

A contribuição da análise ergonômica ao projeto do produto voltado para a reciclagem

ROSE MARY ROSA DE LIMA

Mestre em Engenharia de Produção – DEP/UFMG
Laboratório Integrado de Design e Engenharia do Produto – LI DEP/DEP/UFMG
E-mail: rmrlima@bol.com.br

EDUARDO ROMEIRO FILHO

Professor Adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais – DEP/UFMG
Laboratório Integrado de Design e Engenharia do Produto – LI DEP/DEP/UFMG
E-mail: romeiro@dep.ufmg.br

Resumo

Este artigo apresenta uma análise da desmontagem manual para a reciclagem do produto. A Análise Ergonômica da Atividade dos recicladores é utilizada como uma ferramenta de apoio ao Projeto para Meio Ambiente, através da avaliação das dificuldades na desmontagem do produto. Do ponto de vista econômico, a desmontagem do produto deve ser executada com um custo mínimo, para viabilizar a reciclagem que, atendendo às exigências das indústrias, inclui atividades bastante complexas para separação dos componentes. Estas estratégias de desmontagem e as condições de trabalho dos envolvidos nestes processos podem ser levadas em consideração nas fases iniciais do projeto do produto, o que traria benefícios aos recicladores, às indústrias e, em última análise, ao próprio meio ambiente. O estudo de caso foi realizado na Associação de Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis (ASMARE) e teve como foco a análise da desmontagem da embalagem Politereftalato de Etileno (Pet). O estudo demonstra que a análise das dificuldades derivadas da atividade da desmontagem do produto fornece meios para identificar as características do produto, definidas em projeto, que interferem na desmontagem.

Palavras-chave

Análise ergonômica, projeto para meio ambiente, reciclagem.

The ergonomics analysis contribution for the product project directed to wards recycling

Abstract

This paper presents an analysis of the manual disassembly for product recycling. The Ergonomics Activity Analysis of the recyclers is used as a tool of support to the Design for Environment, through the evaluation of the disassembly difficulty of the product. Of the economic point of view, the disassembly of the product must be executed with a minimum cost, to make possible the recycling that, taking care of to the requirements of the industries, includes sufficiently complex activities for separation of the components. These strategies of disassembly and the conditions of work of the involved ones in these processes can be taken in consideration in the initial phases of the design product, what it would bring benefits to the recyclers, the industries and, in last analysis, to the proper environment. The case study was performed at the Association of Collectors of Paper, Cardboard and Reusable Materials (ASMARE, and has its focus in the analysis of the disassembly of containers made of Polyethylene Terephthalate (Pet). The study demonstrates that the analysis of the difficulties derived from the activity of the product disassembly supplies ways identifies characteristics of the product, defined in project, that intervene with the disassembly.

Key words

Ergonomics analysis, design for environment, recycling.

INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas, o interesse pelas questões ambientais tem emergido. A demanda ambiental no processo produtivo busca alternativas para projetar produtos que sejam “ambientalmente corretos”. O padrão de consumo da sociedade atual exige cada vez mais a fabricação de produtos diferentes, que, no final de sua vida útil, resultam em milhões de toneladas de materiais descartáveis, sendo que a maioria termina em “lixões”. Somente no Brasil são produzidas, diariamente, cerca de 240 mil toneladas de lixo.

Várias abordagens têm sido sugeridas em direção à resolução de problemas relacionados a esse assunto, sendo que algumas delas apontam para alterações na etapa de projeto dos produtos, de forma a incorporar a estes características que os tornem menos agressivos ao meio ambiente, ou mais facilmente recicláveis. Este artigo tem por objetivo apresentar uma oportunidade de aplicação da metodologia da AET (Análise Ergonômica do Trabalho) como ferramenta de auxílio ao PPMA (Projeto para Meio Ambiente), através do levantamento de situações reais de reciclagem, orientando os projetistas a introduzirem o componente ambiental nos projetos de seus produtos.

PROJETO PARA MEIO AMBIENTE

Várias técnicas vêm sendo criadas para serem inseridas no desenvolvimento do projeto do produto. Essas técnicas, consideradas especialidades de projeto, são conhecidas como DFX's (*Design for Anything* – Projetar para Algo) e podem ser atribuídas à qualidade, à manufatura, ao meio ambiente etc. No caso específico do projeto voltado ao meio ambiente, as abordagens são direcionadas principalmente aos produtos, propondo que, ainda na fase de projeto, sejam consideradas questões das fases finais do ciclo de vida (a partir do descarte) ou de específicas que facilitem o início de um novo ciclo de vida. Segundo Bitencourt (2001), o PPMA ou *Design for Environment* (DFE) compreende desenvolver produtos ambientalmente corretos, sem comprometer a viabilidade técnica e econômica dos mesmos. O PPMA abrange todas as etapas do ciclo de vida do produto, desde a concepção até a destinação final.

