

# Fim do Ciclo de Vida e Projeto para Desmontagem do Produto Calçado

Jocelise J. Jacques<sup>a</sup> (jocelise.jacques@ufgrs.br); Lia B. M. Guimarães<sup>b</sup>  
(liabmg@gmail.com)

<sup>a</sup> Departamento de Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS– BRASIL

<sup>b</sup> Núcleo de Design e Ergonomia/ LOPP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS– BRASIL

## Resumo

O aumento da produção e consumo de produtos trazem questões sobre como estes produtos devem ser tratados no fim de sua vida útil. Na busca de um fluxo cíclico de produção e consumo, como sugere o conceito berço ao berço, uma das alternativas mais promissoras é o reaproveitamento de materiais e componentes por meio do metabolismo tecnológico. Para que isto seja possível é necessário pensar soluções para o fim da vida útil desde o início do desenvolvimento de produtos, e considerar técnicas que facilitem ou mesmo viabilizem que resíduos pós-consumo tornem-se matérias-primas, como o projeto para desmontagem. Neste contexto, o presente artigo apresenta uma análise das especificidades do produto calçado, são discutidas as questões de fim de vida útil, e apresentadas duas soluções de projeto para desmontagem, desenvolvidas recentemente por duas empresas norte americanas.

*Palavras-chave: Design para desmontagem; Desenvolvimento Sustentável de Produto; Fim do Ciclo de Vida; Indústria Calçadista; Conceito Berço ao Berço.*

## 1 Introdução

Até a Idade Média, os calçados mais utilizados eram sandálias e mocasins, os quais envolviam ferramentas e técnicas simples de confecção. No século XVIII, na Europa, os calçados se tornaram mais elaborados, com maior número de partes. Desta forma, antes da industrialização, para fazer um sapato eram necessários dois ou três dias. Em 1845, foi desenvolvida a máquina de compactação do couro, que combinada com a máquina de costura para cabedais (parte superior do calçado que envolve o pé) em 1846 e, posteriormente, em 1858, com a máquina que costurava cabedais ao solado (conhecida como McKay), tornaram o processo mais rápido e reduziram significativamente seu custo. Em 1889, a criação de uma máquina para conformação de calçados representou um dos últimos avanços rumo à mecanização, e possibilitou a substituição dos artesãos habilidosos por trabalhadores com menos treinamento neste tipo de atividade (DEMELLO, 2009). Esta evolução, junto à introdução da vulcanização na fabricação de calçados, também no século XIX, resolveram o grande problema do produto calçado até então – a separação do solado e cabedal.

Contudo, por vários motivos, atualmente a desmontagem do produto passa a ser uma meta a ser perseguida já no desenvolvimento de produtos. Nas últimas seis décadas a produção anual de calçados saltou de 2,5 bilhões de pares, em 1950, para 20 bilhões em 2010, o que representa uma média mundial per capita de 3 pares/ano. Neste contexto, cresce a importância das soluções para o final da vida útil do produto e o possível retorno de materiais e componentes ao fluxo de produção, o que configura um ciclo fechado, como definido no conceito berço ao berço, através do metabolismo tecnológico. O conceito berço ao berço postula que produtos e seus componentes devem ser criados para, ao final de seu uso, serem reutilizados com suas propriedades não desgastadas, como nutrientes tecnológicos no chamado metabolismo tecnológico, ou então voltarem à natureza como nutrientes biológicos, e não como poluentes, através do metabolismo biológico (McDONOUGH e BRAUNGART, 2002).

## 2 Fim do Ciclo de Vida do Calçado

O crescente consumo de calçados mundialmente faz com que o problema do fim do ciclo de vida (End of Life, ou EoL) seja cada vez mais relevante, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. Como em qualquer outro produto, há várias possibilidades de fim de ciclo de vida, com diferenças no impacto ambiental, nos custos e nos requisitos tecnológicos. Os materiais e a forma de montagem do calçado, como na maioria dos produtos, influenciam tanto na fase de produção quanto no fim da vida útil. Por isto, o planejamento do fim do ciclo de vida ao longo do desenvolvimento do produto é crucial.

