

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO ECODESIGN NO
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
SUSTENTÁVEIS NA INDÚSTRIA

Flávio Miranda Drumond

Belo Horizonte

2011

Flávio Miranda Drumond

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO ECODESIGN NO
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
SUSTENTÁVEIS NA INDÚSTRIA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientadora: Liséte Celina Lange

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2011

AGRADECIMENTOS

À minha sempre dedicada, paciente e muito amada Mãe.

Ao meu querido Pai, pelo exemplo e caráter. Saudades...

RESUMO

Este trabalho se refere a um estudo da influência do Ecodesign no desenvolvimento de produtos sustentáveis na indústria.

Quando se analisa o crescimento e a concentração populacional, o desenvolvimento de novas tecnologias e serviços e as facilidades de acesso aos bens de consumo ao lado da preocupação ambiental e a responsabilidade com os sistemas naturais, verifica-se um completo paradoxo, como vetores de sentidos contrários. Sendo assim, torna-se necessário criar soluções e tomar medidas preventivas para encarar, viver e conviver com este paradoxo, o que por si só é um tremendo desafio tendo em vista as implicações sociais, econômicas, políticas e ambientais acerca do assunto. Existem diversas práticas de remediação de degradação ambiental atualmente usadas e discutidas nos ambientes acadêmicos e na indústria, as quais, no entanto, notabilizam-se como reativas e/ou corretivas.

Procurou-se, nesse trabalho, ajuntar algumas abordagens distintas que se complementam na busca de soluções para este desafio. Para isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas e a partir de uma revisão de literatura foram trabalhados os conceitos, processos, metodologias e abrangência do Ecodesign. Este trabalho é finalizado inserindo o Ecodesign neste contexto, especificamente na atividade de desenvolvimento de produtos e serviços, incorporando a variável ambiental desde a sua concepção em direção à sustentabilidade (Ecoconcepção), assim como os desafios encontrados.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 METODOLOGIA UTILIZADA NESTA PESQUISA	4
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
4.1 SUSTENTABILIDADE E A ECOCONCEPÇÃO	5
4.2 ECODESIGN	6
4.3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS	8
4.3.1 <i>Processos de produção de novos produtos sustentáveis.....</i>	<i>8</i>
4.3.2 <i>Ciclo de Vida de Produtos.....</i>	<i>9</i>
4.3.3 <i>O produto e sua matéria-prima.....</i>	<i>12</i>
4.3.4 <i>Interações advindas do processo produtivo do produto.....</i>	<i>13</i>
4.3.5 <i>Desenvolvendo novos serviços.....</i>	<i>14</i>
4.4 MÉTODOS DE DESIGN FOR X (DFX)	15
4.4.1 <i>Projeto para o Meio Ambiente.....</i>	<i>15</i>
4.4.2 <i>Projeto para Manufatura.....</i>	<i>16</i>
4.4.3 <i>Projeto para Montagem.....</i>	<i>16</i>
4.4.4 <i>Projeto para Qualidade.....</i>	<i>17</i>
4.4.5 <i>Projeto para Desmontagem.....</i>	<i>17</i>
4.4.6 <i>Projeto para Fim de Vida.....</i>	<i>17</i>
4.4.7 <i>Projeto para Reciclagem.....</i>	<i>18</i>
4.4.8 <i>Considerações sobre DFD, DFEOL e DFR</i>	<i>18</i>
4.4.9 <i>Outros métodos DFX.....</i>	<i>18</i>
4.5 ABRANGÊNCIA DOS MÉTODOS DE DFX	19
4.5.1 <i>Classificação de DFX segundo Holt&Barnes</i>	<i>19</i>
4.5.2 <i>Classificação de DFX segundo Bernstein.....</i>	<i>21</i>
4.5.3 <i>Classificação de DFX segundo Chiu.....</i>	<i>22</i>
4.6 DFX E A ENGENHARIA CONCORRENTE	23
4.7 CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS SOBRE SOFTWARES DE ECODESIGN.....	24
5 ECOCONCEPÇÃO EM PRODUTOS E SERVIÇOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Representação esquemática dos processos logísticos: direto e reverso 8
FIGURA 2: Atividades típicas do processo logístico reverso	8
FIGURA 3: Representação do Sistema de Ciclo de Vida	10
FIGURA 4: Classificação das DFX	23

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Classe de abundância dos elementos químicos11
TABELA 2: Técnicas de DFXvirtude e DFXfase-da-vida20
TABELA 3: Classificação de DFX por suporte21

1 INTRODUÇÃO

A responsabilidade com os sistemas naturais aliada à preocupação ambiental vêm a cada dia ganhando mais espaço em discussões na sociedade. Coleta seletiva de resíduos, legislações ambientais, impostos e multas, que visam um controle mais efetivo em todo o sistema produtivo, tem sido aplicados. Porém, o crescimento e a concentração populacional, aliados ao desenvolvimento de novas tecnologias e serviços, aos novos processos de fabricação, às facilidades de acesso aos bens de consumo e ao curto ciclo de vida dos produtos, geraram um aumento de objetos descartados, a concentração de resíduos sólidos, desperdício e, conseqüentemente, à rápida degradação ambiental. Embora o homem tenha aprendido a utilizar os recursos naturais a seu favor, o cuidado com a escassez desses recursos não teve a mesma atenção.

Na medida em que a produção, os serviços e o consumo aumentam, a extração de matérias-primas, energia e a geração de resíduos também acompanham essa escalada. Junte-se a isso a enorme quantidade de refugos, detritos, sobras, oriundos dos próprios sistemas produtivo e de serviço. O descarte de produtos tem se tornado muito precoce em função da chamada obsolescência programada, fortemente apoiada pela publicidade e *marketing*, que tenta nos manipular para que se viva em função de consumo, impondo a substituição prematura baseada no ciclo da moda. Por si só, traz também a necessidade de novos serviços a reboque, o que implica em maior consumo. Assim, o progresso começou a perder sua fantasia e inocência.

Os resíduos e sucatas se amontoam cada vez mais nos aterros, tornando-os insuficientes e deixando seus níveis insustentáveis. O consumo humano de recursos naturais ultrapassa a capacidade da Terra. O meio ambiente está frágil e a sobrevivência das futuras gerações é tema de estudos. Diante dessa situação, o pensamento ecológico deve vir à tona.

É cada vez mais necessário criar soluções e tomar medidas preventivas para minimizar este problema. É boa prática o uso da metodologia dos 3R's (reutilizar, reduzir e reciclar), o que pode ser alcançado a partir de definições claras e objetivas na fase de projeto. Devemos também repensar o setor de serviços com olhar crítico, maximizando eficácia operacional com minimização de transportes e insumos.

Apesar de diversas ações do próprio homem para minimizar os efeitos nocivos desta escalada desenfreada do consumo e seus impactos, pode-se dizer que a maioria delas são ações reativas e corretivas.

Mas, quais ações pró-ativas ou o conjunto delas deve-se adotar para encarar esta realidade inexorável da degradação ambiental no planeta?

Dentro deste contexto, surge o Ecodesign na atividade de desenvolvimento de produtos e serviços, que procura incorporar a variável ambiental na concepção, definição de objetivos, oportunidades, bem como análise de eficiência, estética, custos, ergonomia, funcionalidade, processos de fabricação, transporte, materiais, etc.

Ao incluir o Ecodesign neste desenvolvimento, empresas tendem a utilizá-lo como diferencial competitivo, integrando-o aos vários setores da indústria ao longo da cadeia produtiva.

Este trabalho busca citar os conceitos e as abordagens para o desenvolvimento de produtos e serviços sustentáveis, seus processos, metodologias, ciclo de vidas e materiais aplicados atualmente na indústria, a fim de contribuir com a discussão sobre o tema “Ecodesign”.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

Discutir o “Ecodesign” como abordagem para o desenvolvimento sustentável e seu uso como ação efetiva na busca da ecoeficiência para novos produtos.

2.2 *Objetivos específicos*

- Discorrer sobre a preocupação ambiental a respeito dos sistemas naturais e seus problemas, e como abordagens científicas podem apoiar a indústria na busca da produção mais limpa.
- Conceituar o “Ecodesign” como ferramenta para desenvolver novos projetos para produtos e para prestação de serviços.
- Citar como as metodologias, processos, ciclo de vida e materiais existentes podem auxiliar a busca pela ecoeficiência.
- Exemplificar o problema e soluções na produção de produtos e serviços de uma indústria específica (Tecnologia da Informação).

3 METODOLOGIA UTILIZADA NESTA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica. O ponto de partida foi a leitura de textos acadêmicos (contribuição da orientadora), de abordagens bem abrangentes sobre a defesa da conscientização e preocupação eco-ambiental na manufatura de produtos e sua recuperação. O foco da pesquisa foi na fase de projeto de produtos e/ou serviços e suas interações, como ferramenta eficaz de colocar em prática ações pró-ativas de melhoria de produção e minimização de impactos ambientais. Dessa forma, pode-se considerar que se tratou de uma pesquisa exploratória, descritiva e explicativa.

Foi exploratória porque não existia uma hipótese pré-concebida. Existia apenas um problema a se discutir: quais ações pró-ativas ou o conjunto delas deve-se adotar para encarar a degradação ambiental. Na pesquisa exploratória, é necessário, segundo Gil (1995), esclarecer, desenvolver e alterar idéias e conceitos para que sejam elaborados problemas e hipóteses mais precisos para futuras pesquisas.

