

PROJETO PARA O MEIO AMBIENTE APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PLÁSTICOS

Maurício de Oliveira Gondak (SOCIESC) mauricio.gondak@sociesc.com.br

Marlon A. L. S. Machado, (DIXIETOGA) marlon.machado@dixietoga.com.br

Resumo. Metodologias tradicionais de desenvolvimento de produto, tais como Pahl & Beitz (1995) e Ulrich & Eppinger (1995), têm-se apresentado nos últimos anos como mecanismos fundamentais no planejamento e execução de projetos no segmento de materiais plásticos. Tais metodologias não incorporam em sua estrutura funcional a preocupação na seleção de materiais, serviços e processos, ecologicamente responsáveis. O presente artigo apresenta diretrizes de projetos que podem ser usados em produtos que tenham um direcionamento ambiental. O principal objetivo é de incluir as diretrizes em metodologias de desenvolvimento de produtos plásticos. As diretrizes são baseadas a partir de uma análise geral da metodologia Design for X (DFX), e apresenta ferramentas de projeto para o meio ambiente e projeto para manufatura, na qual serão abordados e analisados requisitos de montagem, desmontagem, manufatura, serviços e reciclagem.

Palavras chave: Projeto para o meio ambiente, Desenvolvimento de produto.

1. INTRODUÇÃO

No mundo corporativo atual o foco do trabalho está em se atingir as necessidades dos clientes, mas não se podem deixar de lado fatores como eficiência de produção e baixo custo de materiais. Engenheiros de desenvolvimento produtos têm-se dedicado a procurar soluções inovadoras para este paradoxo, custo x necessidades dos clientes.

Nos últimos anos, os plásticos foram grandiosamente escolhidos como substituto “economicamente rentável” de outros materiais, tais como alumínio, vidro e papel, sendo que alguns destes produtos recentemente foram bem sucedidos na consideração e escolha dos materiais (RICHARDSON et al, 1996). Em razão da diversidade das características físicas e químicas, processos e aplicabilidade dos produtos, realizar um projeto com materiais plásticos demanda mais know-how do que projetar com outros materiais.

As interações entre os diferentes processos em todo o ciclo do produto caracterizam-se como o ciclo de vida de um produto. A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é definida como um processo de avaliação dos limites dos sistemas ambientais associados a um produto, processo ou serviços, através da identificação e quantificação de energia, materiais e resíduos lançados ao ambiente. Esta definição da ACV torna o estudo mais abrangente, onde serviços, projetos e processos serão incluídos e avaliados com uma visão ambiental, através de metodologia ACV (SETAC,1993).

Para auxiliar no projeto de desenvolvimento de produto metodologias tradicionais tem sido utilizadas como ferramentas que influenciam no processo de desenvolvimento. Dentro deste contexto a Design For X (DFX) tem-se destacado pela amplitude de tal ferramenta, abordando princípios inovadores como o Projeto para Montagem e Desmontagem, Projeto para Serviços e o Projeto para o Meio Ambiente.

2. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

Para entender ACV faz-se necessário dividir a ciclo de vida inteiro de um produto em partes, tal como de um produto manufaturado em plástico, onde devem ser considerados etapas de extração, processamento e transportes de matéria-prima; processamento do plástico e transporte; o processo de envase e uso do produto acabado pelo uso final e uma etapa final de reciclagem. Com tal análise

é possível determinar qual material é economicamente viável ao longo do ciclo também como o material, manufatura e transportes afetam o ambiente.

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) tem-se apresentado como uma ferramenta gerencial nas corporações auxiliando gestores na implementação projetos ecologicamente corretos, e conseqüentemente no monitoramento das suas atividades ambientais. Processos devem ser otimizados e controlados para aumentar a sustentabilidade do produto através de todo o ciclo (Castro et al, 2004). Aspectos ambientais podem ser avaliados através da ACV contribuindo para a minimização da influência e danos ao meio ambiente (LJUNGBERG et al, 2003).

Matérias-primas, otimização de processos de fabricação e transporte, estão cada vez mais entrando em pauta de projetos de desenvolvimento de produtos, e a ACV pode contribuir como uma ferramenta que auxilia o projetista na análise de todo o ciclo de produto. Pesquisas de ferramentas que auxiliam em projeto para o meio ambiente, são áreas que concentram boa parte das pesquisas endereçadas aos problemas ambientais global, causado principalmente pela tecnologia dos materiais (NIE et al, 2003).