Entre as opções mais comuns de EoL para calçados estão a disposição em aterro, o reuso, a desmontagem para reutilização de materiais e a queima para geração de energia (STAIKOS, HEATH et al., 2006). Nos países desenvolvidos, o aumento dos índices de compra per capita de calçados impacta o volume que é destinado aos aterros. Os países da União Europeia, devido à limitação de área dos aterros, têm restringido cada vez mais os materiais que podem ser descartados. A EU Landfill Directive, legislação de 1999, prescreve a redução do volume de lixo biodegradável e a proibição de certos tipos de materiais destinados aos aterros. Na Alemanha e Áustria, desde 2005, os aterros urbanos municipais aceitam materiais biodegradáveis, desde que tenham sido incinerados ou sofrido tratamento mecânico ou biológico. O Reino Unido, em 2004, com a diretriz Landfill Allowances and Trading Scheme Regulations (LATS), introduziu a proposta de que certos materiais biodegradáveis (couro, tecidos e borrachas naturais) devam ser reutilizados ou reciclados. Atualmente, a disposição em aterro é a opção comumente adotada no gerenciamento de resíduos de EoL de calçados (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007).

O reuso do calçado depende de variáveis como o estado de conservação, sistemas de coleta e distribuição, e também o propósito do reuso. Em países desenvolvidos é pequeno o comércio de calçados de segunda-mão, porque, ao contrário das roupas, os calçados geralmente não podem ser lavados e há barreiras culturais, como a ligação do calçado “gasto” à condição financeira precária (RIELLO e MCNEIL, 2006). Contudo, as doações de calçados para instituições de caridade são comuns. No Reino Unido, entre 2000-2001, o Exército da Salvação (Salvation Army Trading Company Ltd. - SATCOL), por meio de coleta porta a porta e de 2300 pontos de doação arrecadou 971 toneladas de calçados usados. Sabe-se que, em algumas empresas, calçados que não passam pelo controle de qualidade podem ser destinados a países cujo mercado tem nível de exigência mais baixo. Este procedimento, porém, tem pontos negativos, pois, além de envolver o impacto do transporte, repercute nas questões de economia local nos países menos desenvolvidos que são os destinatários dessas doações. Como os calçados doados são vendidos a um preço bem menor que os produzidos no país, eles acabam dificultando o mercado para os produtores locais (STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007). Além disto, neste caso, o ciclo de vida do produto é estendido, mas o problema do EoL persiste, e há uma transferência de resíduo pós-consumo, dos países desenvolvidos para os menos desenvolvidos, que por sua vez possuem carência de infraestrutura para acomodar tais resíduos.

Segundo Staikos e Rahimifard (2007), a reutilização de materiais envolve o reprocessamento dos calçados inteiros, em partes ou os materiais especificamente, dentro do mesmo sistema de produção (ciclo fechado) ou em outros sistemas (ciclo aberto). Desta forma, o resíduo é reintroduzido no mercado através de processos destrutivos ou não-destrutivos. Esta segunda opção é defendida no conceito cíclico berço ao berço, porém na indústria calçadista, de forma geral, há poucas experiências que prevêm a reutilização de materiais no fim do ciclo de vida.

A empresa Nike possui um dos poucos programas de retorno de calçados, conhecido como ReUSE A SHOE, tendo pontos de coleta nos EUA, Países Baixos, Austrália, Bélgica, Nova Zelândia, Alemanha e Israel. Esta iniciativa faz com que os calçados esportivos tenham possibilidade de serem reciclados em duas fábricas, uma em Wilsonville, nos EUA (desde 1993), e outra em Meerhout, na Bélgica (desde 2005). Na técnica “slice-and-grind”, utilizada na fábrica de Wilsonville, o calçado é separado por meio de corte em três camadas: solado de borracha, palmilha e cabedal. Além dos calçados usados, resíduos da produção também podem ser transformados, depois de serem moídos e

purificados, e então passam a integrar diferentes tipos de pavimentos para quadras esportivas (Nike, 2011).