A pesquisa foi descritiva porque se pretendia discutir e descrever o “Ecodesign” como abordagem para o desenvolvimento sustentável, seus conceitos e seu uso como ação efetiva na busca da ecoeficiência para novos produtos e serviços.

Por fim, foi explicativa porque além de trabalhar alguns conceitos básicos e abordar questões como o desenvolvimento de produtos e/ou serviços sustentáveis, apresentar o método de *Design for X*, a pesquisa procurou analisar de forma crítica as atividades industriais e seus impactos ambientais, além de citar abordagens cruzadas entre metodologias pertinentes.

A partir da escolha do tema, além da aplicação real e relevância, realizou-se esta pesquisa aplicada, buscando-se artigos, livros, jornais, periódicos e trabalhos relevantes, originais e contemporâneos sobre o tema, tanto em acervos aqui no Brasil quanto no exterior. Usou-se a internet como meio de pesquisa, não se limitando a esta, focando em meios de pesquisa acadêmicos a fim de fornecer credibilidade às postulações.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 *Sustentabilidade e a Ecoconcepção*

O termo sustentabilidade ambiental foi introduzido em 1987 pela World Commission for Environment and Development (WECD) e refere-se às condições sistêmicas segundo as quais, em nível regional e mundial, as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais em que se baseia tudo o que a resiliência do planeta permite e, ao que será transmitido às gerações futuras, segundo Klohn (2009). A WECD também considera o desenvolvimento sustentável aquele que atende às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades.

Deve-se buscar alternativas que sejam coerentes com a sustentabilidade, mas vive-se dentro de uma dicotomia entre ações sustentáveis e heranças insustentáveis. Por exemplo, e ainda segundo este autor, ao se desmontar produtos entra-se em conflito com o fato de muitos deles terem sido projetados há dez ou vinte anos atrás, quando não se considerava qualquer tipo de reuso futuro. Além de manipular produtos e serviços com projetos antigos existem outros problemas que dificultam a aplicação de um desenvolvimento sustentável. Atua-se com tecnologias de “Fim de Tubo”, onde se procura dar um destino aos resíduos que são considerados inevitáveis. Ou seja, os projetos são os mesmos há muito tempo e isso faz com que tenha-se que descobrir formas de eliminar os resíduos ao invés de pensar no início do processo e modificar o projeto desenvolvido.

Muitas ações de sustentabilidade estão estritamente ligadas à economia e a geração de lucro, tornando mais atrativo atingir determinados objetivos. Por exemplo, minimizar matéria prima utilizada e otimizar os processos, serviços e transportes, acarreta-se em uma economia de materiais e energia, buscando a ecoeficiência, que é a maximização dos benefícios econômicos e ambientais enquanto reduz os custos tanto econômicos quanto ambientais simultaneamente. Surge o neologismo Ecoconcepção.

De acordo com Kreitchmann (2009), a Ecoconcepção de produtos e/ou serviços tem por objetivo reduzir os impactos ambientais gerados no processo de desenvolvimento, desde o início da fase de sua concepção até o descarte do produto no final de sua vida útil e/ou execução dos serviços. Nesta abordagem, os aspectos relativos ao meio ambiente são tão

importantes quanto às demandas do usuário, do mercado, a exequibilidade técnica, os custos etc.

Lima (2003) comenta sobre a necessidade que os projetistas tem a respeito das informações ambientais para o desenvolvimento de projeto de produtos e/ou serviços sustentáveis – Ecodesign - com o objetivo de atender às exigências advindas de pressões ambientais que as indústrias vêm enfrentando, em especial desde a década de 1990. O atendimento dessas exigências demanda uma grande quantidade de informações provenientes de áreas distintas, tais como meio ambiente, materiais, logística, reciclagem e outras, o que torna a tarefa complexa. Faz-se necessário obter informações ambientais em todo o ciclo de vida, desde a concepção até a destinação final do produto e/ou execução do serviço, para evitar que os impactos ambientais de uma etapa sejam, simplesmente, transferidos para outras.

4.2 Ecodesign

Conforme afirmação de Tavares (2009), o *design* tem muito a contribuir nessa conjuntura, pois os modelos de produção industrial e de serviços sofreram influências de variados aspectos, incluindo a atuação de profissionais ligados à sustentabilidade. Os desenhistas (ou projetistas ou *designers*), ao longo de sua formação acadêmica, recebem informações das mais variadas esferas e são considerados profissionais multidisciplinares, dinâmicos, capacitados a desenvolverem produtos tangíveis das mais diversas áreas, tais como processos de fabricação, teoria dos materiais, processos de serviços, ou disciplinas equivalentes. E é de suma importância que o profissional de desenho esteja familiarizado com essa nova ordem mundial, visando incluir parâmetros ambientais em seus projetos na busca por uma produção mais limpa.

Para Klohn (*apud* Manzini e Vezzoli, 2002), *ecodesign* é um modelo ‘projetual’ ou de projeto (*design*) orientado por critérios ecológicos.

Um desenhista ou um arquiteto de soluções, em função das características específicas do seu trabalho e da diversidade de demandas, precisa estar em dia com o seu tempo, com o que acontece no mundo, comenta Kreitchmann (2009). Quando o *designer* desenvolve um produto e/ou serviços, informações sobre a concorrência, mercado, consumidor, sobre o estado da arte dos mesmos e estilos de vida do consumidor etc., isto se torna muito relevante na fase inicial de desenvolvimento.

Para Kreitchmann (2009), é fundamental que o governo e a sociedade assumam novas atitudes, visando gerenciar de modo mais adequado a grande quantidade e diversidade de resíduos que são produzidos diariamente pelas empresas e residências. É preciso pôr em prática a desejável política dos 3Rs e não continuar produzindo e gerando mais resíduos, deixando sem solução adequada seu tratamento e disposição.

A trilogia 3Rs (reutilizar, reduzir e reciclar) deve se expressar em ações, cada vez mais crescentes e praticadas pelas empresas na elaboração de seus produtos, visando à melhoria das condições ambientais e, conseqüentemente da qualidade de vida. A prática dos 3Rs objetiva a construção de um novo comportamento ou atitude diante do problema ambiental e de seus recursos renováveis, e principalmente dos recursos não-renováveis, no ciclo de vida das matérias-primas e dos produtos derivados.

Neste sentido, segundo Kreitchmann (2009), o primeiro “R de reutilizar” significa utilizar novamente os sistemas e subsistemas dos objetos em sua forma original, em que se inclui também a reutilização dos materiais descartados para fabricação de outros produtos. O segundo “R de reduzir” pode ser considerado como a redução do número de componentes de um produto na fase de especificação e detalhamento do projeto, na redução da variedade de matérias-primas utilizadas num mesmo produto, assim como a sua quantidade, além da conscientização da população para diminuição do consumo. O terceiro e último “R de reciclar” consiste em aproveitar dos produtos descartados, os materiais que podem voltar para as indústrias como matéria-prima para a fabricação de novos produtos. A facilidade de desmontagem dos seus componentes tem um papel primordial nesse processo, pois favorece a separação de materiais distintos para que possam ser reprocessados sem contaminação.

O desenho de novos produtos e serviços deve incluir a aplicação dos 3Rs e orientação para o desenvolvimento de novos produtos, pois tende a reduzir o impacto no ambiente.

Para ajudar a prever, já nas primeiras fases as diversas dificuldades do ciclo de vida de um produto, empresas e pesquisadores desenvolveram uma série de ferramentas e metodologias capazes de apoiar as decisões tomadas pela equipe de projeto, de acordo com Iwaya (2011). Essas ferramentas são comumente denominadas por DFX (*Design for X* – Projeto para X), de forma que ao significado do “X” pode-se atribuir qualquer uma dentre as diferentes metodologias utilizadas no decorrer do ciclo de vida, como: qualidade, manufatura, produção, meio ambiente, desmontagem, reciclagem entre outras (Iwaya *apud* Eskilander, 2001).

Olhando-se pelo lado social, o Ecodesign pode transformar o desenho em uma oportunidade para a implantação de ações que venham a dar sustentabilidade às pequenas comunidades carentes (neologismo “ecocidadania”), por meio da correta exploração, produção, comercialização, reciclagem e reuso de produtos, contribuindo para reduzir, dessa forma, a pobreza e, dando oportunidade à comunidade carente de ingressar no mercado de trabalho.

É possível considerar ainda que os *designers* reproduzem a materialidade e os valores da cultura da qual eles são um produto, assumindo-a, incluindo suas configurações de necessidade como fundamento para a ação do *design* (KLOHN, 2005). Conclui-se, a partir do que diz o autor, que quando uma cultura de sustentabilidade estiver presente o *designer* irá refleti-la nos seus projetos.

4.3 Desenvolvimento de produtos sustentáveis

Quando o projetista adota a abordagem da Ecoconcepção, não apenas o produto e/ou serviço devem ser considerados, mas também os ciclos de vida e os processos de produção, afirma Lima (2003). A competitividade, eficiência e sustentabilidade serão dificilmente alcançadas por esforços aplicados após o estágio do projeto do produto e/ou serviço. Os aspectos ecológicos devem ser planejados e considerados antecipadamente e para todo o ciclo de vida, no sentido de formar um sistema ecologicamente completo.

Segundo Kreitchmann (2009), o processo de concepção de um produto e/ou serviço passa por etapas que vão desde aspectos práticos, estéticos, até aspectos abstratos, que são balizados através de informações do meio em que vivemos, e que já estão registrados em nossa memória. Essa concepção de modo de projeto promove uma relação afetiva entre objeto e/ou serviço e usuário. Assim, ao projetar um produto e/ou serviço que transmita "emoções", há a chance de o usuário preservá-lo por um período maior de tempo, aumentando a sua vida útil, postergando seu descarte ou desuso, minimizando assim o impacto ambiental.