3. PROJETO PARA X (DFX)

A indústria atualmente é caracterizada pelo aumento na demanda pela diversidade e um aumento na pressão no tempo de desenvolvimento, custo do produto e qualidade. Tais tendências forçam as companhias a focar em vários processos que contribuem para a realização de seus produtos. Neste aspecto o processo de projeto recebe atenção particular. O projeto de produto possui impacto principal nas propriedades do produto em todas as fases do ciclo de vida do produto é dado e requer consideração aos aspectos de ciclo de vida durante o desenvolvimento do produto. Isto é referenciado no Projeto para X (DFX), onde X representa as várias fases do ciclo de vida e pode ser distinguido (Tichem et al. 1997).

O projeto para X (DFX) é uma filosofia emergente para ajudar melhorar as decisões de produto e processos simultaneamente pelo exame dessas inter-relações. O DFX partilha um alto grau de similaridade em termos de definição e objetivos com a engenharia concorrente. Ambos têm sido reportados para racionalizar não apenas os produtos e processos, mas também o processo de desenvolvimento de produto. Huang et al (1999) consideram a engenharia concorrente como um ambiente ideal para o desenvolvimento do produto e DFX consideram o caminho imperativo para implementar o ambiente de engenharia concorrente.

O projeto para X (DFX) representa uma técnica de desenvolvimento de produto contemporâneo, podendo ser aplicado efetivamente no desenvolvimento de produto para realizar uma melhoria concorrente na qualidade, custo e tempo de ciclo. O DFX permite não apenas a racionalização do produto, mas também associado a processos e sistemas. O projeto concorrente envolve a consideração simultânea e integração de várias atividades de engenharia através do ciclo de vida do produto.

A engenharia concorrente irá resultar em poucas mudanças no projeto e, portanto, menor tempo de ciclo e custo de produção. De acordo com experiência da Ford Motors Co. aproximadamente 70% do custo de manufatura é dedicado a decisões realizadas no estágio de projeto, ainda que o projeto apenas considere 5% no custo gasto no desenvolvimento total do produto. Isto indica claramente a necessidade de um aumento efetivo no projeto considerando os requisitos de produto nos processos de montagem e de manufatura. (CHANGCHIEN et al 1996).

O custo total do desenvolvimento de um produto pode ser reduzido significativamente, se o projeto do produto ótimo pode ser acompanhado em um caminho concorrente em que questões relacionadas ao ciclo de vida do produto são todas consideradas simultaneamente no estágio de projeto. Além disso, há vários benefícios somados com o ciclo de vida do produto, como melhorar o projeto de padronização, redução do tempo de produção e melhoria na qualidade. Como conseqüência, a engenharia concorrente do projeto do produto tem atraído a atenção de pesquisadores, na prática, entretanto, esta não é uma tarefa fácil para incorporar todas as considerações no estágio inicial do projeto. Isto primeiramente devido as três principais fontes de

dificuldade: a complexidade do processo do projeto, o largo volume e a variedade de informação do ciclo de vida e a separação das funções do ciclo de vida (CHANGCHIEN et al 1996).

A metodologia de DFX apresenta técnicas efetivas de projeto no desenvolvimento de produto, incluindo: Projeto para a Manufatura e Montagem (DFMA), Projeto para a Desmontagem (DFDA), Projeto para o Serviço (DFS), Projeto para a Reciclagem (DFR) e outros.

3.1 Projeto para a manufatura e montagem (DFMA)

O procedimento para o DFMA pode ser dividido em duas partes. Inicialmente, o projeto para a montagem é conduzido, voltado para a simplificação da estrutura do produto e a econômica seleção de materiais e processos. A etapa seguinte trata da interação de processos, onde o melhor projeto conceitual é tomado retornando para o projeto para manufatura, encaminhando-se para o projeto detalhado com o mínimo de custos de fabricação.

O projeto para manufatura e montagem possui a tarefa de escolher alternativas de produção / montagem. Dessa descrição emergem dois aspectos importantes: a seleção deve ser feita não só visando atender a requisitos de propriedades do material como resistência mecânica, tenacidade, resistência à corrosão etc., mas também para adequar o material aos processos de fabricação disponíveis.