O pavimento feito do resíduo moído do solado pode ser utilizado para pista de atletismo, pisos de academia e playground, além de ter condições de ser usado para a produção de novos solados, botões e ganchos de zíper. O resíduo moído da palmilha gera uma espuma, que pode ser usada em quadras externas de basquete, tênis e futsal, como elemento amortecedor. Por fim, o resíduo moído do cabedal pode ser usado em quadras internas de basquete, vôlei e produtos para equitação. Este tipo de reciclagem de calçados envolve parcerias com empresas produtoras de pisos esportivos, cada uma delas especializada em um tipo de piso, e que são os únicos usuários autorizados do resíduo desta reciclagem.

Cada tipo de quadra tem potencial para incorporar uma determinada quantidade de calçado, como mostra a tabela 1. Os pontos de coleta estão listados no website da empresa e incluem lojas que vendem a marca, universidades, academias de ginástica, centros de coleta, chamados National Recycling Coalition (nos EUA) ou em eventos especiais. Além destes, o consumidor pode enviar o calçado pelo correio, para o endereço da fábrica recicladora, sendo que a empresa recebe tênis de qualquer marca, exceto aqueles com componentes metálicos. No entanto, o programa ainda tem limitações em termos de volume de reciclagem. Segundo a empresa, mais de 1,5 milhão de pares são coletados anualmente, entretanto, apenas nos Estados Unidos, aproximadamente 2,4 bilhões de pares são consumidos a cada ano.

**Tabela 1.** Quantidade de tênis reciclada, em cada tipo de pavimento, de acordo com o tipo de quadra (Fonte: Nike, 2011).

Quadra de Basquete Externa (resíduo moído de palmilha)	2.500 pares
Quadra de Tênis Externa (resíduo moído de palmilha)	2.500 pares
Campo de futebol (resíduo moído do solado)	50.000 a 75.000 pares
Mini Campo de futebol (resíduo moído do solado)	10.000 a 20.000 pares
Pista de corrida (resíduo moído do solado)	75.000 pares
Piso de playground (resíduo moído do solado)	2.500 pares
Quadra de basquete coberta com piso de madeira (resíduo moído de cabedal)	2.500 pares
Quadra de basquete coberta com piso sintético (resíduo de palmilha)	2.500 pares

A produção de energia através da queima de calçados usados também é considerada uma opção no fim do ciclo de vida, envolvendo tecnologias como a incineração, a gaseificação e a pirólise. Nesta opção, também deve ser considerado a coleta, transporte e instalações que assegurem o controle de emissões e subprodutos da queima de materiais potencialmente tóxicos. Outra alternativa é o reaproveitamento do resíduo, principalmente aqueles provenientes da produção, na composição de materiais para a indústria da construção civil (Kazmierczak, 2003).

Há várias alternativas para o planejamento do fim do ciclo de vida e muitos fatores influenciam as soluções adotadas. Segundo Albers et al. (2008), várias são as razões pelas quais as empresas do setor calçadista devem buscar ações nesta área, mas principalmente por questões de vantagem competitiva, por questões de lucro e imagem de organização ambientalmente amigável. No entanto, são poucas as empresas que discutem essas questões quando projetam seus produtos. Um comportamento proativo, neste caso, além da imposição dos consumidores, está ligado ao aumento das exigências das legislações de extensão da responsabilidade do produtor - Extended Producer Responsibility (EPR), que podem fazer com que o resíduo pós-consumo deixe de ser uma externalidade e passe a ser uma responsabilidade das empresas. Esta já é uma realidade em alguns mercados, como na União Europeia.

### 3 Projeto para Desmontagem do Calçado

O Design for Environment (DfE) é uma das categorias do DfX abilities, com ênfase em soluções ambientalmente amigáveis. No DfE se busca antecipar a análise dos impactos ambientais negativos no desenvolvimento de produtos e processos, trabalhando segundo parâmetros de engenharia de manufatura (GUIMARÃES, 2009). Para isto, trata de atributos como reciclagem, desmontagem,

manutenção, facilidade de conserto ou renovação e reuso, como objetivos de projeto e não restrições (ASHLEY, 1993). O Projeto para Desmontagem, ou Design for Disassembly (DfD), tem mais metas específicas que auxiliam o DfE.