4.3.1 Processos de produção de novos produtos sustentáveis

Ao se desenvolver um novo produto, deve-se avaliar seu processo de produção em todos os seus aspectos. O processo tradicional de produção passa por: suprimento, produção, distribuição, chegando ao cliente final. Esse processo é denominado Processo Logístico Direto. Com o advento das preocupações ambientais, surgiu um novo conceito de processo de produção: Processo Logístico Reverso (PLR). Segundo Lima (2003), o PLR é definido como

o planejamento, implementação e controle de fluxo de matérias-primas, estoque e produtos acabados do ponto de pós consumo até o ponto de origem (locais de retorno, revenda, remanufatura, reciclagem ou de descarte), com o objetivo de recapturar valor agregado do produto ou realizar um descarte adequado. Esse processo gera materiais reaproveitáveis que podem retornar ao processo tradicional (ver Figura 1).

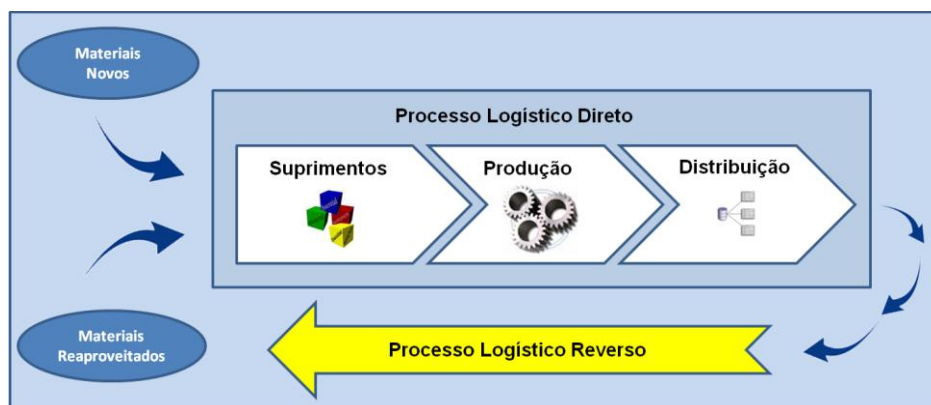


Figura 1 - Representação esquemática dos processos logísticos: direto e reverso
 Fonte: Adaptado de Lima (2003)

As etapas do Processo Logístico Reverso envolvem coletar, separar, desmontar, embalar e expedir (ver Figura 2).

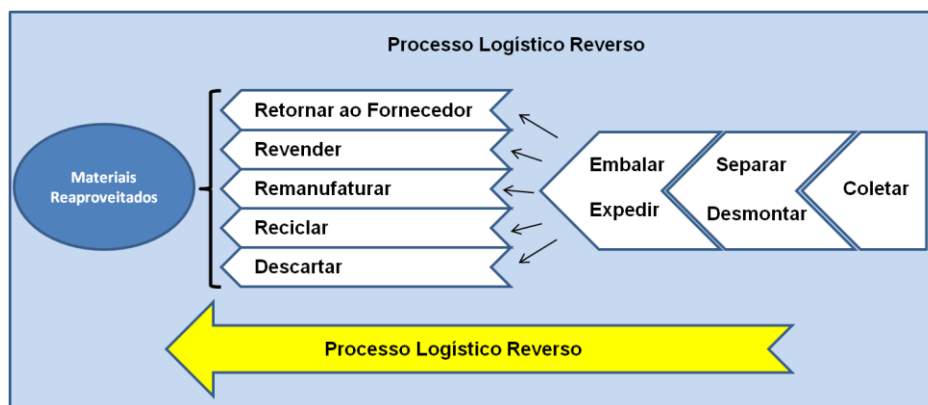


Figura 2 - Atividades típicas do processo logístico reverso
 Fonte: Adaptado de Lima (2003)

4.3.2 Ciclo de Vida de Produtos

Para desenvolver projetos que contemplem este caminho da sustentabilidade pode-se considerar o ciclo de vida de produtos, segundo Klohn (2009). Esta análise pode ser inserida no início do projeto para desenvolver produtos que se adaptem às premissas do caminho da

sustentabilidade. O ciclo de vida de produtos envolve a pré-produção de suprimentos, produção, distribuição (Processo Logístico Direto e/ou Reverso), além do uso e descarte. A seguir, serão abordadas algumas etapas conforme este autor percebe estes processos.

Durante a pré-produção são produzidas as matérias-primas semi-elaboradas. Nesta etapa ocorre a aquisição de recursos, que podem ser virgens, secundários ou reciclados. Os recursos virgens, por sua vez, podem ser de fontes renováveis (biomassas; são cultivados e colhidos) ou não-renováveis (extraídos do solo). Nesta fase também há o transporte e a transformação dos recursos em materiais e energia.

A produção possui basicamente três momentos: a transformação dos materiais, a montagem e o acabamento. Também são citados, embutidos na produção, a pesquisa, o desenvolvimento, o projeto, os controles produtivos e a gestão destas atividades.

A distribuição envolve a embalagem, o transporte e a armazenagem. A primeira permite que o produto chegue intacto às mãos dos consumidores; o segundo pode ser feito por diversos meios de transporte; o terceiro, por fim, é onde o produto fica estocado até ser vendido. Durante a distribuição se percebe consumos e energia utilizados no transporte, bem como a estrutura e os fatores envolvidos na estocagem.

Durante o uso estão envolvidos o consumo e serviço. O consumo acontece quando o produto é usado e se utiliza recursos materiais e energéticos para funcionar, produzindo, conseqüentemente, resíduos e refugos. Algumas vezes os produtos precisam de serviços para reparos ou manutenção.

Quando o produto não serve mais para o seu fim, ou ninguém mais quer utilizá-lo, ele é descartado. Neste momento algumas ações podem ser tomadas: pode-se recuperar toda a sua funcionalidade ou de algum componente; é possível utilizar algumas de suas partes e/ou materiais; é também comum não recuperar nada do produto. Daí, tem-se a idéia da importância da análise do Processo Logístico Reverso, desde a concepção do novo produto (Ecoconcepção), que visa minimizar impactos ambientais ao agir também sobre o descarte.

Ao abordar o Sistema de Ciclo de Vida, Lima (2003) apresenta três elementos que devem ser considerados simultaneamente durante as fases de aquisição, utilização e reciclagem:

4.3.2.1 Sistemas do ciclo de vida: produto

Conforme abordagem acima, inicia-se com a identificação de cada uma das necessidades e estende-se por todo o projeto, planejamento, produção, montagem, uso, fim de vida, estágios de reciclagem e também do apoio logístico no estágio de fim de vida.

4.3.2.2 Sistemas do ciclo de vida: processo

Inicia-se com a definição da tarefa de produção por intermédio do projeto do produto. Agrupa o projeto de produção e sistemas de reciclagem e processos. Em relação à reciclagem, o planejamento do processo de produção tem como objetivo reduzir os gastos e descobrir caminhos para reciclar o produto. Além disto, tem-se o objetivo de descobrir os processos que levam ao valor máximo do fim de vida, como componentes de reposição, materiais e energia para um uso posterior, enquanto reduzem os esforços da reciclagem.

4.3.2.3 Sistemas do ciclo de vida: apoio logístico

Engloba o apoio durante os estágios do projeto e produção, o apoio ao consumidor e a manutenção durante o uso do produto e o apoio à reciclagem do produto. Os pontos principais para a reciclagem são a coleta e o transporte dos produtos pós-uso, fornecendo informações para as indústrias de reciclagem, como por exemplo, a composição dos materiais e, se possível, a transferência dos materiais e dos componentes usados para a produção dos novos produtos. Este sistema proposto pode ser visualizado na Figura 3, em linha do tempo.

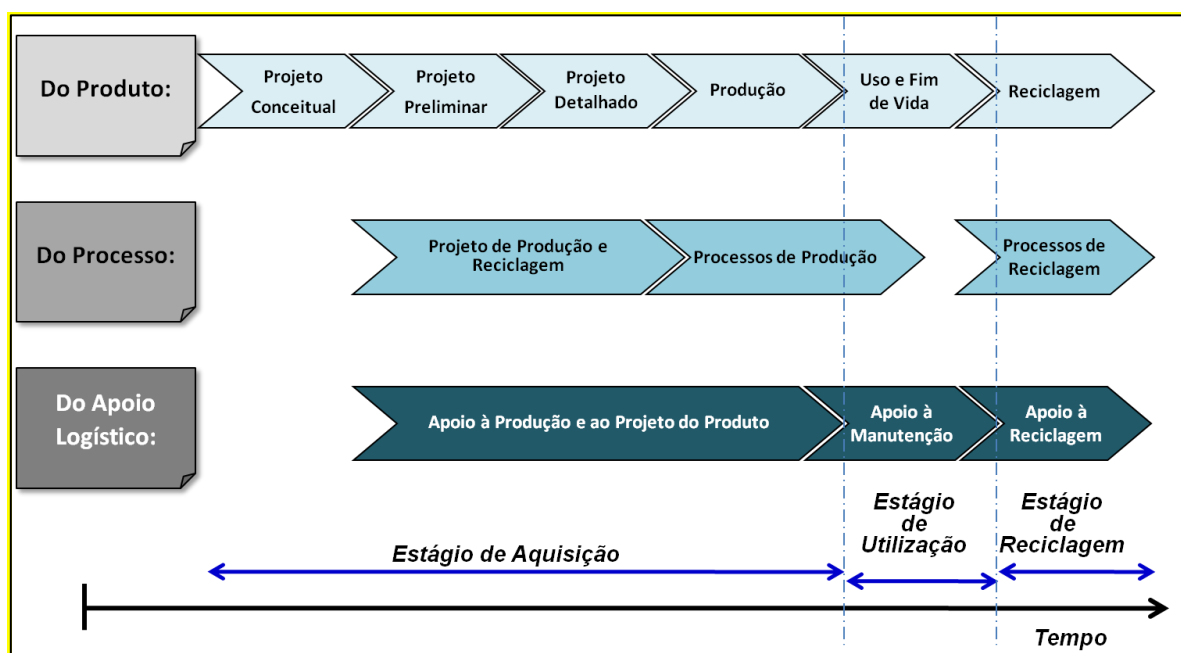


Figura 3 - Representação do Sistema de Ciclo de Vida

Fonte: Adaptado de Lima (2003)