As principais propostas de projeto inseridas dentro do contexto do PPMA são: projeto para reuso de material e componentes, projeto para manufatura, projeto para uma maior eficiência energética, projeto para reciclagem, projeto para desmontagem etc. (BITENCOURT, 2001). Essa

última abordagem pode proporcionar resultados significativos na fase do projeto, pois antecipa a consideração do componente “reciclagem” do produto. Por exemplo, se na fase inicial do projeto do produto considerar apenas o tipo de material (reciclável ou não-tóxico) e não considerar a desmontagem não destrutiva, poderá provocar um aumento na carga de trabalho, conseqüentemente, será inviabilizado o processo de reciclagem.

A demanda ambiental no processo produtivo busca alternativas para projetar produtos que sejam “ambientalmente corretos”.

Os componentes principais originados do Projeto para Meio Ambiente são: materiais, processamento, uso e descarte. No caso do descarte, 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: incineração, aterro sanitário e reciclagem. Na execução do Projeto para Meio Ambiente, quando a reciclagem é especificada como meta pretendida do descarte, é importante estabelecer que o prejuízo ambiental resultante do uso da reciclagem de um material é menor que o resultante do uso de um material virgem. No caso do uso de recursos não renováveis, normalmente, a reciclagem é ambientalmente a opção mais sensata (HUANG, 1996, p. 386).

O diferencial ambiental vem sendo uma nova forma que as empresas estão adotando para a competitividade de seus produtos. A implantação do PPMA no desenvolvimento de produto envolve mudanças organizacionais e tecnológicas na empresa (BITENCOURT, 2001). Entretanto, em algumas empresas onde foi implantado o PPMA, alguns obstáculos foram identificados e podem ser vistos a seguir (HUANG, 1996, p. 85).

- **Falta de visão** – A gerência não tem consciência da influência das decisões realizadas no desenvolvimento de produto;
- **Falta de motivação** – Nem a gerência, nem a área de pesquisa e desenvolvimento ou marketing mostram-se interessadas pelo PPMA, uma vez que elas não vêem os benefícios da consideração ambiental, embora estejam cientes do impacto ambiental;
- **Insegurança** – A gerência sente-se insegura em relação às iniciativas de regulamentação e aos efeitos comerciais da consideração da demanda ambiental no desenvolvimento de produto;
- **Complexidade na implantação:**
 - A empresa não tem uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de produto, desta forma não sabe integrar o PPMA de um modo estruturado;

- Não existem recursos que auxiliem a empresa a fixar as fases para a implantação do PPMA (organização de pré-condições e organização de equipes multidisciplinares), o que pode originar uma carência de conhecimentos necessários;
- A empresa é desencorajada pelo custo de aquisição de informações necessárias para a implantação do PPMA (consultoria de especialistas, manuais, base de dados, entre outras);
- **Outras prioridades:**
 - A empresa prioriza investimentos em outras atividades, ou
 - A empresa prioriza a consideração ambiental em outras atividades;
- **Falta de consciência ambiental** – A empresa nunca pensou sobre sua influência na questão ambiental.

Considerações da reciclagem no Projeto para Meio Ambiente

Projetar um produto para o Meio Ambiente significa projetar um produto ecoeficiente. O produto ecoeficiente é todo artigo fabricado que seja não-poluente, não-tóxico, reciclável e, principalmente, benéfico ao meio ambiente e à saúde humana, dentro de um modelo de desenvolvimento sustentável. O componente ambiental no desenvolvimento de um produto ecoeficiente não deve ser restrito à produção e ao marketing. Deve ser levado em consideração o ciclo de vida total do produto, principalmente, a inclusão da etapa pós-consumo (descarte).

A AET exerce um papel importante no processo de análise dos problemas para desmontagem do produto visando a reciclagem, por ser realizada diretamente junto ao trabalhador (em situação real).

Além de considerar as características do produto para a reciclagem, têm que ser consideradas 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 (através, sempre que possível, de processos não destrutivos) ou que possa ser reciclado integralmente, em um mesmo processo. Exemplo típico são produtos plásticos que, embora tenham componentes isoladamente recicláveis, são construídos de forma que a desmontagem é impossível ou economicamente onerosa, o que inviabiliza na prática o reaproveitamento do material.