Logo, a visualização de um produto ou componente é tarefa de natureza interativa tanto em nível de projeto como de materiais e de procedimentos de fabricação. Testes de desempenho detectam a possibilidade de funcionamento deficiente ou mesmo falhas, cuja análise constitui uma área importante de seleção de materiais, sob ponto de vista da realimentação de conceitos.

Os plásticos podem ser facilmente processados com a forma final de utilização. Por isso, embora seja possível adquirir barras, chapas, tarugos ou perfis, e usiná-los ou cortá-los para obter a configuração desejada, a atitude mais comum é conformar diretamente o produto. Uma só operação é em geral suficiente e a necessidade de acabamento final é freqüentemente dispensada.

Com novas tecnologias e materiais, o processamento é freqüentemente um fator competitivo decisivo. Hoje em dia há poucas limitações no processamento de materiais termoplásticos e termofixos do que em anos passados. Processos que eram imagináveis alguns anos atrás tem hoje se tornado rotina.

Os principais processos de conformação de polímeros termoplásticos são: Injeção, Extrusão, Moldagem por Sopro, Termoformagem e Rotomoldagem. A Tabela.1 apresenta em comparativo de métodos de processamento e parâmetros de processos de transformação de materiais poliméricos, e serve como uma referência do auxílio ao projetista no momento da escolha do melhor processo para determinada característica sinalizada pelas necessidades dos clientes.

Uso de montagem por pressão de encaixe (*snap fit*) elimina a necessidade de parafusos. A montagem se dá por simples inserção, normalmente de cima para baixo. Esta técnica requer que peças sejam projetadas com formas positivas e negativas (macho e fêmea), de forma que facilitem inserções e encaixes, promovendo uma redução de custos relacionados à montagem.

Tabela. 1 – Comparativo entre os processos de manufatura de materiais plásticos.

Método de Processamento	Injeção	Extrusão	Termoformagem	Moldagem por Sopro	Rotomoldagem
Custo de Máquina	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Alto
Custo de Ferramental e Moldes	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Custo de Material	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Tempo de Ciclo	Baixo-Alto	Baixo	Alto	Baixo-Alto	Alto
Taxa de Produção	Alta	Alto	Alto	Alto	Baixo
Exatidão Dimensional	Boa	Média	Pobre	Média	Média
Estágio de Acabamento	Nenhum	Sim	Sim	Algum	Algum
Variação de Espessura	Baixa	Baixa	Média	Média	Baixa
Tensão na Moldagem	Alguma	Alguma	Alguma	Alguma	Nenhuma

Pode ser moldado através de molde	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Pode ser moldado com furos	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Moldado com componente Aberto-fechado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Moldado com Insertos	Sim	Não	Não	Não	Sim
Resíduo de Materiais	Nenhum	Alguns	Alguns	Alguns	Nenhum

Fonte: (Adaptado de Richardson et al, 1996)

Para simplificar a montagem uma seqüência de mecanismos devem ser seguidas para minimizar o custo operacional de montagem, conforme pode ser analisado na Figura 1, onde alguns mecanismos são listados na ordem do aumento do custo de montagem manual de acordo com Boothroyd et al (1988).

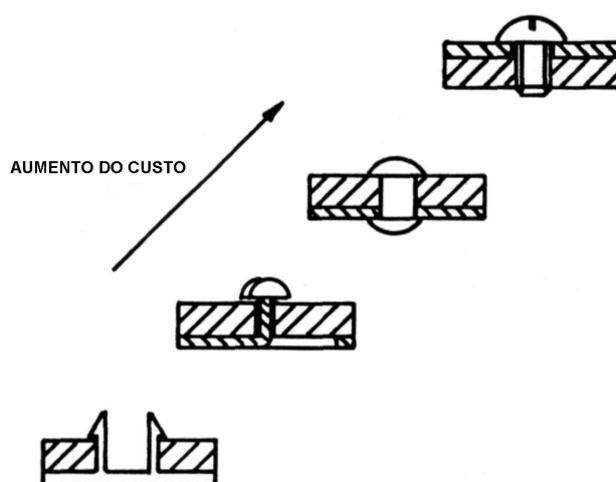


Figura 1 – Conceito de projeto para facilitar o acesso durante a montagem. (Adaptado de BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.)