4.3.3 O produto e sua matéria-prima

Durante o estágio do projeto do produto para meio ambiente, discorre Lima (2003), existem objetivos distintos que o projetista pode focar, dependendo da estratégia de fim de vida do produto. A estratégia pode ser direcionada para aumentar a reciclabilidade, para facilitar a desmontagem, para reduzir os impactos sobre o meio ambiente etc. Para qualquer uma das estratégias escolhidas, conforme descrição do mesmo autor, a seleção de material é considerada um fator-chave e envolve uma série de fatores como:

4.3.3.1 Escolha do material

A escolha do projetista a respeito do material a usar, com propriedades físicas e químicas adequadas, é limitada por sua disponibilidade e seu custo. Dessa forma, o ponto de partida para determinar os tipos de materiais é verificar sua disponibilidade em relação à abundância de elementos e compostos encontrados em nosso planeta. A Tabela 3 mostra as cinco principais classes baseadas nas abundâncias elementares:

Tabela 1 – Classe de abundância dos elementos químicos

Classe	Abundância	Elementos
Abundante	> 0,1 %	Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Si, Ti
Comum	> 100 ppm	Ba, Mn, P, Rb, Sr, Zr
Relativamente Comum	10 a 99 ppm	Cr, Cu, Ga, Li, Ni, Pb, Sc, V, Zn
Não Comum	1 a 9 ppm	B, Be, Co, Mo, Sn, Ta, Th, U, W
Raro	< 1 ppm	Ag, Au, Cd, Hg, Sb

Fonte: Adaptado de Lima (2003)

Recomenda-se evitar ou reduzir ao mínimo os materiais considerados como impurezas para a reciclagem do material principal. Por exemplo, no caso dos aços, materiais como o cobre e o zinco não podem ser separados na fusão. Deve-se também selecionar materiais e processos de fabricação que não resultam em retalhos ou a um mínimo destes.

4.3.3.2 Redução de material

Independentemente da disponibilidade do material em abundância e em fornecimento, a quantidade de material utilizado em um projeto deve, sempre que possível, ser reduzida. A redução de material pode ser feita tanto para diminuir o peso do produto quanto para reduzir o número de materiais não compatíveis. Essa consideração talvez seja uma das mais importantes a ser considerada no projeto do produto, pois, mesmo que o produto seja

totalmente descartado, significa que uma menor taxa de resíduo será encaminhada ao meio ambiente, além de demandar menor quantidade de recurso natural.

Lima (2003) considera importante: reduzir o número de materiais diferentes; o número de componentes individuais usados no projeto; evitar o uso de materiais tóxicos; dissociar materiais distintos. O projetista não deve juntar materiais que não sejam semelhantes em produtos cuja separação torna-se difícil. Tanto quanto possível deve ser adotado um único material ou ao menos o menor número de materiais diferentes ou, ainda, o mínimo de diferença entre eles.

4.3.3.3 Substituição de material

A substituição de material é uma estratégia que deve ser considerada no projeto do produto, mesmo após uma redução de material, principalmente no caso dos não tradicionais. Um exemplo de sucesso, que engloba a substituição e a redução de materiais em um mesmo produto é o da indústria automobilística. Nas últimas décadas, houve uma redução e substituição de materiais no automóvel típico dos Estados Unidos e o seu peso total diminuiu em aproximadamente 11% (Lima *apud* Graedel e Allendby, 1996). Observou-se que, no período de 1978 a 1988, a quantidade de aço carbono, zinco e ferro reduziu e a quantidade de plástico, alumínio e cobre aumentou significativamente.

4.3.3.4 Identificação de material

As peças, os grupos de construção ou os produtos deverão ser identificados quanto ao tipo de material e o modo de reciclagem. A identificação correta e clara do material é um fator importante utilizado no projeto do produto, visando a uma separação futura. Essa iniciativa já vem sendo utilizada na indústria de embalagens e na indústria automobilística. No caso das embalagens plásticas, a identificação por meio de símbolos é uma realidade. No caso dos automóveis, os novos modelos estão sendo projetados com essa finalidade, principalmente no que se refere à padronização de símbolos dos materiais plásticos (Lima, 2003).

4.3.4 Interações advindas do processo produtivo do produto

Existem questões adjacentes no processo criativo de um novo produto que merecem atenção, segundo aborda o mesmo Lima (2003) que apresenta algumas interações importantes no projeto do produto:

4.3.4.1 Interações entre produto e processo

No caso de muitos produtos novos, eles não podem ser produzidos sem uma evolução paralela aos processos industriais. Um exemplo é a indústria de produtos eletrônicos, em que há uma contínua evolução para projetar produtos usando-se resoluções cada vez mais apuradas nos circuitos integrados, no sentido de aumentar a velocidade e reduzir o tamanho. Tais projetos são razoáveis somente se a resolução final puder ser alcançada e houver ferramentas de produção disponíveis. Da mesma forma, as metas do Ecodesign podem ser alcançadas somente se os projetistas do processo trabalharem mais próximo aos projetistas de produto, para fornecerem as ferramentas de produção necessárias e tornarem os produtos “ambientalmente amigáveis”.

4.3.4.2 Interações com o fornecedor

Após décadas, tornou-se óbvio que as metas de confiabilidade, eficiência, qualidade, redução de custo e outras não podem ser alcançadas no processo de produção sem a participação ativa dos fornecedores. Um exemplo relevante é o tempo certo de entrega (*just in time*) de suprimentos, técnica que reduz o custo de armazenagem e aumenta a qualidade do produto. Do ponto de vista ambiental, esses relacionamentos podem ser usados para fornecer informações sobre materiais reciclados, criar mercados para resíduos de produtos recicláveis e padrões e especificações para os itens comprados.

4.3.4.3 Interações de marketing

O projetista e os gerentes de *marketing* podem promover metas industriais ecológicas por meio dos compradores e fornecedores. Neste caso, o projetista pode melhorar a embalagem do produto (incluindo embalagem para devolução ou embalagem reciclável), reduzindo o transporte desnecessário, fornecer informações sobre os aspectos ambientais relacionados aos produtos e os tipos de reciclagens disponíveis. A divulgação das ações concretas da empresa em busca da sustentabilidade podem ser usadas até como ferramenta de *marketing*, consolidando a imagem da empresa e cativando o público e clientes com consciência ambiental.

4.3.5 Desenvolvendo novos serviços

Ao desenvolver serviços, o projetista também passa por etapas de iniciação, planejamento, execução, implantação, controle até disponibilização continuada do serviço ao cliente final.

Pensando em ecoeficiência, deve-se utilizar princípios de redução de consumo ao engenhar uma operação de serviços. Exemplos: considerar mínimo de viagens e deslocamentos de pessoas (aviões, carros, motos, etc.), uso mínimo de insumos (papel, computadores, impressoras, etc.), processos operacionais enxutos, uso de energias renováveis para operação (solar), compartilhamento de recursos, e uso de teleconferências em reuniões evitando deslocamentos, dentre outras ações a serem discutidas na fase da “prancheta”.

4.4 Métodos de Design for X (DFX)

De acordo com Iwaya (2011), desde a década de 1960, esforços vêm sendo realizados no estudo do projeto conceitual e detalhado de produtos, visando a análise de montagem e manufatura. Mas, foram nas três últimas décadas (80, 90, 2000) que métodos como “Projeto para o Meio Ambiente”, “Projeto para Manufatura”, “Projeto para Montagem”, “Projeto para Qualidade”, entre outros, foram consagrados como eficientes ferramentas de redução de custo, aumento de qualidade e redução de impactos ambientais na sociedade. DFXs tornaram poderosas ferramentas para análise de projeto de produto em um processo de previsão de erros dos processos subsequentes.

Dentre as diversas metodologias que compõem o DFX, algumas já estão sendo mais fortemente aplicadas, possuindo uma literatura mais ampla e métodos de implantação bem estruturados.

4.4.1 Projeto para o Meio Ambiente

O “Projeto para o Meio Ambiente” (DFE - *Design for Environment*) - é o desenho que prevê a sustentabilidade, o Ecodesign, a Ecoconcepção, segundo Iwaya (2011).

O DFE busca um novo caminho de desenvolvimento de produtos onde os aspectos ambientais estão no mesmo patamar de questões como: funcionalidade, durabilidade, custo, tempo certo para o mercado (*time-to-market*), estética, ergonomia e qualidade.

