



## O USO DO PROJETO ORIENTADO À MONTAGEM E DO PROJETO ORIENTADO À MANUFATURA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

**Júlio César Valente Ferreira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica  
[jcesar@serv.com.ufrj.br](mailto:jcesar@serv.com.ufrj.br) – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Ricardo Manfredi Naveiro**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia de Produção  
[ricardo@pep.ufrj.br](mailto:ricardo@pep.ufrj.br) – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

***Resumo.** Este trabalho tem como objetivo mostrar a importância da utilização de métodos como o Projeto orientado à montagem (DFA) e o Projeto orientado à manufatura (DFM) como forma de se encurtar o ciclo de desenvolvimento de novos produtos, reduzindo seus custos e seus tempos de lançamento no mercado. Abordaremos neste trabalho, os conceitos relativos ao DFA e ao DFM, apresentando as principais metodologias sistematizadoras e localizando-os em uma metodologia de projeto. Para melhor ilustrar a aplicação destes métodos, descrevemos um caso concreto de desenvolvimento de produto, vivenciado como experiência didática na disciplina intitulada “Projeto do Produto”, oferecida pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.*

***Palavras-chave:** Projeto orientado à montagem, Projeto orientado à manufatura, Projeto do produto*

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente concorrência no mercado requer das empresas respostas cada vez mais rápidas, em forma de soluções, para os problemas presentes e futuros dos clientes. Com isto, o tempo disponível para planejar e desenvolver novos produtos está cada vez menor. Desta forma, o projeto deve ser cada vez mais tratado como a aplicação de uma metodologia sistematizada, com passos bem definidos e amplo conhecimento das ferramentas disponíveis.

O resultado desta aplicação é medido pelo grau de rapidez com qual as empresas projetam seus novos produtos, o que significa a velocidade em que as soluções propostas materializam-se em componentes do produto.

### 2. REGRAS GERAIS DE PROJETO

Existem determinadas condutas utilizadas pelos projetistas no intuito de se obter um produto com custo mínimo. São práticas consagradas de projeto, conhecimento prático e experimental do exercício profissional denominado como tácito, sendo de difícil formalização pois representa a experiência coletiva de uma equipe de trabalho ou a prática de uma empresa (Chedier & Naveiro, 1999).

Conforme explicitado por Bralla (1986), existem certos princípios que funcionam como uma filosofia de projeto, por onde devem caminhar os passos da metodologia de concepção do produto no intuito de se obter uma produção otimizada. Estes princípios são: simplicidade, padronização, modularização e adequação.

Como forma de unir determinadas regras de projeto com as condutas já comuns no ambiente de desenvolvimento de produtos, foram propostas várias recomendações de projeto, as quais se encontram sistematizadas em trabalhos como o apresentado por French & Vierck (1985). Conforme descreve Boothroyd (1994), várias empresas também buscaram sistematizar nos anos sessenta as recomendações de projeto em denominados “guias de projeto”.

Entretanto, Boothroyd (1994) alerta que estes guias e recomendações, quando utilizados de forma exclusiva, podem levar a equipe de projetos a erros grosseiros, pois pode acarretar em um produto complexo, devido ao fato desses estarem somente direcionados a simplificações nos componentes individuais do produto. Além disto, também deve-se destacar que os princípios de solução encontrados nestas guias e recomendações são geralmente retirados de uma específica aplicação em um determinado produto que, provavelmente, não surtirão o mesmo efeito em uma diferente aplicação.

### **3. PROJETO ORIENTADO À MONTAGEM**

O Projeto Orientado à Montagem (DFA) é o método que permite avaliar as condições de montagem de um produto a partir de seu projeto.

Esta análise se faz necessária antes da adaptação do maquinário à produção do produto, pois a alteração ou eliminação de alguma parte do mesmo pode acarretar na eliminação de estações de trabalho, operações, fixações e reduz os riscos deste fugir aos padrões de qualidade estabelecidos.

No ambiente industrial, verifica-se que a montagem responde a 40% dos custos da produção e possui baixo índice de automação. Com isto, há um grande potencial para a otimização de suas tarefas, revelando ser um setor de extrema importância para a redução de custos, no intuito de reforçar a competitividade da empresa (Hsu *et. al.*, 1998).