A DESMONTAGEM E A RECICLAGEM NO PROJETO DO PRODUTO

A desmontagem é o processo de separação dos componentes ou materiais de um produto com o objetivo de recuperação ou de reciclagem dos mesmos. Do ponto de vista econômico, a desmontagem do produto deve ser executada com um custo mínimo, para viabilizar a reciclagem. Nos países desenvolvidos, as pesquisas sobre a desmontagem estão sendo desenvolvidas para produtos eletrônicos, eletrodomésticos e automóveis, pelo fato de o ciclo de vida destes produtos estar se tornando cada vez mais curto e devido às leis ambientais estarem se tornando mais severas.

A partir da década de 1990, vários estudos vêm sendo desenvolvidos direcionados para a desmontagem de produtos que facilitem a reciclagem (GUPTA e MACLEAN, 1996; HANFT e KROLL, 1996; KRIWET *et al.*, 1995; MOK *et al.*, 1997; RON e PENEV, 1995; e outros). A maioria dos estudos mostra que os produtos fabricados entre 15 e 20 anos atrás, e atualmente descartados em forma de lixo, não foram projetados para serem desmontados facilmente, o que acarreta problemas cada vez maiores, como o esgotamento dos aterros sanitários. A separação de componentes de produtos descartados é um processo que pode reduzir bastante o problema, além de prolongar o ciclo de vida de determinadas matérias-primas, reduzindo o consumo energético para sua produção e reduzindo a demanda do meio ambiente. O caso das latas de alumínio é exemplar, embora não exista aí a separação de componentes (o que talvez seja, além dos altos custos energéticos do alumínio, uma das causas do sucesso).

Hanft e Kroll (1996) realizaram um estudo através de um procedimento para avaliação da fácil desmontagem para a reciclagem do produto. O procedimento é demonstrado através da avaliação de um teclado de computador e consiste de um gráfico de avaliação de desmontagem correspondente das tarefas difíceis. Os resultados difíceis derivados da análise de medição do trabalho das tarefas de desmontagem padrão fornecem meios para identificar as fraquezas no projeto. Para maximizar o retorno aos projetistas, o método analisa as fraquezas do projeto, capturando as fontes de dificuldades na performance de cada tarefa.

Segundo Kriwet *et al.* (1995), o projetista exerce um papel fundamental no melhoramento da reciclabilidade do produto, pois ele tem que levar em consideração os requisitos do processo de reciclagem. Torna-se difícil, para o projetista, projetar para a reciclagem pensando, por exemplo, na atividade do trabalhador que vai lidar com esse processo. Duarte (1997) ressalta que este tipo de atividade, por estar mais distante do fabricante, raramente recebe atenção dos projetis-

tas e as conseqüências já são visíveis através da saturação dos locais de disposição final de produtos – os aterros sanitários.

Nesse sentido, a Análise Ergonômica do Trabalho dos recicladores, através do levantamento dos problemas ocorridos em situações reais de trabalho na desmontagem de produtos de uso cotidiano no Brasil, pode contribuir fornecendo diretrizes aos projetistas para o desenvolvimento de novos produtos ou para o reprojeto de outros, no sentido de facilitar a reciclagem.

REPROJETO DO PRODUTO

O reprojeto é um processo de alterações e/ou modificações que podem ser feitas ao longo do ciclo de vida do produto já existente. Segundo Maribondo (2000), estas modificações têm o objetivo de satisfazer novos requisitos ou melhorar o desempenho de um produto existente. De acordo com Bitencourt (2001), as alterações podem ser

feitas para atender demandas de características diversas ou de características específicas, podendo ser decorrente de causas técnicas, de mercado, de segurança ou legais, como mostra a Figura 1.

Um exemplo de reprojeto para atender demandas relacionadas às causas legais corresponde ao programa de reprojeto de embalagens da *Hewlett-Packard Company* (BITENCOURT, 2001). A empresa realizou mudanças, substituindo o material utilizado nas embalagens de seus produtos por outro com maior taxa de material reciclado e substituindo a tinta por outra de menor toxicidade.

Segundo Otto e Wood (1998), o processo de reprojeto se divide em quatro fases: informacional, conceitual, preliminar e detalhada.