Iwaya (2011) define DFE como sendo uma família de técnicas de projetos ambientalmente conscientes, com diversas ramificações, como “Projeto para Desmontagem”, “Projeto para Reciclagem”, “Projeto para o Fim de Vida”, entre outras.

4.4.2 Projeto para Manufatura

O “Projeto para Manufatura” (DFM - *Design for Manufacture*) - faz uma seleção de materiais; possui processos e projetos modulados; utiliza componentes padronizados, multiuso de engates rápidos e montagem direcionada para a minimização.

Desde 1985, têm-se desenvolvido métodos para que projetistas possam obter estimativas de custo para peças de operações nas primeiras etapas de projeto. Já realizaram-se estudos para peças usinadas, moldadas por injeção, fundidas, estampadas, feitas com metal em pó (IWAYA, 2011).

A metodologia de DFM também vem sendo muito empregada junto a sistemas CAD/CAM, com *softwares* integrados para estimar custos. Assim, o projetista modela as peças através do computador, onde se podem ser extraídas informações como características de uma peça a fim de estimar os custos de fabricação. Estas informações voltam ao projetista, que pode modificar seu projeto a partir de manuais ou guias de DFM, onde encontrará alternativas para escolher a melhor solução de melhoria.

O DFM consiste em procedimentos sistemáticos para prever a maximização da utilização dos processos de fabricação em peças durante o projeto de produto, enquanto o “Projeto para Montagem” realiza procedimentos sistemáticos para maximizar a utilização das peças de um produto.

4.4.3 Projeto para Montagem

O “Projeto para Montagem” (DFA – *Design for Assembly*) - utiliza uma montagem mais fácil com menor custo de manufatura, reduz despesas e melhora qualidades dos produtos, segundo Iwaya (2001).

O DFA tem como objetivo principal a redução do número de componentes que formam um determinado produto, ou seja, uma simplificação da estrutura do produto a partir de um projeto inicial, de forma que no final o conjunto dos componentes remanescentes esteja estruturado para uma fácil montagem, com um custo total de montagem reduzido, mas mantendo todas as funcionalidades especificadas.

4.4.4 Projeto para Qualidade

O “Projeto para Qualidade” (DFQ – *Design for Quality*) – defende o ponto de vista de que a qualidade deve ser projetada no produto, pois inspeções e controle estatísticos de qualidade nunca irão compensar um projeto ruim (IWAYA, 2011).

Segundo este autor, qualidade é o termo utilizado para referir-se aos problemas de qualidade na fábrica ou na aceitação do cliente, e a palavra "confiabilidade" é usada para se referir aos problemas de qualidade que se desenvolvem durante a utilização. Os principais objetivos do “Projeto para Qualidade” consistem em:

- Projetar um produto que satisfaça os requisitos solicitados ou não pelo cliente;
- Projetar de forma robusta um produto onde se pode anular ou minimizar efeitos de potenciais variações na sua manufatura, no seu ambiente, na utilização certa e errada;
- Melhoria contínua da confiabilidade do produto, desempenho e tecnologia a fim de exceder as expectativas do cliente e oferecer maior valor agregado.

4.4.5 Projeto para Desmontagem

O “Projeto para Desmontagem” (DFD - *Design for Disassembly*) - maximiza as fontes de reciclagem e minimiza a potencialidade de poluição de produtos. Tem um projeto facilitado para desmonte do produto (KLOHN, 2009).

O DFD, de forma parecida com o DFA, avalia e estabelece a melhor seqüência para desmontar um produto. A avaliação normalmente baseia-se no tempo e custo da operação de desmontagem (IWAYA, 2011). Mas diferentemente do DFA, o foco do método não está apenas no custo, pois procura alternativas durante a desmontagem para recuperar primeiro as partes reutilizáveis ou com maior valor para reciclagem.

4.4.6 Projeto para Fim de Vida

O “Projeto para Fim de Vida” (DFEOL – *Design for End of Life*) – é a técnica para guiar o projetista a montar uma estratégia de fim de vida para o produto e/ou componentes, abordando o reuso, serviço, remanufatura, reciclagem após desmonte ou reciclagem com retalhamento (IWAYA, 2011).

4.4.7 Projeto para Reciclagem

O “Projeto para Reciclagem” (DFR – *Design for Recycling*) – foca nos atributos de desenho que conduz a uma relação (custo/benefício) efetiva para reciclagem e desagregação dos materiais usados no produto. (IWAYA, 2011)

4.4.8 Considerações sobre DFD, DFEOL e DFR

Estes três métodos de DFX estão intimamente relacionados. Afinal de contas, montagens cujas peças são difíceis de serem separadas são muito mais difíceis de reciclar, e também há casos em que a reciclagem não é sempre a opção mais ecológica (Lima, 2003).

As direções serão diferenciadas, dependendo do tipo do produto, dos materiais usados e dos métodos disponíveis para os mesmos, podendo ser especificada como meta pretendida no projeto: descarte (ex.: incineração, aterro sanitário) ou reciclagem.

Se a meta do projetista é o descarte em aterros sanitários, as considerações de desmontagem não são importantes. Por outro lado, o projetista deve levar em consideração o tipo de material que será descartado, pois estes devem ser menos agressivos ao meio ambiente.

Se a meta do projetista é a reciclagem e se os componentes do agrupamento não são compatíveis, as ligações entre estes deverão ser facilmente desmontadas, isto é, removíveis manualmente ou a partir da utilização de ferramentas ou equipamentos adequados à separação.

Deve-se considerar também as condições de trabalho dos envolvidos na atividade de desmontagem, de forma que esta reciclagem seja cada vez mais facilitada. Desta forma, é essencial ao adequado processo de reciclagem que o produto seja facilmente desmontado (por intermédio, sempre que possível, de processos não destrutivos) ou que possa ser reciclado integralmente em um mesmo processo.

4.4.9 Outros métodos DFX

Iwaya (2011) ainda discorre sobre outros métodos, a saber:

4.4.9.1 Projeto para Armazenagem e Distribuição

O “Projeto para Armazenagem e Distribuição” (DFSD – *Design for Storage and Distribution*) - preocupa-se com todos os processos que envolvem desde a armazenagem à distribuição do produto.

4.4.9.2 Projeto Inclusivo

O Projeto Inclusivo (*Inclusive Design*) defende práticas na etapa de projeto para perceber populações com necessidade especiais, devido a incapacidades físicas ou de saúde, mas que precisam utilizar determinados produtos.

4.4.9.3 Projeto para Cadeia de Suprimento

O “Projeto para Cadeia de Suprimento” (DFSC – *Design for Supply Chain*) – tem no custo sua meta mais importante, avaliando também qualidade do produto, tempo total de produção (incluindo fornecedores e parceiros), além dos riscos associados.

4.4.9.4 Projeto para Manutenção

O “Projeto para Manutenção” (DFMt - *Design for Maintainability*) - prevê uma vida útil maior, maior confiabilidade do produto, fácil manutenção e reparo; design clássico referente ao estilo e zelo do usuário. Oferece um serviço de manutenção durante a vida útil do produto e seu recondicionamento quando necessário.

O objetivo básico do DFMt é assegurar que um produto possa ter mantido por todo o seu ciclo de vida de utilização, por um custo razoável sem dificuldades.

4.4.9.5 Projeto para Confiabilidade

O “Projeto para Confiabilidade” (DFRel – *Design for Reliability*) – defende o desenho de produto que efetuará satisfatoriamente uma função específica por um período específico em determinadas condições de operação, sem problemas de quebras e/ou falhas.

4.5 Abrangência dos Métodos de DFX

4.5.1 Classificação de DFX segundo Holt&Barnes

Iwaya (*apud* Holt e Barnes, 2009) comenta uma classificação para os métodos de DFX. As técnicas de DFX foram divididas em dois grupos: aquelas que aperfeiçoam o produto com respeito a uma virtude (custo, qualidade, usabilidade, entre outras) e as que aperfeiçoam o produto em uma fase particular do ciclo de vida (manufatura, montagem, reciclagem entre

outras.). Estas técnicas foram nomeadas DFXvirtude e DFXfase-da-vida respectivamente (ver Tabela 2).

Tabela 2 –Técnicas de DFXvirtude e DFXfase-da-vida por Holt & Barnes (2009)

DFXvirtude	DFXfase-da-vida
<i>Projeto para o Meio Ambiente</i>	<i>Projeto para Manufatura</i>
<i>Projeto para Qualidade</i>	<i>Projeto para Fim de Vida</i>
<i>Projeto para Manutenção</i>	<i>Projeto para Desmontagem</i>
<i>Projeto para Confiabilidade</i>	<i>Projeto para Reciclagem</i>
<i>Projeto para Custos</i>	<i>Projeto para Cadeia de Suprimentos</i>
<i>Projeto para Desenho Afetivo</i>	<i>Projeto para Montagem</i>
<i>Projeto Inclusivo</i>	

Fonte: Adaptado de Iwaya (2009)

O objetivo principal de uma ferramenta DFX é auxiliar o projetista a tomar decisões, prover meio de avaliação do projeto em uma perspectiva do ciclo de vida. DFXvirtude e DFXfase-da-vida possuem diferentes formas de fornecer este suporte (ver Tabela 3). Iwaya (*apud* Holt e Barnes, 2009) cita quatro formas de suporte: guias qualitativas; métricas; verificações de viabilidade; *softwares* para aplicar métricas e verificações de viabilidade.