Basicamente, as metodologias propostas consistem em considerar cada parte do produto e sua inserção no mesmo, avaliando sua complexidade de montagem. Somando os resultados obtidos para cada parte, obtém-se um indicador numérico, relativo ao mérito de montagem do produto. Dentre as várias metodologias existentes, Ertas & Jones (1996) destacam duas, por serem as mais verificadas nas indústrias: Hitachi Assemblability Evaluation Method e Boothroyd-Dewhurst DFA Method.

Ressalta-se também que a questão da orientação do projeto à montagem ganha novos contornos, pois os programas de reciclagem acabam determinando que o projeto do produto também seja orientado à desmontagem. Além destes programas, os produtos que requeiram constante manutenção também devem ter seus projetos voltados para sua desmontagem.

### **4. PROJETO ORIENTADO À MANUFATURA**

O Projeto Orientado à Manufatura (DFM) é entendido como o método de compreensão das interações do projeto do produto com o sistema de fabricação, no intuito de aprimorar a qualidade do mesmo e de identificar alternativas que facilitem seus processos de fabricação (Ertas & Jones, 1996).

Basicamente, o Projeto Orientado à Manufatura consiste em avaliar as alternativas possíveis para a produção de uma peça, tendo como critério o material a ser trabalhado, as tolerâncias e rugosidades superficiais obtidas, a faixa de dimensão cabível de ser trabalhada, formato geométrico da peça e custo de utilização.

As ferramentas de implementação deste método são gráficos e tabelas com informações sobre cada processo de fabricação, conforme podemos encontrar em Bralla (1986) e em Swift & Booker (1998).

Entretanto, ressalta-se que estas ferramentas devem ser utilizadas cuidadosamente, pois representam índices gerais, comumente resultado de pesquisas efetuadas em indústrias ou fruto da experiência pessoal dos autores. Além disto, também deve-se considerar o fato de que determinadas variáveis que caracterizam cada processo de fabricação e cada material são afetadas pela crescente evolução tecnológica presente e pelas condições econômicas características de uma região.

## **5. CASO CONCRETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

### **5.1 Apresentação**

O desenvolvimento do projeto de uma prensa de latas é parte integrante da ementa da disciplina “Projeto do Produto”, oferecida pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Este projeto tem como objetivo oferecer uma experiência prática de utilização dos métodos, ferramentas e metodologias existentes para o desenvolvimento de produtos. Este processo encontra sua importância no âmbito da formação do engenheiro mecânico, promovendo o diagnóstico e o treinamento individual dos procedimentos de solução de problemas, atuando desta forma na maior fonte de variações no curso do projeto do produto; o fator humano (Eisentraut, 1999).

### **5.2 Metodologia de projeto**

A metodologia utilizada, seguindo a escola sintática (Yoshikawa,1989) prevê um encadeamento de atividades onde, para cada processo, temos uma entrada e uma saída de dados. Basicamente, podemos dividi-la em quatro partes: Anteprojeto, Projeto Preliminar, Layout e Projeto Detalhado.

A utilização dos métodos de orientação do projeto situam-se na etapa de layout, cuja sistemática apresenta-se na fig. 1.

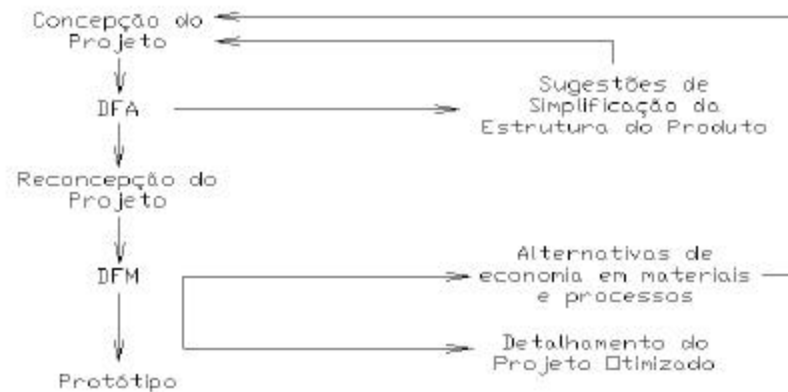


Figura 1- Sistemática da etapa de layout.