3.2 Projeto para a desmontagem (DFDA)

A desmontabilidade de um produto é função de vários parâmetros tais como esforço de força manual para desmontagem, grau de precisão exigido para um efetivo posicionamento de ferramenta, peso, tamanho do material e forma dos componentes desmontados e uso de ferramentas manuais. Compreensão de desmontabilidade deve ser relevante na indústria e faz-se necessário um conhecimento da metodologia de projeto para desmontagem, onde a mesma deve ser tratada como uma ferramenta na engenharia de desenvolvimento de produto.

A definição da desmontagem e processos de desmontagem segundo (MOK et al, 1997). A desmontagem pode ser definida em duas categorias: estágio de definição do conceito de desmontagem e estágio de estabelecimento das alternativas. Alguns conceitos de desmontagem devem ser levantados para incluí-la em um projeto de produto: desmontagem sem força; desmontagem por mecanismo simples; desmontagem sem ferramentas; sem repetição de uso da mesma ou peça similar; facilidade de reconhecimento dos pontos de desmontagem; projeto de produto de estrutura simples; não utilizar materiais tóxicos no produto. O estabelecimento de alternativas está ligado diretamente a estrutura do produto, métodos de junção, materiais empregados e padronização do mesmo.

Há muitas vantagens no projeto de produto orientado para desmontagem incluem: redução do trabalho necessário na recuperação de peças e materiais recicláveis, uniformidade e preditabilidade na configuração do produto, operações simples e rápidas de desconectar, facilidade no manuseio de peças removíveis, fácil separação e tratamento dos materiais removíveis e resíduos e redução na variabilidade do produto (GUPTA, 1996).

Segundo DESAI et al, 2003, os seguintes fatores afetam a desmontabilidade:

- **Uso de Força:** Uso de força mínima é recomendado. O processo de desmontagem pode ser conduzido mais rapidamente sem o uso de trabalho manual excessivo;
- **Mecanismo de desmontagem:** É preferível projetar um produto com um mecanismo de desmontagem com simplicidade;
- **Uso de Ferramentas:** Idealmente, a desmontagem deve ser conduzida sem o uso de ferramentas;
- **Repetição de peças:** Repetição de peça deve ser minimizada rápida suficiente e fácil identificação das peças para cada estágio de desmontagem;
- **Reconhecimento dos pontos de desmontagem:** Os pontos de desmontagem são necessários bem como suas junções, que necessitam ser junções simples para não afetar a desmontagem. Facilidade no reconhecimento de cada ponto é aconselhável especialmente no caso de produto de estrutura complexa ou produto que incorpora encaixe bem como, no caso de produtos que acumulem sujeiras durante o seu uso;
- **Estrutura do Produto:** quanto mais simples a estrutura de um produto, melhor no ponto de vista da desmontagem;
- **Uso de materiais tóxicos:** na desmontagem manual é inadmissível a incorporação de materiais tóxicos no projeto de peças, pois podem ser prejudiciais a saúde e desempenho do operador;
- **A dificuldade na desmontagem do produto** pode ser atribuída aos seguintes fatores:
- **Acessabilidade:** Medida da facilidade com que uma peça pode ser alcançada manual ou por uma ferramenta;
- **Posicionamento:** O grau de precisão exigido para movimentar a ferramenta ou manual;
- **Força:** medida do efeito exigido para desempenhar a tarefa;
- **Tempo base:** o tempo exigido para realizar a tarefa sem movimentos difíceis.
- Os seguidos parâmetros têm sido seguidos:
- **O grau de acessabilidade dos componentes e fixadores:** Fácil acesso é um pré-requisito para agilizar e eficiente operação de desmontagem;
- **Quantidade de força (ou torque):** para componentes desengrenados (em caso de encaixe). O melhor projeto representa a menor quantidade de força é exigida;
- **Posicionamento:** Isto é atribuída a precisão exigida para movimentar a ferramenta para desmontagem. Menor a quantidade de posições para desmontagem menor o tempo;
- **Requisitos de ferramenta:** uma operação de desmontagem constitui alcançar facilmente o objeto e removê-lo sem exercer sem o auxílio de uma ferramenta. Idealmente a desmontagem deve ser executada sem o uso de qualquer ferramenta. Entretanto, em muitos casos, o produto desmontado faz-se necessário o uso de ferramentas comuns, tais como chave de fenda. Sob condições especiais, ferramentas especiais podem ser exigidas;
- **Fatores do projeto** como peso, forma e tamanho dos componentes a ser desmontado, pode ser uma consideração crucial na desmontagem do produto especialmente se envolver o uso de fixadores especiais e equipamento ou operários mais simples.