- **Reprojeto informacional:** é a primeira fase do processo de reprojeto. Nesta fase ocorre a análise do produto existente e são levantadas informações em relação às demandas (mercado, segurança, ambiental etc.).

Figura 1: Reprojeto ao longo do ciclo de vida do produto (BITENCOURT, 2001).

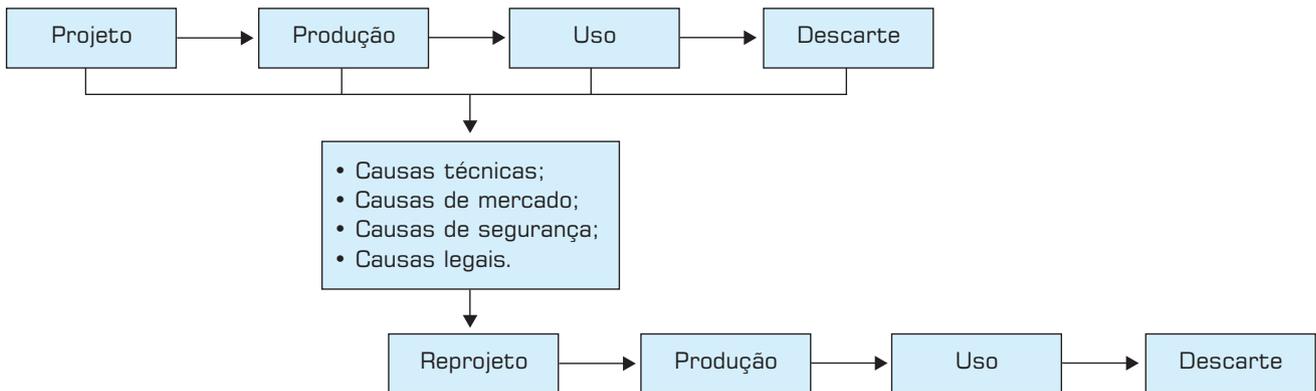


Tabela 1: Níveis de reprojeto de produtos (adaptado de BITENCOURT, 2001).

NÍVEL DE REPROJETO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Original	Compreende o maior nível de mudanças do produto existente. Está relacionado às mudanças funcionais e/ou dos princípios de solução. Por exemplo: mudança na estrutura funcional e seleção de princípios de solução que corresponda a uma maior eficiência energética. Engloba as fases de reprojeto conceitual, preliminar e detalhado.
Adaptativo	As mudanças ocorrem no <i>layout</i> ou na configuração do produto existente. Por exemplo: necessidade de facilidade de montagem, de reciclagem, de desmontagem, melhoria na separação de componentes etc. Engloba as fases de reprojeto preliminar e detalhado.
Paramétrico	As modificações necessárias estão relacionadas somente a parâmetros de engenharia. Por exemplo: mudança de material, aumento ou redução de uma determinada dimensão, mudança na potência necessária etc. Está relacionado à fase de reprojeto detalhado.

- Reprojeto conceitual: é a fase que envolve modificações mais complexas no produto. Nesta fase, as modificações podem ser feitas a partir da concepção do produto.
- Reprojeto preliminar: nesta fase podem ser feitas modificações como mudanças na configuração do produto.
- Reprojeto detalhado: é a última fase, quando se executa o detalhamento do *layout* selecionado, definem-se os materiais e processos e identificam-se os ganhos que serão obtidos pelo reprojeto.

O processo de reprojeto pode ser utilizado para fazer desde modificações mais complexas até alterações mais simples no produto. Essas modificações vão depender do nível de mudança mais adequado para atender os requisitos de reprojeto. Os níveis de mudanças são denominados níveis de reprojeto (BITENCOURT, 2001). Segundo Otto e Wood (1998), os níveis de reprojeto podem ser classificados em: original, adaptativo e paramétrico e as principais características podem ser vistas através da Tabela 1.

A seguir, o artigo apresenta a síntese de uma análise da atividade de desmontagem de um produto, onde a partir dos resultados, algumas diretrizes podem ser extraídas, destinadas a auxiliar os projetistas no Projeto para Meio Ambiente.