Da etapa do projeto preliminar, a saída de dados é a concepção preliminar do produto, fruto da interação do estudo da arte, dos requisitos do produto e das restrições do projeto com o conhecimento da equipe de projeto. A etapa de projeto detalhado recebe como entrada de dados a concepção de final do produto, com os materiais e processos de fabricação dos componentes definidos para a fase de testes com protótipos.

### 5.3 Restrições do projeto e requisitos do produto

Dois fatores que irão nortear todas as etapas do projeto são suas restrições e os requisitos do projeto.

Para o caso da prensa de latas, foi determinado que o projeto pudesse ser executado em pequenas oficinas, onde uma das peças fosse feita através de fundição, com uma produção de 5000 unidades. Como requisitos do produto, o mesmo deve possuir pequeno porte, manejo seguro, instalações simples, operação simples, custo baixo e prensar latas de alumínio.

No caso dos métodos de orientação do projeto, as restrições do mesmo e os requisitos do produto serão úteis para auxiliar a alteração na concepção do produto, além da escolha de materiais e processos de fabricação.

### 5.4 Aplicação do projeto orientado à montagem

Na análise do projeto, utilizaremos a metodologia proposta por Boothroyd & Dewhurst (1991) por esta gerar um banco de dados de parâmetros relativos aos tempos de manuseio e inserção da peça no produto. O índice de eficiência da montagem é obtido através de uma tabela padronizada, onde o produto é dividido por componente, contendo para cada, os valores de tempo e custo de sua montagem. As informações obtidas nas tabelas de valores dos índices de mérito da montagem são facilmente recuperáveis nos gráficos e matrizes contidos no manual da metodologia. Esta recuperação é interessante, pois, desta forma, temos como obter o histórico da

montagem do referido produto, tendo referências sobre os ângulos de simetria entre os componentes, variação dimensional e forma da manipulação dos mesmos.

A fig. 2 representa a primeira concepção da prensa de latas.

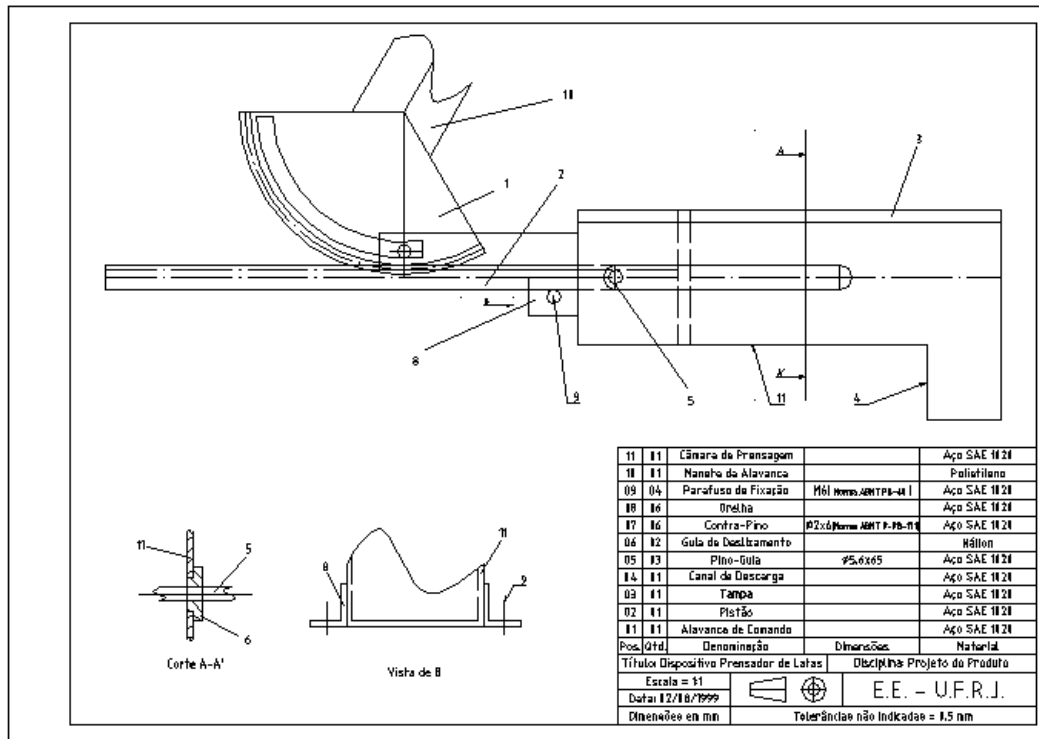


Figura 2- Concepção preliminar da prensa de latas.

