos higiênicos fabricados no mesmo parque industrial. O desafio do time foi desenvolver um processo que incorporasse esse material reciclado no cabo da escova sem comprometer as propriedades físicas e sem apresentar nenhum risco de segurança ao consumidor. Por isso, um processo adicional foi desenvolvido para permitir a incorporação desse resíduo no cabo da escova. Com esta iniciativa, a geração de resíduos do parque industrial foi reduzida e o custo da escova atingiu o objetivo estabelecido. A menor carga ambiental associada a essa escova deve-se à combinação de menor consumo de material por escova, menor consumo de recursos não renováveis e redução de resíduos sólidos gerados.

Para entender melhor a efetiva contribuição referente à melhoria ambiental que apresentou o processo, uma ACV foi conduzida comparando a escova de dente Eco Reach Essencial Johnson&Johnson® e a escova de dentes Reach Essencial Johnson&Johnson®, que utiliza material 100% virgem. Essa ACV comparativa foi conduzida de acordo com a ISO 14040 e 14044 e de acordo com o método EDIP. A função dos sistemas foi a higiene oral por meio da escova de dente utilizada 3 vezes ao dia durante 3 meses e a unidade funcional para esse estudo foi “promover a higiene oral de 250 pessoas durante 1 ano por meio da escovação de dentes”. Assim, o fluxo de referência para ambos os sistemas foi de mil escovas e as fases do ciclo de vida compreenderam: obtenção de matéria-prima, transporte, fabricação das escovas e fim de vida. Sendo um estudo comparativo, as fases idênticas de ambos os processos (algumas etapas do processo produtivo, transporte, embalagem e uso) não foram consideradas.

Dados primários da formulação, composição dos materiais, localização dos fornecedores e informações sobre o processo produtivo foram utilizados na máxima extensão possível. Foram desconsiderados os impactos ambientais de materiais que representavam menos de 5% em massa do sistema do produto. Dados secundários foram utilizados da base de dados Gabi 4 para polietileno e polipropileno, da literatura relacionada ao consumo de energia de equipamentos e de publicações que refletem a realidade brasileira quanto aos impactos relacionados ao

diesel e à energia hidrelétrica. Todas as categorias de impactos potenciais listados no método EDIP foram consideradas: aquecimento global, degradação do ozônio estratosférico, formação fotoquímica de ozônio, acidificação, eutrofização, ecotoxicidade, toxicidade humana, consumo de recursos renováveis e não renováveis.

Observou-se um maior consumo de energia relacionado à produção da escova de dente Eco Reach Essencial Johnson&Johnson®, devido ao processo adicional necessário para a incorporação adequada do resíduo no cabo desta escova. Esse processo é essencial para assegurar a qualidade do produto final. Para todas as outras categorias, a escova de dente Eco Reach Essencial Johnson&Johnson® apresentou menor impacto potencial. Para avaliar a relevância dos impactos ambientais potenciais, a contribuição de cada impacto potencial foi normalizada para consumos anuais utilizando EDIP 97. Essa análise mostrou que a escova com material reciclado apresentou 44% menos impacto ambiental que a escova com material 100% virgem, conforme mostrado na Figura 2. Desta forma, há evidências de que a escova de dente Eco Reach Essencial Johnson&Johnson® apresenta menor impacto ambiental quando comparada a uma escova sem material reciclado.

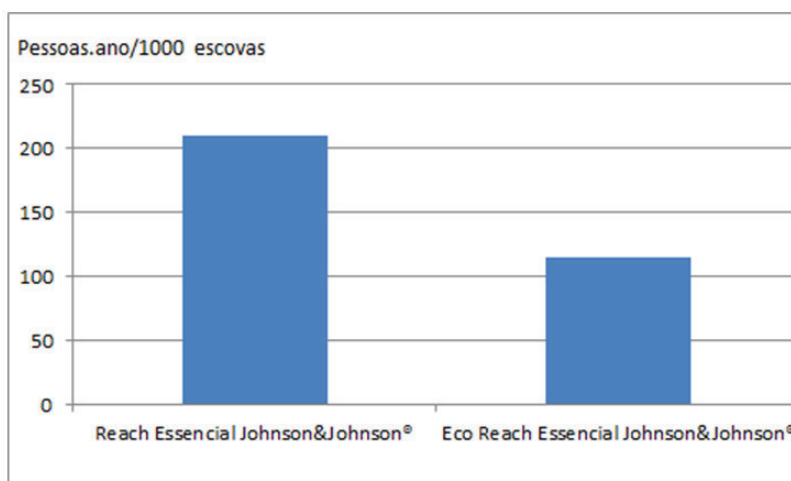


Figura 2 Dados normalizados comparando escova Reach Essencial Johnson&Johnson® e escova Eco Reach Essencial Johnson&Johnson®.

Considerações finais

Quando um produto é desenvolvido considerando seus impactos ambientais desde o início do processo de desenvolvimento, a chance de este apresentar uma melhora ambiental é maior. Esse estudo mostra o desenvolvimento

de um novo produto focado na redução do seu impacto ambiental. Também mostra a importância da aplicação da ACV dentro do PDP e para verificar a melhora ambiental dos novos produtos. Como poderosa ferramenta para avaliação ambiental, a ACV deveria ser utilizada cada vez mais nas etapas iniciais do PDP.