3.3 Projeto para serviços (DFS)

Os materiais devem ser selecionados de acordo com as propriedades em busca do design, economia e condições de serviço. Antigamente, o projeto era mudado para compensar as limitações do material. É necessário manter prudência quando são usadas informações obtidas de dados de fabricantes sobre o desempenho da matriz, muito destes dados são baseados em dados laboratoriais.

Modelos computacionais podem prever e antecipar o comportamento dos plásticos. O computador pode selecionar a melhor combinação de propriedade dos materiais e processos. Em alguns modelos computacionais cada propriedade é assegurada um valor de acordo com a importância.

Os materiais plásticos devem ser escolhidos com cuidado mantendo o uso do produto final em mente. As propriedades do plástico dependem mais da temperatura do que em outros materiais. Os plásticos são mais sensíveis a mudanças no ambiente, por isso, muitas famílias de plásticos podem ter seu uso limitado. A escolha do material final para um produto é baseada no principal balanço favorável de projeto, fabricação e custo total ou preço de venda do produto acabado. Projetos simples ou complexos podem ser fabricados usando materiais plásticos, que podem combinar características do material e custo competitivo junto a outros materiais para peças específicas.

Quando se projeta um produto plástico as condições físicas, químicas, térmicas e ambientais são muito importantes. A temperatura de uso da maioria dos plásticos raramente excede 200°C. Muitas peças plásticas expostas à radiação e ao ultravioleta sofrem fissuras na superfície, tornam-se quebradiças e perdem resistência mecânica.

3.4 Projeto para a reciclagem (DFR)

A desmontagem é processo crítico no final de vida do produto e deve ser levado em consideração no seu projeto inicial. A mesma têm sido tema de pesquisas da forma como projetar produtos para facilitar a desmontagem. (SHU et al, 1999). A meta da desmontagem para reciclagem é separar diferentes materiais existentes em um só produto. Junções onde existam peças do mesmo material e se elemento de junção é compatível em termos de reciclagem com os demais componentes, o mesmo não necessita ser separado.

Atualmente os produtos fabricados em plásticos são em grande parte identificados com símbolos para informação sobre o tipo de polímero (Figura 2), sendo esta informação importante quando se pensa no conceito de DFR.

Quando uma empresa tem a idéia de projetar um produto já pensando em sua reciclagem, a mesma pode usar tal procedimento como marketing, agregando assim valor ao produto. Segundo LIU et al 2002, os projetistas devem considerar os seguintes parâmetros em um projeto para reciclagem.

- Minimize revestimentos/galvanização e pinturas;
- Escolha materiais recicláveis e compatíveis;
- Identifique todos os plásticos;
- Estrutura do produto para fácil desmontagem;
- Usar a pesquisa de projeto modular;
- Aprendendo os processos e métodos de reciclagem relatados, e determine os benefícios econômicos da reciclagem.
- Não misture diferentes materiais no produto se não é necessário;
- Utilize marcas / símbolos padronizados para cada peça para facilitar a identificação (Figura 2);

O produto total deve ser projetado com o intuito de facilitar a desmontagem, onde as diferentes peças serão facilmente separadas em caso de reparos ou reposições, e também pensando na reciclagem, queima ou disposição final.

Para LIU et al 2002, existem fatores que são impactantes na reciclabilidade do produto e devem ser levados aos projetistas durante a etapa de projeto, são eles: custo de reciclagem; custos de desmontagem; custo de trituração; custo do material recuperado; custo de logística; tempo de desmontagem; número de junções do mesmo tipo no produto; peso dos materiais a serem triturados; número de diferentes tipos de materiais no produto; número de peças desmontáveis reutilizáveis no produto; número de tipos de materiais recicláveis no produto; rede de benefícios da reciclagem; número de componentes; energia de desmontagem; materiais compatíveis; acessibilidade dos componentes; relação custo/benefício da reciclagem; capacidade do pessoal demandada; tempo de desmontagem e número de ferramentas de desmontagem; e relação de material reciclado/total de material.