ESTUDO DE CASO — ANÁLISE DA ATIVIDADE DE DESMONTAGEM DA EMBALAGEM “PET”

O objetivo deste estudo foi analisar a desmontagem de um produto de alto consumo no País, realizado por uma associação voltada para a reciclagem. Foi analisada uma situação de trabalho na Associação de Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis (ASMARE) situada em Belo Horizonte (MG), através da desmontagem de embalagens *pet* para a reciclagem. O *pet* – *poli* (tereftalato de etileno) é um poliéster, polímero termoplástico que foi introduzido no Brasil em 1988, utilizado primeiramente na indústria têxtil e que, a partir de 1993, passou a ter uma forte expressão no mercado de embalagens, principalmente para os refrigerantes (ABEPET, 2002). A escolha deste produto foi feita por estar inserido na realidade brasileira e por apresentar uma evolução do consumo de materiais plásticos no Brasil. Para ilustrar, a Tabela 2 mostra esta evolução.

A embalagem *pet*, utilizada para refrigerantes, por ser constituída de diferentes tipos de resina, como mostra a Tabela 3, exige para a sua reciclagem a separação destes componentes. A seguir, será apresentada a descrição simplificada da análise do estudo, as dificuldades detectadas na situação de trabalho, relacionadas, especificamente, aos problemas de projeto, e as diretrizes direcionadas aos projetistas.

Tabela 2: Evolução do consumo de embalagens *pet* no Brasil.

ANO	CONSUMO (KTONS)
1994	80
1995	120
1996	150
1997	185,7
1998	223,6
1999	244,8
2000	255,1
2001	270

Fonte: (ABEPET, 2002).

Tabela 3: Composição do material da embalagem *pet*.

COMPONENTE	MATERIAL
Tampa	PEAD (polietileno de alta densidade)
Lacre (anel)	PEAD (polietileno de alta densidade)
Rótulo	PEBD (polietileno de baixa densidade)
Frasco	PET (politereftalato de etileno)

Este estudo surgiu como forma de identificar as dificuldades encontradas no processo de reciclagem, em particular das embalagens de uso domiciliar. Para tal foi utilizada a metodologia de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) (GUÉRIN *et al.*, 1991; LIMA, 1995 e 1996; WISNER, 1987). A AET representa a ergonomia centrada sobre as atividades dos trabalhadores. Segundo Lima (1995), a ergonomia é definida como “*ciência transdisciplinar cuja especificidade está dada pelo objetivo teórico-prático de conhecer e transformar o trabalho, se apoiando em análises de situações reais*”.

O enfoque desta pesquisa foi dado na atividade da triagem de materiais recicláveis, mais especificamente, no setor de triagem dos produtos de plástico, local considerado crítico por apresentar um grande volume, variedade e acúmulo de materiais, além de apresentar dificuldades na execução das tarefas.

Análise da desmontagem da embalagem *pet*

A tarefa para desmontagem da embalagem *pet* requer: desenroscar a tampa, retirar o lacre (anel) e remover o rótulo. Após a desmontagem, as peças devem ser separadas e armazenadas em fardos de acordo com o tipo do material e a embalagem *pet* deve ser separada conforme a cor. Para o desenvolvimento da atividade real, as triadoras do setor retiram o lacre e removem o rótulo com a utilização de uma faca “tipo serra”, considerada uma desmontagem destrutiva. No exemplo descrito neste estudo, levantamos dois pontos críticos para a desmontagem da embalagem *pet*:

- **Lacre:** a retirada do lacre da tampa da embalagem foi considerada o ponto mais crítico da desmontagem, pois, além de se considerar impossível removê-lo sem a utilização de uma ferramenta, não existe uma ferramenta adequada para executar a sua remoção.
- **Rótulo:** a remoção do rótulo foi considerada também um outro ponto crítico, principalmente por causa do uso da cola. Em muitos casos, o excesso de cola dificulta a remoção do rótulo, e nesse caso, o material que se torna aderente ao recipiente, por ser incompatível com o material da embalagem, contamina o processo da reciclagem.

CONCLUSÕES

O estudo de caso demonstrou que as dificuldades identificadas pela Análise da Atividade da desmontagem do produto fornecem meios para identificar os problemas de projeto e para extrair diretrizes que possam ser direcionadas aos projetistas, onde a componente “desmonte” seja incorporada para facilitar o Design para Reciclagem (DFR). A metodologia AET centralizou-se na desmontagem manual de um produto bastante simples, mas pode ser aplicada aos processos de desmontagem de produtos mais complexos como, por exemplo, os automóveis, os eletrodomésticos, os

computadores, entre outros.