Tabela 3. Classificação de DFX por suporte, conforme Holt e Barnes (2009)

Projeto para...	Tipos de suporte
<i>Projeto para Manufatura e Montagem</i>	Guias; Verificação de viabilidade: processo de fabricação; Verificação de viabilidade: sequência de montagem; Métrica: custos de fabricação e montagem
<i>Projeto para Meio Ambiente</i>	Guias; Métrica: impactos ambientais no ciclo de vida
<i>Projeto para Fim de Vida</i>	Verificação de viabilidade: opções de fim de vida; Métrica: impacto ambiental do fim de vida do produto
<i>Projeto para Desmontagem</i>	Verificação de viabilidade: sequência de desmontagem; Métrica: Custo e tempo da desmontagem; valor recuperado
<i>Projeto para Reciclagem</i>	Guias; Métrica: médias de reciclabilidade
<i>Projeto para Qualidade</i>	Métrica: prioridades dos requisitos de engenharia baseados nas necessidades do cliente; custo da não qualidade; <i>benchmarking</i>
<i>Projeto para Manutenção</i>	Guias; Métrica: custos de manutenção
<i>Projeto para Confiabilidade</i>	Guias; Métrica: estimativas de confiabilidade
<i>Proj. Cadeia de Suprimentos</i>	Verificação de viabilidade: cadeia produtiva; Métrica: custo da cadeia produtiva; qualidade; nível de parcerias; riscos
<i>Projeto Inclusivo</i>	Guias; Métrica: exclusões devido ao projeto

Fonte: Adaptado de Iwaya (2009)

Enquanto as métricas são o coração do DFXvirtude, para o DFXfase-da-vida é necessário apresentar formas de verificar a viabilidade de projetos em uma etapa determinada. Tanto técnicas de DFXvirtude quanto DFXfase-da-vida possuem *softwares* correspondentes ou pesquisas em desenvolvimento. Isto reduz significativamente os esforços no momento de aplicação dos métodos de DFX.

4.5.2 Classificação de DFX segundo Bernstein

Segundo Bernstein (2010), estas ferramentas apresentam-se em três categorias principais:

4.5.2.1 Lista de Checagem (Checklists):

Listas que guiam o projetista para a criação de um desenho sustentável, durante todo ciclo de vida do produto. Porém, estas listas de verificação são limitadas por sua generalidade e pouco desenvolvem pensamento inovador que pode levar a novas oportunidades de produtos.

4.5.2.2 Ferramentas de QFD

Ferramentas QFD (*Quality Function Deployment*) são baseadas no relacionamento entre as necessidades dos clientes, as necessidades ambientais, desenvolvimento e as características de qualidade. Usa-se a análise funcional para identificar como as características de qualidade são correlacionadas com características de engenharia (incluindo a estrutura e componentes).

4.5.2.3 Ferramentas de Ciclo de vida

Ferramentas de Ciclo de Vida foram desenvolvidas para identificar as conseqüências ambientais de um produto ou processo ao longo de cada uma das suas fases do ciclo de vida.

Existem as ferramentas de Ecodesign visuais que tratam a estratégia do ciclo de vida. Estas ferramentas mapeiam a concepção ecológica e o ciclo de vida completo do produto, dividindo-o em oito categorias: (1) desenvolvimento de conceitos novos; (2) materiais de baixo impacto (3) desmonte (4) produção mais limpa (5) distribuição (6) impacto na fase de utilização (7) tempo de vida inicial (8) fim da logística de vida. Esta ferramenta qualitativa tem sido amplamente reconhecida como uma ferramenta útil para a realização de projetos e produtos sustentáveis.

4.5.3 Classificação de DFX segundo Chiu

Conforme Chiu (2009), pode-se organizar as ferramentas através de seus conceitos de eficiência e *design* verde. É possível classificar os métodos DFX em três classes de percepção: (1) escopo do produto (2) escopo do sistema e (3) escopo do sistema ecológico conforme Figura 4.

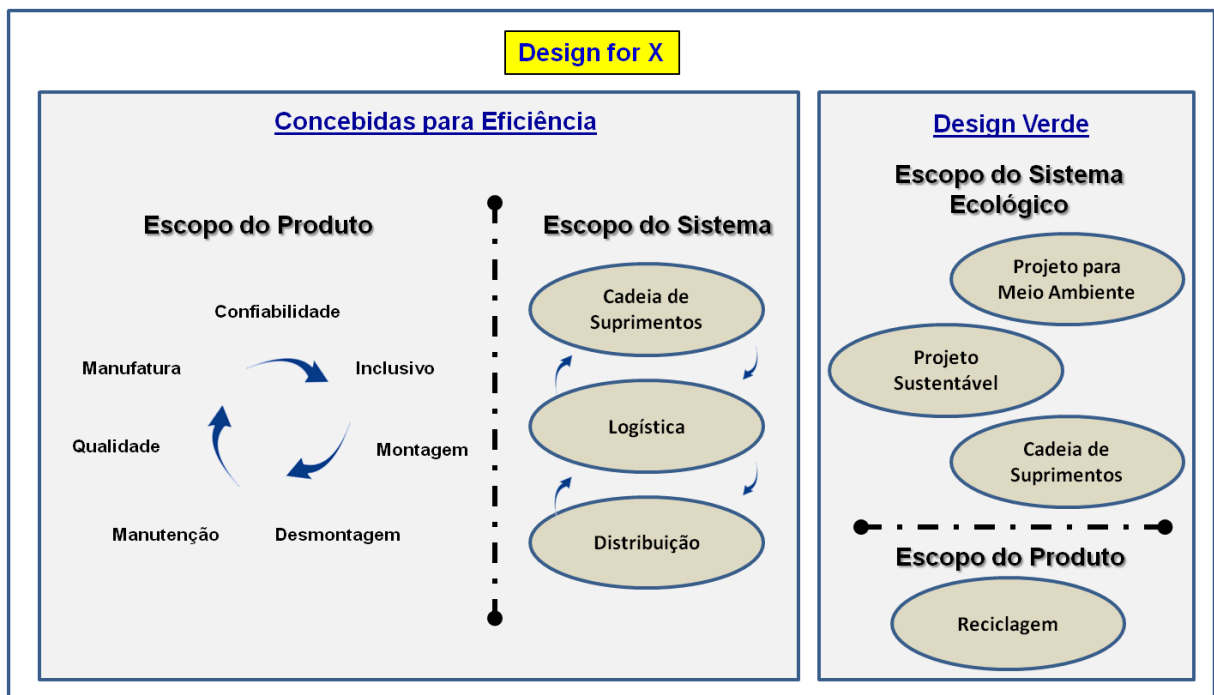


Figura 4 – Classificação das DFX segundo Chiu (2009)

Fonte: Adaptado de Chiu (2009)

4.6 DFX e a Engenharia Concorrente

Ywaya (2011) apresenta a Engenharia Concorrente (*Concurrent Engineering, CE*) como o ambiente ideal para o desenvolvimento de produtos. Seus objetivos incluem melhoria da qualidade, redução de custos, diminuição dos ciclos de trabalho, maior flexibilidade da produção, eficiência e melhoria da imagem social de uma empresa.

A engenharia concorrente busca diferir-se da seqüencialidade dos processos de desenvolvimento do produto, organizando assim as tarefas de forma paralela e diminuindo o tempo necessário de suas execuções. Esta diminuição de tempo entre os processos também acarretará em um ganho da jornada do produto para o mercado.

Para isto, a equipe de projeto necessitará tanto de especialista na parte de produto quanto de fabricação dentre outras áreas da empresa. É preciso contribuir para a geração de projetos mais elaborados, evitando a tradicional atitude de trabalho em que “nós projetamos, você fabrica”, também conhecida como abordagem “por cima do muro”, pois os engenheiros de fabricação, atuando junto aos projetistas, irão sanar grande parte dos problemas de produção do projeto.

A cooperação entre as ferramentas de DFX apresentadas e as práticas da Engenharia Concorrente se mostram importantes ferramentas de competitividade para as indústrias produtoras de bens de consumo e serviços. As técnicas de DFM, DFA, DFQ e DFE estão já suficientemente amadurecidas, e os ganhos apresentados em suas respectivas literaturas apontam estes resultados.

Apesar de os estudos na área de projeto de produto já possuírem mais de meio século e sistemáticas como DFM e DFA datarem da década de 1980, poucos trabalhos ainda são encontrados no cenário da indústria brasileira, afirma Ywaya (2011). Ganhos expressivos em diversas multinacionais dos mais variados setores indicam o sucesso de métodos de DFX, porém pouco trabalho pode ser encontrado no cenário nacional. Pode-se dizer, que o trabalho de disseminar esta cultura está caminhando, com esforços de pesquisadores acadêmicos. Isto mostra também que há muito a se desenvolver nesta área em tecnologia nacional voltada para a realidade brasileira.

4.7 Considerações críticas sobre softwares de Ecodesign

As ainda raras ferramentas de concepção ecológica podem ser classificadas de acordo com suas características e suas funcionalidades: avaliação do impacto (ambiental e custo), melhoria de desempenho, criatividade (integração de critérios ambientais nas ferramentas de design clássico) híbrido, estratégia, etc, conforme exposto por Rio (2011).

Alguns *softwares* (ferramentas) de Ecodesign apresentam pouco valor prático. Estes *softwares* exigem uma grande quantidade de informação ou de tempo para usar. Além disto, requerem uma visão global sobre o ciclo de vida do produto (fluxos de materiais, os fluxos de energia e poluição das matérias-primas até o fim da vida).