A ACV é uma prática que traz uma série de benefícios para a tomada de decisão no PDP, mas que frequentemente enfrenta dificuldades de aplicação porque requer grande volume de dados sobre o ciclo de vida do produto e por falta de conhecimento dos próprios *designers* sobre a técnica. Se houver uma maior adesão de empresas à Rede Empresarial Brasileira de Avaliação de Ciclo de Vida, essas dificuldades podem ser reduzidas e a ACV pode ser inserida de forma mais extensa no PDP das empresas.

Referências

- ALTING, L.; HAUSCHILD, M.; WENZEL, H. Environmental assessment in product development. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, v. A 355, p. 1373-1388, 1997.
- ANDRIANKAJA, H.; BERTOLUCI, G.; MILLET, D. Development and integration of a simplified environmental assessment tool based on an environmental categorization per range of products. *Journal of Engineering Design*, Abingdon, v. 24, n. 1, p. 1-24, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 14062**: Gestão Ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR ISO 14006**: Gestão Ambiental – Diretrizes para incorporar Ecodesign. Rio de Janeiro, 2014.
- BAKKER, C. A. Environmental information for industrial designers. Delft: Technische Universiteit Delft, 1995.
- BHANDER, G. S.; HAUSCHILD, M.; MCALOONE, T. Implementing Life Cycle Assessment in Product Development. *Environmental Progress*, v. 22, n. 4, p. 255-267, 2003.

CHARTER, M.; TISCHNER, U. **Green Solutions**: developing products and services for the future. Sheffield: Greenleaf, 2001.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS – CCE. **O Livro verde sobre a Política Integrada Relativa aos Produtos**. Bruxelas: CCE, 2001.

DEUTZ, P.; MCGUIRE, M.; NEIGHBOUR, G. Eco-design practice in the context of a structured design process: an interdisciplinary empirical study of UK manufacturers. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 39, p. 117-128, 2013.

EUROPEAN UNION – EU. **ILCD Handbook**: general guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

GRAY, C.; CHARTER, M. Remanufacturing and product design: designing for the 7th generation. **The Centre for Sustainable Design**. University College for the Creative Arts, Farnham, Reino Unido, 2006.

GUELERE, A. F. **Integração do Ecodesign ao Modelo Unificado para a gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos**: Estudo de caso em uma grande empresa de linha branca. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. Design for environment – do we get the focus right? **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, Paris, v. 53, n. 1, p. 1-4, 2004.

_____. From life cycle assessment to sustainable production: Status and perspectives. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, Paris, v. 54, n. 2, p. 535-555, 2005.

HUR, T.; LEE, J.; RYU, J.; KWON, U. Simplified LC and matrix methods in identifying the environmental aspects of a product system. **Journal of Environmental Management**, v. 75, n. 3, p. 229-237, 2005.

JOHANSSON, G. Success factors for integration of ecodesign in product development. A review of state of the art. **Environmental Management and Health**, Wagon Lane, v. 13, n. 1, p. 98-107, 2002.

- KARLSSON, R.; LUTTROP, C. Ecodesign: what's happening? **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 14, n. 15/16, p. 1291-1298, 2006.
- KURK, F.; EAGAN, P. The value of Adding Design-for-the-Environment to Pollution Prevention Assistance Options. **Journal Cleaner Production**. v. 16 p.722-726.2008.
- LEWIS, H.; GERTSAKIS, J.; GRANT, T.; MORELLI, N.; SWEATMAN, A. **Design + Environment: a Global Guide to Designing Greener Goods**. Sheffield: Greenleaf, 2001. 200 p.
- MILLET, D.; BISTAGNINO, L.; LANZAVECCHIA, C.; CAMOUS, R.; POLDMA, T. Does the potential of the use of LCA match the design team needs? **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 15, p. 335-346, 2007.
- NARIMATSU, A.; PUGLIERI, F.; RANGEL, F. E. F.; OMETTO, A. R.; SILVA, D. A. L. Eco Reach Essencial Johnson&Johnson® toothbrush: an LCA study case application to analyze different materials in handle design. In: CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, 2013, Singapore. **Proceedings...** Singapore: Springer Singapore, 2013. DOI: 10.1007/978-981-4451-48-2_89.
- NIELSEN, P. H.; WENZEL, H. Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 247-257, 2002.
- PIGOSSO, D.C.A. **Integração de métodos e ferramentas de Ecodesign ao processo de desenvolvimento de produtos**. São Carlos, SP. Originalmente apresentada como monografia de conclusão de curso em Engenharia Ambiental, EESC, 2008.
- PUGLIERI, F. N. **Revisão e análise ambiental e operacional de métodos de eco-design baseados em QFD e FMEA**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- ROZENFELD, H., FORCELLINI, F. A., AMARAL, D. C., TOLEDO, J. C., SILVA, S. L., ALLIPRANDINI, D. H., SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006. 542p.

VEZZOLI, C., SCIAMA, D. Life Cycle Design: from general methods to product type specific guidelines and checklists: a method adopted to develop a set of guidelines/checklist handbook for the eco-efficient design of NECTA vending machines. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, 1319-1325, 2006.

WEENEN, J. C. Towards sustainable product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 3, n. 1-2, p. 95-100, 1995.