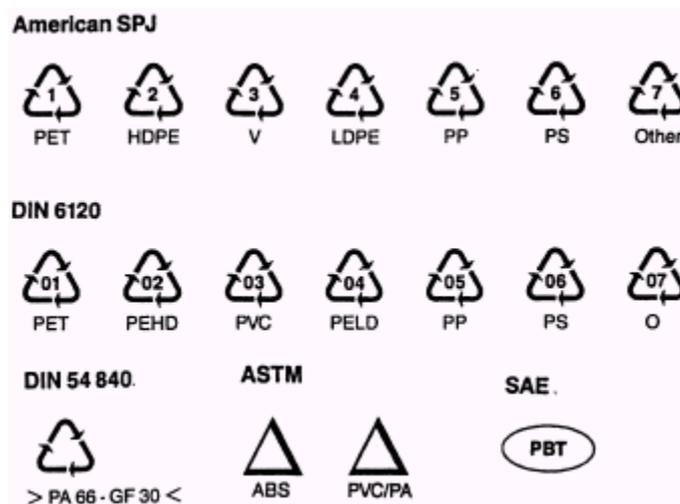


Figura 2 – Exemplo de símbolos de identificação para polímeros de acordo com vários padrões. Padrões comuns são: VDA 260, DIN 6120, ISO 1043, SAE J1344 e ASTM D400. ABNT.

4. DISCUSSÃO

Atualmente no momento em que uma empresa lança um produto no mercado faz-se importante uma revisão sobre todo o processo da idéia inicial a destruição ou reciclagem do produto. O controle sobre o ciclo de vida para o produto exige considerações simultâneas referentes, por exemplo, ao projeto, desenvolvimento do produto, produção, distribuição, uso e disposição ou reciclagem (LJUNGBERG 2003).

Com base nesta preocupação dos projetistas este artigo propõe uma série de diretrizes que devem ser lançadas no momento da escolha do material, processo e método durante o projeto de desenvolvimento de produtos de peças plásticas. Tais diretrizes foram elaboradas com base na experiência dos autores em desenvolvimento de produto, partindo das idéias centrais de DFX.

Abaixo segue as diretrizes ambientais para o desenvolvimento de produtos de peças plásticas:

- Para uma mesma peça, usar polímeros com características físicas semelhantes;
- Identificar os polímeros em todas as peças, seguindo norma;
- Projetar para que o consumo do polímero seja minimizado, reduzindo o número de peças sem afetar a função do produto;
- Utilizar processos de montagem por pressão ou encaixe;
- Se possível, usar polímeros com alta durabilidade;
- Utilizar polímeros com baixa toxicidade;
- Se possível, usar polímeros no qual se tenha domínio tecnológico do processo de reciclagem;
- Direcionar a escolha dos polímeros considerando o processo de produção e reciclagem com o menor consumo de energia durante todo o seu ciclo de vida;
- Se possível, direcionar a fabricação da peça para processos onde seja minimizado o índice de perda de materiais (polímeros).

Responsabilidades são mudadas / transferidas o foco em direção as considerações de final de vida, para reduzir os custos de recuperação e reciclagem e permanecendo competitivos, os fabricantes devem agora pensar sobre os produtos projetados para o “take back” e reciclagem (WRIGHT 2004).

5. CONCLUSÕES

A partir das idéias apresentadas, pode o projetista usá-las como uma ferramenta de suporte na decisão no projeto do produto, perdas de reciclagem e minimização de contaminantes na reciclagem, aumento na eficiência de recursos no sistema de produtos. Os processos de recuperação e reciclagem se tornarão mais proveitosos, com menos energia e recursos exigidos, conduzindo a uma situação de ganho para indústria e meio-ambiente.

Harmonizando todas as fases do ciclo de vida do produto, pode conduzir ao aumento da eficiência e aumento da produtividade das atividades de reciclagem, onde todas as áreas envolvidas ganham tal medida. Entretanto, é fundamental desenvolver produtos em que o caminho as perdas e contaminações durante a reciclagem sejam minimizados pelo uso da combinação de materiais que sejam compatíveis para a reciclagem.

Pode-se concluir que para a obtenção de materiais com o mínimo de perda de recursos e impacto ambiental, a cooperação de profissionais de diferentes áreas de conhecimento (polímeros, projeto e reciclagem) faz-se necessária.

6. REFERÊNCIAS

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P. (1988) - Product design for manufacture and assembly. New York: Marcel Dekker. Inc.