No entanto, projetistas de produto tem um entendimento parcial da integração ao meio ambiente no processo de desenho. Conseqüentemente, a maioria das ferramentas de concepção ecológica não é utilizada efetivamente na indústria. Adaptar-se a um novo *software*, por exemplo, requer tempo, motivação, os recursos financeiros e aceitação pelo resto da equipe. Não necessariamente o uso deste *softwares* traduz em melhorias perceptíveis, porém traz mudanças.

É difícil avaliar as ferramentas, *softwares*, e compará-las. Projetistas devem ser educados sob a ótica da Ecoconcepção, para a avaliação. Como afirmado por Gupta (2010), as empresas precisam educar seus funcionários em aspectos ambientais da produção para aumentar a sua vantagem competitiva. Além disso, princípios de Ecoconcepção devem ser incorporados nos currículos de engenharia nas universidades

Pesquisadores trabalham apoiados em metodologias para escolher o *software* adequado. Comunidades de Ecodesign visam desenvolver, testar e contribuir para o aparecimento de ferramentas, metodologias e *softwares* para o processo de desenho. Porém, com problemas de padronização e integração entre elas, ainda há muito o que se desenvolver sobre o tema.

5 ECOCONCEPÇÃO EM PRODUTOS E SERVIÇOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

A evolução da tecnologia é uma das molas-mestre das nações consideradas de primeiro mundo, conforme discorre Tavares (2009). Seu domínio é um dos grandes pontos-chave que diferenciam um país desenvolvido de um país em desenvolvimento, além de tornar esta nação uma referência para o restante do mundo. O abismo entre essas duas categorias de países aumentou significativamente no século XX, e foi nessa época que a tecnologia cresceu drasticamente.

Dentre várias possibilidades de atuação da tecnologia, a informática é a área que mais se aproxima do cotidiano da civilização, sendo a que podemos considerar a mais democrática de todas, afinal, sua presença, antes destinada ao ambiente corporativo, é cada vez maior no âmbito doméstico. Estatísticas indicam que a cada dia 350 mil novos computadores estão sendo postos em comercialização (Tavares *apud* Kazazian, 2005). Nota-se que a indústria de computadores cresce num ritmo alucinante, principalmente com a chegada da internet, que trouxe inúmeros benefícios à sociedade, tais como interligar pessoas em qualquer lugar do mundo, ter acesso às informações dos mais diversos tipos e gêneros, e realizar as mais variadas transações comerciais, só para citar alguns.

Com a popularização desse fruto da tecnologia, uma quantidade enorme de pessoas passou a utilizar o computador pessoal, inclusive desbancando da televisão o título de único item eletrônico de primeira necessidade familiar, além da utilização de *lan houses*. Portanto, pode-se considerar o computador como uma magnífica ferramenta de desenvolvimento social e econômico.

Tavares (2009) comenta que o computador, assim como a maioria dos equipamentos eletroeletrônicos, sofre alterações em vários aspectos, seja na sua configuração formal, nos seus sistemas funcionais ou nos componentes periféricos. Essa constante atualização, também conhecida como *upgrade*, possibilita que a indústria desenvolva uma quantidade enorme de novos produtos. À medida que as novidades chegam ao mercado, prometendo desempenhos cada vez maiores das máquinas, o consumidor se sente estimulado a comprar e, conseqüentemente, aumenta o consumo. Dispondo de um modelo mais atualizado, o consumidor acaba por descartar seu equipamento antigo, visto que sua nova aquisição satisfará mais intensamente suas necessidades. Ao se tornar obsoleto, o destino do

equipamento antigo acaba sendo o descarte, muitas vezes de forma prematura, uma vez que ainda é possível utilizá-lo.

A obsolescência técnica de produtos eletrônicos, que geralmente são concebidos para serem rapidamente substituídos por versões mais performáticas, torna as versões anteriores antiquadas, gerando um grande e rápido descarte destes produtos (KREITCHMANN, 2009).

Segundo Tavares (2009), o consumismo em alta incentiva as indústrias a produzirem cada vez mais produtos, diferenciando-os tanto pela forma quanto pela função, e os consumidores acabam comprando, não pelo produto em si, mas por puro impulso. Essa corrida em busca das novidades acabou por diminuir o tempo de uso dos computadores. Este comportamento imediatista do homem, que consome produtos com tempo de utilização cada vez mais curto, aliado à substituição movida pela constante renovação de formas, por comprar impulsivamente, tem contribuído ao sucateamento dos produtos e aumentado o volume de resíduos.

Embora existam meios de se tratar os resíduos comuns, no caso dos resíduos eletrônicos existe a problemática dos materiais químicos utilizados na composição de seus componentes. Quando um eletrônico é jogado em lixo comum e vai para em um aterro sanitário, por exemplo, há grandes possibilidades de que os componentes tóxicos contaminem o solo e cheguem até os lençóis freáticos, afetando também a água, que muitas vezes é utilizada pela população. Nesse conjunto de materiais danosos ao meio ambiente, estão alguns metais pesados e extremamente tóxicos e poluidores, tais como o Cromo, Mercúrio, Chumbo e Cádmio.

É possível reutilizar alguns componentes eletrônicos na geração de novos produtos, diminuindo seu descarte no meio ambiente. Se os centros de triagem pudessem fazer uma separação limpa, sem quebra, poderiam utilizar maior quantidade de material para a reciclagem, ou mesmo entrar em outro nicho de mercado, da revenda de peças para reuso ou reaproveitamento. Trata-se de colocar em prática a análise do Processo Logístico Reverso: planejar, implementar e controlar fluxo de matérias-primas, estoque e produtos acabados, com o objetivo de recapturar valor agregado do produto ou realizar um descarte adequado, gerando materiais reaproveitáveis como retorno ao processo tradicional.

Um exemplo de prática sustentável seria o reaproveitamento de peças de um computador em outro de modelo diferente. Se houvesse um padrão definido de encaixes e dimensões, certamente haveria mais material reutilizado e menos desperdício. Pensando em materiais de insumo, continua Tavares (2009) a comentar, deve-se projetar componentes eletrônicos selecionando-se recursos e materiais renováveis e abundantes, usando-se um número menor possível de materiais diferentes. Evitar metais pesados e tóxicos, o que por si só é um grande desafio, é uma questão que deve ser perseguida.

O uso de plásticos recicláveis é desejável, além de metais de fácil recuperação. Para se tornar mais simples, deve-se padronizar e usar identificação dos materiais para separação em desmontes. É desejável a redução do número de peças encontradas no produto eletrônico final, facilitando montagem e desmontagem, produção e reciclagem. Para o final de vida do produto eletrônico, e nos casos de insucesso de reuso, a reciclagem por retalhamento deve ser considerada, evitando fim de ciclo em aterros sanitários ou lixões.

Em contrapartida à obsolescência programada, comum em produtos e serviços ligados a Tecnologia da Informação, é recomendável o projeto de produtos duradouros através da maximização da qualidade, evitando-se a frenética troca por novos modelos e funcionalidades. Neste sentido, pode-se agrupar o maior número de novas funcionalidades a serem lançadas no novo modelo, ao invés de novos lançamentos para cada pequena novidade.

Minimizar matéria-prima utilizada, otimizar os processos, serviços e transportes implica em uma economia de materiais e energia, buscando a ecoeficiência e a maximização dos benefícios econômicos e ambientais. Porém, deve-se focar fortemente no acultramento da população e tomadores de decisões na indústria sobre estas ações, suas conseqüências e benefícios, espalhando o conhecimento e hábitos duradouros entre as gerações atuais e as que virão no futuro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na primeira fase deste trabalho, percebeu-se quão vastas são as disciplinas a serem estudadas acerca da Ecoconcepção. Deve-se abordar o desenho do produto, cadeia de produção e de suprimentos, a remanufatura e a desmontagem. Esta constatação foi importante para se observar a abrangência e as várias facetas a serem exploradas. Decidiu-se por focar em uma destas disciplinas: o desenho do produto. No entanto, foi marcante a percepção da importância da interação entre estas disciplinas para se trabalhar conscientemente a manufatura e a remanufatura ambientalmente corretas, tanto para produtos quanto para serviços.

É notória a exploração humana dos recursos naturais desde os primórdios, e logicamente não se teria evoluído como tal sem uso desta prerrogativa. O que está em voga é a discussão de como se faz este uso e até quando estará disponível. Qual será o legado às futuras gerações?

O desenvolvimento sustentável é uma necessidade e é desejado pelas nações, apesar de discutido somente em nível acadêmico por algumas, além de outras que somente participam de discussões sem serem contundentes ao agir.

Pela perspectiva prática na busca de soluções reais, a academia e a indústria trilharam dois caminhos: como corrigir o que já se faz, está estabelecido e consolidado, porém trazendo impactos negativos ambientais e como evitar que se aconteça novamente desvios de produção e consumo no rumo da degradação do ambiente e conseqüente qualidade de vida.

A trilha das medidas corretivas é árdua, penosa e desgastante, pois procura-se dar um destino aos resíduos que são considerados inevitáveis e provenientes das tecnologias existentes e consolidadas. Instalam-se filtros, separadores, coletores para capturar o indesejável, sendo que este inevitavelmente será acomodado em outro lugar.

Mesmo assim, gera insatisfações em vários níveis da sociedade devido a problemas de ineficiência da ação corretiva ou até mesmo inadequação na disposição final dos resíduos. Por outro lado, este caminho levou a soluções importantes e até definitivas, principalmente quando se leva em conta que a humanidade não para de crescer e consumir. É inexorável. E é de suma importância a valorização dos profissionais que por este caminho se enveredam, pois esta é a realidade do trinômio necessidade/produção/consumo atual.