Utilizando a metodologia de análise da orientação do projeto à montagem, proposta por Boothroyd & Dewhurst (1991), teremos os seguintes valores:

Tabela 1 – Avaliação do mérito da montagem da concepção preliminar da prensa de latas

Np	No	Cmp	Tmp	Cip	Tip	To	Cm	Nmp	Peça
1	01	30	1,95	00	1,5	3,45	1,38	1	Alavanca de comando
2	01	20	1,80	01	2,5	4,30	1,72	1	Pistão
3	01	13	2,06	01	2,5	4,56	1,82	0	Tampa
4	01	03	1,69	01	2,5	4,19	1,68	0	Canal de descarga
5	01	02	1,88	00	1,5	3,38	1,35	3	Pino-guia
6	01	11	1,80	00	1,5	3,30	1,32	2	Guia de deslizamento
7	02	40	3,60	32	4,0	15,20	6,08	0	Contrapino
8	03	04	2,18	95	8,0	30,54	12,22	0	Orelha
9	02	11	1,80	39	8,0	19,60	7,84	4	Parafuso
10	01	00	1,13	01	2,5	3,63	1,45	1	Manete da alavanca
11	01	33	1,95	00	1,5	3,45	1,38	1	Câmara de prensagem
						Tto = 95,60	Tcm = 38,24	Tnm = 13	Imm = 3.Tnm/Tto = 0,41 = 41%

Sendo:

- To = No (T<sub>mp</sub> + T<sub>ip</sub>);
- C<sub>m</sub> = 0,4 To;
- N<sub>p</sub> → Número da peça;
- No → Número de operações;
- C<sub>mp</sub> → Código de manipulação da peça;
- T<sub>mp</sub> → Tempo de manipulação, em segundos;
- C<sub>ip</sub> → Código de inserção da peça;
- T<sub>ip</sub> → Tempo de inserção, em segundos;
- To → Tempo de operação, em segundos;
- C<sub>m</sub> → Custo de montagem, em centavos de dólar;
- N<sub>mp</sub> → Número mínimo teórico de peças;
- T<sub>to</sub> → Tempo total de operação, em segundos;
- T<sub>cm</sub> → Total de custos da montagem, em centavos de dólar;
- T<sub>nm</sub> → Total mínimo teórico de peças;
- Imm → Índice de mérito da montagem.

Reprojetando o produto, obteve-se uma segunda concepção descrita na fig. 3, cujo tabela de avaliação do mérito da montagem encontra-se na tabela 02.