A desmontagem é o processo sistemático de remover os subconjuntos de partes e componentes de um determinado produto, de forma destrutiva (com objetivo de reciclagem) ou não-destrutiva (com objetivo de reuso ou remanufatura). A desmontagem não-destrutiva pode ser um processo bastante importante dentro de uma lógica de ciclo fechado, ou berço ao berço, antes das operações de reaproveitamento, as quais adicionam valor ao produto descartado. A desmontagem possibilita que componentes do produto retornem para o ciclo de produção como nutrientes tecnológicos.

A desmontagem é definida por questões de geometria dos componentes e condicionantes de montagem, bem como os requisitos dos usuários (XANTHOPOULOS e IAKOVOU, 2009). A facilidade de desmontagem é avaliada principalmente pelo tempo consumido nesta tarefa. A avaliação da desmontagem envolve tanto os aspectos financeiros, quanto os ambientais, e entre eles estão custo do processo de desmontagem, custos dos benefícios do reuso e da reciclagem, em relação ao custo de descarte, além do impacto ambiental de todo o reaproveitamento (HARJULA, RAPOZA et al., 1996). Como destacam Staikos e Ramihifard (2007), a reutilização de materiais deve ser avaliada também segundo critérios econômicos, tais como:

$$\text{custo benefício de revenda: } (CB_{rev} = \frac{\Sigma B}{C_{coleta} + C_{trans} + C_{reparo}}) \quad (1)$$

$$\text{custo benefício de reciclagem: } (CB_{rec} = \frac{B_{peso} \times B_{valor}}{C_{coleta} + C_{trans} + C_{separação} + C_{moagem}}) \quad (2)$$

$$\text{custo benefício da energia: } (CB_{ene} = \frac{B_{energia} \times \text{preço}}{C_{coleta} + C_{transporte}}) \quad (3)$$

$$\text{custo de disposição final: } (CB_{dis} = \frac{0}{C_{transporte} + (\text{Peso calçado} \times C_{aterro})}) \quad (4)$$

A combinação destes critérios pode tornar a argumentação em favor da reutilização difícil ou mesmo inviável.

O projeto para desmontagem, DfD, exige um esforço na definição e implementação da logística reversa, ou seja, como o produto retornará ao fabricante. Pensar a forma de retorno de produtos e o metabolismo tecnológico deve também envolver a negociação com fornecedores e a adoção de iniciativas, que caracterizem uma relação em prol do meio ambiente, entre os parceiros da cadeia de suprimento, alcançado na gestão sustentável da cadeia de suprimentos - green supply chain management (NASCIMENTO, LEMOS et al., 2008)

Neste contexto, quanto maior a complexidade do produto e da cadeia produtiva, mais difícil pode se tornar a implementação do metabolismo tecnológico. Cabe ressaltar que a atual realidade da globalização da produção contribui para a diminuição do controle sobre a cadeia produtiva e apresenta um desafio adicional neste aspecto.

No DfD é fundamental a análise da forma com que os materiais e componentes são misturados, anexados ou montados. Neste caso, a complexidade e o tipo de desempenho esperado do produto são questões que devem motivar projetistas a tentar entender todas as interfaces e o resultado de suas escolhas.

O produto calçado teve sua evolução de manufatura marcada pela meta de durabilidade e conforto, pois o calçado era um produto caro e usado em condições bastante adversas, conforme as características climáticas de cada região. Por isto, a importância e o emprego atual de processos que facilitaram o preparo da matéria-prima e da montagem do produto, como o curtimento ao cromo e a vulcanização.

O uso do cromo no tratamento de peles, descoberto em 1858, representou duas grandes vantagens em relação ao curtimento que se fazia anteriormente com tanino: maior resistência e aceleração do tempo de curtimento. O processo de vulcanização, patenteado em 1844, por sua vez, consiste na fusão do solado ao cabedal enquanto a borracha está em estado líquido, fazendo a ligação mais resistente e durável. Este processo permitiu o desenvolvimento de calçados leves, flexíveis e a prova d'água (DEMELLO, 2009).