CASTRO, M.B., REMMERSWAAL, J.A.M., REUTER, M.A., BOIN, U.J.M. (2004) - A Thermodynamic Approach to the Compatibility of Materials Combinations for Recycling. Resources, Conservation and Recycling.

CHANGCHIEN, S. W.; LIN, L. (1996) - A knowledge-based design critique system for manufacture and assembly of rotational machined parts in concurrent engineering. Computers in Industry, p. 117-140.

DESAI, A.; MITAL, A. (2003) - Evaluation of disassemblability to enable design for disassembly in mass production. International Journal of Industrial Ergonomics, p. 265–281.

GUPTA, S. M.; MCLEAN, C. R. (1996) - Disassembly of Products. 19th International Conference on Computers and Industrial Engineering. Computers ind. Engng Vol. 31, No. 1/2, pp. 225-228.

HUANG, G.Q.; LEE, S.W.; MAK, K.L. (1999) - Web-based product and process data modelling in concurrent “design for X” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, p. 53– 63.

LIU, Z.F.; LIU, X.P.; WANG, S.W.; LIU, G.F. (2002) - Recycling Strategy and a Recyclability Assessment Model Based on an Artificial Neural Network. Journal of Materials Processing Technology, p. 500–506.

LJUNGBERG , L. Y.; EDWARDS, K. L. (2003) - Design, Materials Selection and Marketing of Successful Products. Materials and Design, p. 519–529.

LJUNGBERG, L.Y. (2003) - Materials Selection and Design for Structural Polymers. Materials and Design, p. 383 –390.

MOK, H.S.; KIM, H. J.; MOON, K.S. (1997) - Disassemblability of Mechanical Parts in Automobile for Recycling Computers ind. Engng Vol. 33, Nos 3-4, pp. 621-624.

NIE, Z.; ZUO, T. (2003) - Ecomaterials Research and Development Activities in China. Current Opinion in Solid State and Materials Science, p.217–223.

PAHL, G.; BEITZ, W. (1995) Engineering design: a systematic approach. Springer – Verlag.

RICHARDSON, T.; LOKENSGARD, E. (1996) - Industrial Plastics: Theory and Application. New York: Delmar Publisher Inc..

SETAC (1993), Guidelines for Life-Cycle Assessment: A “Code of Practice”.

SHU, L. H.; FLOWERS, W. C. (1999) - Application of a design-for-remanufacture framework to the selection of product life-cycle fastening and joining methods. Robotics and Computer Integrated

Manufacturing, p.179 –190.

TICHEM, M., STORM, T. (1997) - Designer support for product structuring-development of a DFX tool within the design coordination framework. Computers in Industry, p. 155-163.

ULRICH, R.; EPPINGER, S. (1995). Product design and development. Ed. McGraw Hill.

WRIGHT, E.; AZAPAGICA, A.; STEVENS, G.; MELLOR, W.; CLIFT, R. (2004) - Improving recyclability by design: a case study of fibre optic cable. Resources, Conservation and Recycling.

PROJECT FOR THE ENVIRONMENT APPLIED TO THE DEVELOPMENT OF PLASTIC PRODUCTS

Maurício de Oliveira Gondak

Faculdade de Tecnologia Tupy – SOCIESC, Av. Senador Salgado Filho, 1474 – Guabirota – CEP 81510-000. Curitiba – PR – Brazil. E-mail: mauricio.gondak@sociesc.com.br

Marlon A. L. S. Machado

DIXIETOGA, Rua Max-Schrappe, 200/250 – Xaxim – CEP 81710-070. Curitiba – PR – Brazil. E-mail: marlon.machado@dixietoga.com.br

***Abstract.** Traditional methodologies of product development, such as Pahl & Beitz (1995) and Ulrich & Eppinger (1995), have been presented in recent years as basic mechanisms in the planning and execution of projects in the segment of plastic materials. Such methodologies do not incorporate in its functional structure the concern in the election of materials, services and processes, ecologically responsible. The present article presents guidelines that can be used in products that are environmental linked. The main objective is to include the guidelines in methodologies of development of plastic products. Such guidelines are based on general analysis of the Design for X (DFX) methodology, and present tools of project for the environment and project for manufacture, in which the assembly, disassembly, manufacturing, services and recycling requirements will be focused and analyzed.*

***Keywords.** project for the environment, development of product, design for X.*