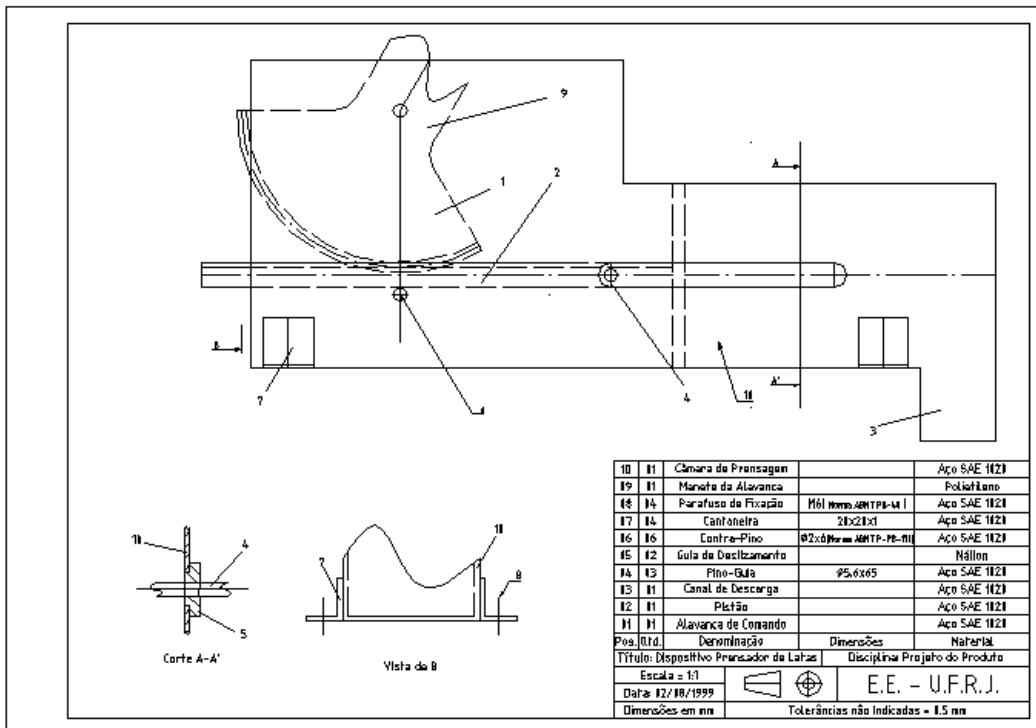


Figura 3- Segunda concepção da prensa de latas.

Tabela 2 – Avaliação do mérito da montagem da segunda concepção da prensa de latas

Np	No	Cmp	Tmp	Cip	Tip	To	Cm	Nmp	Peça
1	01	30	1,95	00	1,5	3,45	1,38	1	Alavanca de comando
2	01	20	1,80	01	2,5	4,30	1,72	1	Pistão
3	01	03	1,69	01	2,5	4,19	1,68	0	Canal de descarga
4	01	02	1,88	00	1,5	3,38	1,35	3	Pino-guia
5	01	11	1,80	00	1,5	3,30	1,32	2	Guia de deslizamento
6	02	40	3,60	32	4,0	15,20	6,08	0	Contrapino
7	02	33	1,95	95	8,0	19,90	7,96	0	Cantoneira
8	02	11	1,80	39	8,0	19,60	7,84	4	Parafuso
9	01	00	1,13	01	2,5	3,63	1,45	1	Manete da alavanca
10	01	33	1,95	00	1,5	3,45	1,38	1	Câmara de prensagem
						Tto = 80,40	Tcm = 32,16	Tnm= 13	Imm = 3.Tnm/Tto = = 0,49 = 49%

Os valores da tabela 2 revelam que o mérito de montagem cresceu 8% e os custos foram reduzidos em 6,08 centavos de dólar por produto, em relação aos valores obtidos na concepção preliminar, descritos na tabela 1. Porém, ressalta-se que esses índices podem ser melhores, pois verifica-se que o número total mínimo teórico de peças ainda é menor que o total de peças do produto verificado na segunda concepção da prensa de latas, apoiando a viabilidade de uma terceira versão do projeto.

Entretanto, alerta-se para o fato dos valores adotados na metodologia proposta por Boothroyd & Dewhurst (1991) utilizar valores relativos à indústria norte-americana. Devido a isto, torna-se interessante a comparação dos tempos de manipulação e dos custos de montagem dos componentes obtidos nas referências da metodologia com valores colhidos de produtos com histórico de montagem e custos documentados.

### 5.5 Aplicação do projeto orientado à manufatura

A orientação do projeto à manufatura será realizada com o auxílio da metodologia proposta por Swift & Brooker (1998), que consiste em uma matriz geral de relação entre materiais e quantidade anual de peças a ser fabricada. A cada relação entre estas variáveis, é recomendado um certo número de processos de fabricação. Após este primeiro refinamento de opções, todos os processos são analisados através de tabelas de especificação, contendo seus fundamentos, materiais utilizáveis, considerações econômicas, típicas aplicações, aspectos dimensionais da peça produzida e qualidade obtida.

Como se trata de uma prensa de latas de alumínio, a parte estrutural e de prensagem serão feitas em aço e as guias de deslizamento serão fabricados em material polimérico. Os outros itens do produto são peças padronizadas, não justificando suas produções; sendo desta forma adquiridas por compra.