Desta forma, ressalta-se que processos como a vulcanização, que hoje pode ser encarada como uma técnica ambientalmente nociva pela forma de produção e pelas dificuldades no fim da vida útil (em relação à desmontagem e decomposição dos materiais), no início de sua implementação representou avanços significativos em certos critérios de qualidade do calçado, como a durabilidade. Hoje, no entanto, há outras questões que devem direcionar as metas do desenvolvimento do produto calçado. Não há necessidade, por exemplo, de o calçado inteiro ou alguns de seus componentes atingirem durabilidade não condizente com suas funções prática ou estética, permanecendo no meio ambiente por centenas de anos, ou liberando substâncias nocivas quando degradados.

Além disto, com a redução, no cenário regional, de práticas de extensão da vida útil do calçado por meio de pequenos consertos nas últimas décadas, cresce a importância de buscar outras metas e formas diferentes de pensar calçado ao longo de processo de desenvolvimento de produto.

## 4 Exemplos de soluções de Projeto para Desmontagem

A possibilidade de desmontagem ao fim do ciclo de vida para remanufatura ou reciclagem, ainda é pouco explorada pelas empresas calçadistas. Contudo, alguns exemplos de soluções de projeto podem ser analisados com objetivo de assinalar o que pode ser feito e quais são as barreiras mais comuns quando, no desenvolvimento de produtos, é enfatizado o projeto para desmontagem para o fim do ciclo de vida.

### 4.1 Modelo Sugar & Spice – Empresa Patagonia

A Patagonia tem sua imagem associada ao ambientalismo desde sua fundação. Em decorrência disto, a empresa mostra esforços no sentido de disponibilizar os dados de seus produtos aos consumidores, em parte devido ao objetivo de transparência que a empresa enuncia.

O modelo feminino apresentado na figura 1, enquadrado dentro do estilo casual urbano, teve como objetivo de projeto utilizar o mínimo de adesivos. Dividido em quatro partes separáveis (solado, suporte da palmilha, palmilha e cabedal), que são conectadas ou desconectadas pelo usuário, sem o uso de adesivos, o calçado permite a substituição de suas partes e facilita o reaproveitamento dos materiais, como pode-se observar na figura 2.



Figura 1. Modelo Sugar & Spice, da empresa Patagonia

De acordo com a empresa, o solado é composto de borracha (látex) natural, por ser um material renovável e pelo reconhecido conforto. O suporte da palmilha necessário para estruturar e manter a firmeza no caminhar é de Poliuretano Termoplástico – TPU, material que, ao contrário do poliuretano convencional, pode ser reciclado, devido a suas propriedades termoplásticas. A palmilha é composta de EVA (etileno-acetato de vinila), parte virgem e parte reciclada. Contudo, a empresa salienta que tem buscado alternativas a este material, porque ele necessita um período muito longo de decomposição; por outro lado, a característica de durabilidade é o principal fator que justifica sua escolha. O cabedal é feito em couro, material que apresenta altos índices de consumo de água e energia na sua produção, como muitos dos materiais renováveis.



**Figura 2.** Calçado separado em suas quatro partes principais

Segundo a empresa, o fornecedor deste material pertence ao BLC Leather Technology Center, grupo que congrega esforços de curtumes, marcas de calçados e revendedores no sentido de buscar melhores práticas ambientais no tratamento de peles. Segundo a empresa, o fornecedor deste material pertence ao BLC Leather Technology Center, grupo que congrega esforços de curtumes, marcas de calçados e revendedores no sentido de buscar melhores práticas ambientais no tratamento de peles.

Este modelo tem 70% de sua massa composta de materiais renováveis (couro e borracha natural) e 24% de materiais reusáveis e/ou recicláveis (TPU e EVA). São índices que podem ser considerados muito bons para a indústria calçadista.

Este modelo poderia configurar um exemplo de produto com ciclo fechado e metabolismo tecnológico, não fosse pela carência de infraestrutura de coleta e reciclagem, o que também envolve a contrapartida dos consumidores para o retorno do produto ao fabricante.

A empresa não deixa claro como deve ocorrer o fim da vida útil do produto, já que, ao contrário do que ocorre para peças de roupa, não existe rede de logística reversa própria que receba calçados.