A AET exerce um papel importante no processo de análise dos problemas para desmontagem do produto visando a reciclagem, por ser realizada diretamente com o trabalhador (em situação real). Desta forma pode auxiliar os projetistas em tomadas de decisões a partir de elementos consistentes, através de diretrizes que podem ser adotadas no projeto de um produto novo ou mesmo no reprojeto de um produto já existente. Parece claro que, desta forma, as condições de trabalho dos atores envolvidos no processo de reciclagem devem ser levadas em consideração a partir da concepção do produto, o que facilitaria de maneira marcante o processo de desmonte. Embora possa parecer, em princípio, uma atividade marginal ao processo produtivo (o que leva a uma concepção equivocada e pejorativa do trabalho do reciclador), a reciclagem apresenta-se atualmente como importante característica a ser incorporada aos produtos. Isto tendo em vista a progressiva preocupação ambiental (expressa cada vez mais através de legislação específica, em especial, nos países centrais), o esgotamento de recursos naturais (o que torna a reciclagem economicamente viável) e, em especial, como no Brasil, a possibilidade de fonte de renda e inclusão social de expressivo número de pessoas.

Edição especial
início 07/03/2003
fim 25/08/2003

Referências Bibliográficas

ABEPET – Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens de PET <www.abepet.com.br> acesso em março de 2002.

ASSIS, Maria Alice A.; DUTRA, Ana Regina A.; PROENÇA, Rossana Pacheco C. e SANTOS, Néri dos. O futuro da ergonomia: preocupações com a taxionomia e com os problemas globais do próximo século. *Revista Produto & Produção*, PPGEP – UFRGS, v. 2, n. 1, p. 31-38, 1998.

BITENCOURT, Antônio Carlos P. *Desenvolvimento de uma metodologia de reprojeto para o meio ambiente*. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

DUARTE, Marcos Daniel. *Caracterização da rotulagem ambiental de produtos*. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURRAFOURG, J. e KERGUELEN, A. (1991). *Comprendre le travel pour le transformer*. Paris, ANACT.

GRAEDEL, T. E. e ALLENBY, B. R. *Design for environment*. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, 1996.

GUPTA, Surendra M.; MCLEAN, Charles R. Disassembly of products. *19 th International Conference on Computers and Industrial Engineering*, v. 31, n. 1-2, p. 225-228, 1996.

HANFT, Thomas A.; KROLL, Ehud. Ease-of-disassembly evaluation in design for recycling. *In: Design for X: Concurrent Engineering Imperatives*. London: Champman & Hail, cap. 15, p. 318-334, 1996.

HUANG, G. Q. *Design for X: Concurrent Engineering Imperatives*. London : Chapman & Hall, 1996.

LIMA, Francisco de Paula Antunes. *Fundamentos teóricos da metodologia e prática de análise ergonômica do trabalho*. (notas de aula) Belo Horizonte: UFMG, março, 1996.

LIMA, Francisco de Paula Antunes. *Introdução à análise ergonômica do trabalho*. Belo Horizonte: UFMG, 1995.

LIMA, Rose Mary R. e ROMEIRO FILHO, Eduardo. A reciclagem de materiais e suas aplicações no desenvolvimento de novos produtos – um estudo de caso. *Anais do 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento do Produto*. Florianópolis, Santa Catarina, setembro, 2001.

LINDBECK, J. R. *Applied Ergonomics. In: Product design and manufacture*. New Jersey : Prentice Hall, cap. 6, p. 224-273, 1995.

KRIWET, A.; ZUSSMAN E. and SELIGER, G. Systematic integration of design-for-recycling into product design. *International Journal of Production Economics*, v. 38, n. 1, p. 15-22, 1995.

MARIBONDO, Juscelino Farias. *Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares*. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

MOK, H. S.; KIM, H. J. e MOON, K. S. Disassemblability of mechanical parts in automobile for recycling. *Computers & Industrial Engineering*, v. 33, n. 3-4, p 621-624, 1997.

OTTO, K. N. e WOOD K. L. Product evolution: a reverse engineering and redesign methodology. *Research in Engineering Design – Theory, Applications and Concurrent Engineering*. Springer-Verlag GmbH & Company KG, v. 10, n. 4, p. 226-243, 1998.

PAPANEEK, Victor. *Diseñar para el mundo real: ecologia humana y cambio social*. Madrid : H. Blume Ediciones, 1971.

RON, Ad; PENEV, Kiril. *Disassembly and recycling of electronic consumer products: an overview*. *Technovation*, v. 15, n. 6, p. 163-374, 1995.

WISNER, A. *Por dentro do trabalho. Ergonomia: método e técnicas*. São Paulo, FTD/Oboré, 1987.