A consulta à matriz revelou a configuração de fabricação descrita abaixo:

Tabela 3 – Lista de materiais e processos de fabricação da prensa de latas

Peças	Material	Processo de Fabricação
Alavanca de comando	Aço SAE 1020	Fundição em Areia
Pistão	Aço SAE 1020	Fundição em Areia
Câmara de prensagem	Aço SAE 1020	Estampagem e dobragem
Canal de descarga	Aço SAE 1020	Estampagem e dobragem
Guia de deslizamento	Náilon	Injeção (moldagem)
Manete de Alavanca	Polietileno	Injeção (moldagem)

Como uma das restrições do projeto é o fato de uma das peças ser fabricada por fundição, esta solução foi adotada para a alavanca de comando e para o pistão. Cabe ressaltar que a matriz indicou duas soluções, pois uma era relativa a médias produções (entre 1000 e 10000 unidades anuais) e outra era relativa a qualquer tamanho de produção. A primeira solução era fundição Shell Moulding e a segunda era fundição em areia, sendo esta adotada por possuir maior viabilidade no atual cenário produtivo.

## 6. CONCLUSÕES

A uso dos métodos de orientação do projeto à montagem e à manufatura revelam ser úteis na melhoria e na adaptação às condições de fabricação do produto. Com isto, a equipe de projetos pode contar com metodologias que orientam-na na definição do produto, não substituindo seu conhecimento, mas auxiliando-a sistematicamente. Outro fator interessante está no fato destes métodos facilitarem a adoção de filosofias como a Engenharia Simultânea, pois implementam a necessidade da equipe de projetos interagir com a equipe de manufatura e vice-versa.

O desenvolvimento de aplicativos computacionais para a implementação destes métodos potencializaram ainda mais estes, pois reduzirão ainda mais o tempo de desenvolvimento do produto, podendo ser integrado a um software de CAD (Hsu *et. al.*, 1998).

## REFERÊNCIAS

- Boothroyd, G., 1994, Product design for manufacture and assembly, Computer-Aided Design, vol. 26, n. 7, pp. 505-520.
- Boothroyd, G. & Dewhurst, P., 1991, Product design for assembly, Boothroyd-Dewhurst, Wakefield
- Bralla, J. G., 1986, Handbook of product design for manufacturing, McGraw-Hill, New York.
- Chedier, P. M. e Naveiro, R. M., 1999, A contribuição do projeto orientado à montagem para a melhoria da eficiência produtiva, Anais do XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Outubro 13-17, Brasil, vol. 1, pp. 483-493.
- Eisentraut, R., 1999, Styles of problem solving and their influence on the design process, Design Studies, vol. 20, n. 5, pp. 431-437.
- Ertas, A. & Jones, J. C., 1996, The engineering design process, John Wiley & Sons, New York.
- French, T. E. & Vierck, C. J., 1985, Engineering design and graphic technology, McGraw-Hill, New York.
- Hsu, W., Fuh, J. Y. H. & Zhang, Y., 1998, Synthesis of design concepts from a design for assembly perspective, Computer Integrated Manufacturing Systems, vol. 11, n. 1, pp. 1-13.



Swift, K. G. & Booker, J. D., 1998, Selecting manufacturing processes, Sharing Experience in Engineering Design, Bristol.

Yoshikawa, H., 1989, Design philosophy: the state of the art, Annals of the CIRP, n. 2, pp. 579-586.

**USE OF THE ORIENTED DESIGN TO ASSEMBLY AND THE ORIENTED DESIGN TO MANUFACTURING IN THE NEW PRODUCTS DEVELOPMENT.**

***Abstract.** The present paper has the intention to show the importance in the utilisation the certain methods, like Design for assembly (DFA) and Design for manufacturing (DFM), to shorten the development cycle of new products, lowering the costs and decreasing the time to introduce in the market. Will be studied in this work, the concepts about the DFA and DFM, showing the important ideas and locating them in a project methodology. To the best methods application visualisation, will be showed a concrete case, experienced in the teaching of the discipline called "Product Design", offered by the Mechanical Engineering Department of Federal University of Rio de Janeiro.*

***KeyWords:** Design for assembly; Design for manufacturing; Product design.*