#### **4.2 Modelo Humara – Empresa Nike**

O DfD de calçados esportivos vem sendo trabalhado na empresa Nike nos últimos anos, analisando o número e as formas de junção dos componentes. A dificuldade no desmembramento do calçado é evidenciada no processo de reciclagem dos tênis, para utilização nos pisos esportivos (item 2), em que o produto é cortado e não desmontado. Neste contexto, o modelo Humara, apresentado na figura 3, é um exemplo inovador de solução de projeto para desmontagem. Um esquema de costura prende o solado (composto por duas partes encaixadas) ao cabedal, conforme é ilustrado nas figuras 4 e 5.

Segundo a empresa, este modelo possui material reciclado nos cadarços e sempre que possível foi usado náilon reciclado na malha do cabedal. O material empregado no solado é a borracha verde desenvolvida pela empresa – Nike Grind Rubber. Este material resultou de um trabalho conjunto com os fornecedores, que em 2002 modificou o processo de fabricação, gerando um material com 96% menos toxinas que a borracha tradicionalmente usada. Em 2005 a formulação foi melhorada, em 2006 3% dos modelos de calçados da empresa utilizavam este material, e a previsão era de 60% para o ano seguinte. Segundo a empresa, melhorias realizadas no material borracha eliminam, anualmente, 3.000 toneladas de compostos tóxicos. Este é o único material claramente especificado pela empresa no modelo Humara.



**Figura 3.** Modelo Humara, lançado em 2009, pela empresa Nike

Contudo, o modelo não representa um exemplo de produto que retorne ao ciclo de produção, ou seja, tenha fluxo fechado. Este modelo foi lançado em 2009 e atualmente saiu de linha, sendo que não houve nenhuma iniciativa particular para o retorno do produto ao fabricante, além da ainda limitada rede de logística reversa pertencente à empresa, descrita anteriormente no item 2. É importante observar ainda que no cabedal deste produto há no mínimo cinco tipos distintos de materiais, sendo que no calçado inteiro é possível identificar em torno de 12 tipos diferentes.



**Figura 4.** Partes do solado do modelo da empresa Nike



**Figura 5.** Detalhes da solução de desmontagem de solado e cabedal

Uma dificuldade citada pela empresa em seu trabalho sobre soluções de DfD para calçados esportivos é que os produtos desmontáveis ainda não possuem o mesmo desempenho dos calçados convencionais da marca.

Entre os objetivos da empresa em longo prazo, projetados para o ano de 2050, está o de desenvolver produtos que tenham ciclo fechado, ou seja, utilizem a menor quantidade de material possível, projetados para fácil desmontagem e que permitam a reciclagem, que os transforme em um novo produto ou que garanta um retorno seguro ao meio ambiente, no final de seu ciclo de vida. Objetivo que se assemelha ao proposto no conceito berço ao berço.

De acordo com a empresa, isto envolve produzir usando o mínimo de materiais possíveis e projetar para desmontagem (DfD), permitindo que o produto seja reciclado ou retorne, com segurança, para a natureza depois de usado. Contudo, a empresa reconhece que, com a tecnologia e os materiais atualmente disponíveis, isto não é possível. Por isto, outras áreas que estão sendo enfatizadas, nas diretrizes de inovação, são a química verde, o consumo de água e a estabilidade climática (ou seja, o controle das emissões).

## 5. Considerações Finais

A reutilização de materiais representa um dos principais gargalos para o fechamento do fluxo de produção do produto calçado.

O conceito berço ao berço orienta que a seleção de materiais deve estar de acordo com os objetivos traçados em relação ao fim do ciclo de vida, ou seja, ao tipo de metabolismo desejado: biológico (compostagem) ou tecnológico (remanufatura ou reciclagem). Este fato remete ao pensamento à jusante na cadeia, sobre as possibilidades de fechamento do ciclo produção/consumo. Pode-se considerar as questões sobre o fim do ciclo de vida como barreiras a serem transpostas para o alcance de um fluxo cíclico de produção. Contudo, empresas pioneiras vêm buscando implementar também ações concretas em relação ao fim de ciclo de vida, trabalhando com o projeto para desmontagem (DfD), a reciclagem dos componentes e até mesmo a compostagem em aterro.