Já a trilha das medidas preventivas é mais vaga e imprecisa, porém excitante e desafiadora. Pode-se dar “asas à imaginação” na busca de novas fontes de matérias-primas, de combustíveis, de processos, de serviços, de formas de consumo. Neste caminho se enquadra a vertente da Ecoconcepção, que chegou há poucas décadas para se unir às medidas corretivas.

A Ecoconcepção traz luz ao esforço de se achar a “causa raiz”, ao se pensar como poderíamos fazer de novo se assim fosse possível. E é possível. Enfoca-se o pensamento e abordagens sustentáveis na concepção de novos produtos e serviços, dissecando-se os processos criativos e produtivos.

Deve-se avaliar criteriosamente quais, como e quanto de materiais serão usados para novos produtos e serviços, desde a fase inicial até descarte ou fim da prestação do serviço, ou seja, durante toda o ciclo de vida útil dos mesmos. Isto é um fator-chave em toda esta discussão, devido ao impacto direto do material (propriedades físicas e químicas e conseqüências, disponibilidade, custo, quantidade a usar, toxidez, degradabilidade, dentre outros aspectos).

Do ponto de vista do processo produtivo, é importante a análise da “ida” (atividades inerentes ao processo de produção) rumo ao produto final, quanto também da “volta” (atividades inerentes ao material do produto pós-consumo ao retornar ao ponto de partida da produção e que sejam inseridos como fontes de insumo). Reusar o que já se extraiu da natureza, evitando-se nova extração.

A Ecoconcepção traz consigo o novo modo de se pensar e desenhar produtos e serviços sustentáveis. Os projetistas devem buscar e até exigir dos demandantes mais informações para a realização de seu trabalho usando este ponto de vista. Isto por si só é um grande ponto de mudança de cultura. Estes profissionais exercem papel fundamental ao avaliarem aspectos tangíveis e intangíveis (meio ambiente, logística, reciclagem, processos de fabricação, teoria dos materiais, processos de serviços, concorrência, mercado, consumidor, estilos de vida do consumidor ou disciplinas equivalentes) e inseri-los no seu trabalho.

Com a finalidade de se discutir melhor estes conceitos e disseminá-los, a academia “empacota-os” em: metodologias, métodos, procedimentos, processos específicos. Exemplos: 3Rs (reutilizar, reduzir e reciclar); DFX (*Design for X* – Projeto para X), entre outras. A intenção é facilitar o trabalho dos projetistas e prover formas de suporte, como guias,

métricas, verificações de viabilidade, *softwares* e ferramentas de automação para aplicação prática.

Porém, são raras as ferramentas de concepção ecológica, integradas às ferramentas de concepção tradicionais, além da falta de padronização, o que traz pouco valor prático e pouco uso efetivo na indústria. Com a evolução destas ferramentas, a disseminação e aplicação das ações de Ecoconcepção será facilitada. Outro ponto a ser analisado é a inserção destas práticas isoladamente e/ou em conjunto, porém, sem implicar em retrabalhos ou custos que inviabilizem ou inibam a produção mais limpa.

Conforme relatado, verifica-se a preocupação acadêmica na avaliação causa-efeito das atividades industriais e seus impactos ambientais. Tem-se, desta forma, um arcabouço teórico consistente para estudo e prática. Porém, sabe-se que todos os problemas não se resolvem apenas otimizando os projetos e processos dos produtos e/ou serviços, pois se não houver mudança de atitudes individuais e coletivas, alguns objetivos não poderão ser alcançados.

Além de se estimular para que os consumidores busquem produtos e/ou serviços ecologicamente corretos, os *designers* precisam projetá-los e as empresas precisam investir em sustentabilidade.

Um desafio é a conscientização dos formadores de opinião e tomadores de decisão no sentido de realmente colocar em prática tais conceitos, com participação ativa de fornecedores e do pessoal de *marketing*, potencializando a imagem da empresa e cativando o público e clientes com consciência ambiental. As empresas precisam engajar-se e treinar funcionários em aspectos ambientais, para aumentar a sua vantagem competitiva. É também oportunidade para a implantação de ações que venham a dar sustentabilidade às comunidades carentes. Além disso, princípios de Ecoconcepção devem ser incorporados aos currículos de engenharia nas universidades.

Entretanto, é fundamental que o governo e a sociedade assumam novas atitudes. Deve se expressar em ações, não somente em factóides para noticiários e para acalmar representantes “verdes” da sociedade civil.

Há de se convir que esta mudança, cujo conceito é o Ecodesign, requer tempo e adaptação das indústrias. E também observa-se que produto ou serviço ecológico não exista, pois quaisquer

objetos descartados ou serviços prestados causam impactos ambientais. No entanto, não deve-se deixar de buscar outros meios mais facilmente exequíveis, tais como simples aumento de sua vida útil. E, também, usar estas práticas na busca de soluções que enderecem a Ecoconcepção ao lado da maximização de lucros sociais e financeiros.

Dessa forma, tanto a criação de produtos quanto de serviços se configuraria como uma das possibilidades de se praticar efetivamente o desenvolvimento sustentável na indústria. Trata-se de mudanças de atitude aliadas à necessidade de transformação da concepção sobre o consumo. Afinal, gerar produtos e serviços sustentáveis envolve o cuidado com o mundo, a não agressão à natureza, ao consumo responsável. Essa realidade justifica novas investigações e análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNSTEIN, WILLIAN; RAMANUJAN, DEVARAJAN; ZHAO, FU; SUTHERLAND, JOHN; RAMANI, KARTHIK. *Function impact matrix for sustainable concept generation: a designer's perspective. Annals of International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Montreal, Canadá, 2010.
- BINSWANGER, MATHIAS. *Technological progress and sustainable development: what about the rebound affect?.* *Ecological Economics*, v.36, Londres, Inglaterra, 2001.
- CHIU, MING-CHUAN; LIN, CHUN-YU; OKUDAN, GUL. *An investigation of the applicability of DFX Tools during design concept evolution*. Disponível em <http://www.worldcampus.psu.edu>. *The Pennsylvania State University*, Estados Unidos, 2009.
- GIL, ANTONIO. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas, 1995.
- GUPTA, SURENDRA; ILGIN, MEHMET. *Environmentally conscious manufacturing and product recovery. Journal of Environmental Management*, v.91, Londres, Inglaterra, 2010.
- HERTWICH, EDGAR. *Lifecycle Approach to Sustainable Consumption: A Critical Review. Environmental Science and Technology*, v.13. Iowa, Estados Unidos, 2005.
- IWAYA, LEONARDO. Estudo sobre a evolução do DFX. Disponível em <http://ufsc.br/> (acessado em 01/01/2011) Universidade do Estado de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Elétrica. Joinville-SC, Brasil, 2011.
- KELLY, KRISTINE. *A system approach to identify decisive information for sustainable development. European Journal of Operational Research*. v.109. Londres, Inglaterra, 2003.
- KLOHN, SARA; FERREIRA, NEY. Design e o fim do ciclo de vida dos produtos. Anais do 2º. Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. São Paulo-SP, Brasil, 2009.
- KREITCHMANN, LIANE; GABERT, PATRÍCIA; KINDLEIN JR, WILSON. Ecodesign: Projeto Metamorfose, a superficial que cresce. 5º. Congresso Internacional de Pesquisa em Design. Bauru-SP, Brasil, 2009.
- LIMA, ROSE; ROMEIRO FILHO, EDUARDO. O projeto do produto para o meio ambiente: algumas informações necessárias. 4º. Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produtos. Gramado-RS, Brasil, 2003.
- MAXWELL, DOROTHY; SHEATE, WILLIAN; VORST, RITA van der. *Sustainable innovation in product and service development. Towards Sustainable Product, 8º International Conference*. Estocolmo, Suécia, 2003.
- MAXWELL, DOROTHY; VORST, RITA van der. *Developing sustainable products and services. Journal of Cleaner Production*, v.11. Londres, Inglaterra, 2003.
- NURCAHYANIE, YUNIA; SIINGGIH, MOSES; SANTOSA, BUDI. *Product design development for modular computer table to support green lifecycle engineering. 2nd Asia Pacific Conference on Manufacturing System*. Yogyakarta, Indonésia, 2009.
- RIO, MAUD; REYES, TATIANA; ROUCOULES, LIONEL. *A framework for Ecodesign: an interface between LCA and design process. Annals of Faculty engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, v.1. Kuala Lumpur, Malásia, 2011.
- ROBERT, K; SCHMIDT-BLEEK, B.; LARDEREL, J.ALOISI. *Strategic sustainable development – selection, design and synergies of applied tools. Journal of Cleaner Production*, v.10. Londres, Inglaterra, 2002.

SIMANOVSKA, J.; VALTERS, K; BAZBAUERS, G. *Development of a set of criteria as an ecodesign toll for evaluation of environmental impact of material choice. Environmental and climate technologies.* Riga, Latvia, 2009.

SIMANOVSKA, J.; STEINA, MARA; VALTERS, K; BAZBAUERS, G. *Environmental impacts of a desktop computer: influence of choice of functional unit, system boundary and user behavior. Environmental and climate technologies.* Riga, Latvia, 2009.

TAVARES, ADEMARIO; FERREIRA, FERNANDO; TORRES, PABLO. Design e lixo eletrônico: possibilidade de reaproveitamento de componentes eletrônicos. Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. São Paulo-SP, Brasil, 2009.

The Journal of Sustainable Product Design. Surrey, Inglaterra, Abril de 1999.