O DfD no calçado vai contra anos de evolução no projeto e manufatura do produto, quando o objetivo era unir de forma permanente a sola ao cabedal. Atualmente, a separação de solado e cabedal pode ser considerada um dos pontos críticos do projeto de um calçado orientado ao metabolismo tecnológico. Como foi descrito nos estudos de caso, algumas empresas já alcançaram boas soluções de projeto para desmontagem (DfD), como nos produtos da empresa Patagônia e Nike, apesar destes ainda representarem casos isolados. Atualmente, as empresas calçadistas não possuem infraestrutura de coleta pós-consumo e logística reversa, com exceção da Nike, que possui uma iniciativa de coleta e reciclagem de calçados, ainda de volume limitado (neste caso, a empresa “solucionou” a desmontagem através da separação de materiais por corte do tênis em três fatias distintas).

Ainda, de acordo com o uso previsto e desempenho esperado para o calçado, a escolha dos materiais pode contemplar maior ou menor exigência de durabilidade e resistência. Neste sentido, é importante considerar o princípio de engenharia verde, prevendo que produtos com atributos e capacidades desnecessários sejam considerados falhas de projeto. Assim, o projeto de produto deve buscar o equilíbrio na definição entre as reais necessidades e o que se convencionou como requisito

Por fim, cabe ressaltar que soluções amplas para o fim do ciclo de vida envolvem não apenas o projeto de desmontagem em si e técnicas de reprocessamento de materiais, mas também a construção de parcerias com fornecedores, interesse e disponibilidade das empresas para estabelecer redes de logística reversa, e também cooperação dos consumidores. Os consumidores, aliás, desempenham um papel fundamental, porque são eles que determinarão o tempo de cada ciclo, de acordo com o período entre compra e retorno pós-consumo. Observa-se, entretanto, que a devolução de peças de vestuário para remanufatura ainda não é um comportamento habitual aos consumidores, tendo resultados bastante limitados, e por isto provavelmente seja necessário gerar incentivos a esta prática.

## Referências

- Albers, K., P. Canepa, et al. *Analyzing the Environmental Impacts of Simple Shoes - A Life Cycle Assessment of the Supply Chain and Evaluation of End-of-Life Management Options*. Donald Bren School of Environmental Science and Management, University of Santa Barbara, Santa Barbara, 108p. 2008.
- Ashley, S. Designing for the environment. *Mechanical Engineering*, v. 115, n.3, pp. 52-55. 1993.
- Demello, M. *Feet and footwear: a cultural encyclopedia*. Santa Barbara, Califórnia: Greenwood Press/ABC-CLIO. 360p. 2009.
- Guimarães, L. B. D. M. *Design e Sustentabilidade*. Porto Alegre: FEEng/UFRGS, v.1. 2009.
- Harjula, T., B. Rapoza, et al. Design for Disassembly and the Environment. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v.45, n.1, p.109-114. 1996.
- McDonough, W. e M. Braungart. *Cradle to cradle : remaking the way we make things*. New York: North Point Press. 193 p. 2002.
- Nascimento, L. F., Â. D. D. C. Lemos, et al. *Gestão Socioambiental Estratégica*. Porto Alegre: Bookman. 232p. 2008.
- Nike. ReUSEaSHOE. Disponível em: <http://www.nikereuseashoe.com>. Acessado em: 01/06/2011.
- Kazmierczak, C. d. S., et al. Resíduos de contrafortes termoplásticos provenientes da indústria coureiro-calçadista. In: V. M. John and J. C. Rocha (Ed.). *Coletânea HABITARE - Utilização de Resíduos na Construção Habitacional*. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. p.124-175.
- Staikos, T. e S. Rahimifard. An end-of-life decision support tool for product recovery considerations in the footwear industry. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v.20, n.6, pp.602 - 615. 2007.
- Staikos, T. e S. Rahimifard. Post-Consumer Waste Management Issues in the Footwear Industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v.221, n.2, p.363-368. 2007.
- Xanthopoulos, A. e E. Iakovou. On the optimal design of the disassembly and recovery processes. *Waste Management*, v.29, n.5, p.1702-1711. 2009.