



PRENSA DE LATAS: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Júlio César Valente Ferreira – jcvferreira@mecsol.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Mecânica
Centro de Tecnologia – Sala G-204 – Cidade Universitária
21945-970 – Rio de Janeiro, RJ

Ricardo Manfredi Naveiro – ricardo@pep.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia de Produção
Centro de Tecnologia – Sala F-109 – Cidade Universitária
21945-970 – Rio de Janeiro, RJ

***Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo descrever a experiência didática da disciplina “Projeto do Produto” do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, voltada para o projeto de desenvolvimento de produtos. Concebida como um exercício prático para uma melhor assimilação do conteúdo programático da disciplina, analisaremos os passos necessários para a concepção da prensa de latas. Esta análise descreverá a metodologia de projeto utilizada, bem como o uso e seleção de filosofias, técnicas e ferramentas adotadas na projeção. Também discutiremos neste trabalho os impactos desta experiência junto aos alunos, visto que este tipo de atividade contempla vários aspectos pouco desenvolvidos no processo de formação do engenheiro mecânico.*

***Palavras-chave:** metodologia de projeto, projeto do produto, prensa de latas*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos têm-se verificado alterações no processo de desenvolvimento de produtos. Anteriormente, o processo era desenvolvido de forma seqüencial, onde cada área da empresa, após executar suas atividades de desenvolvimento, transferia sua documentação finalizada para o departamento seguinte, que então dava início à execução de outras atividades. Os profissionais neste tipo de desenvolvimento eram especialistas que possuíam o conhecimento do escopo técnico do produto, mas não tinham a visão do todo em relação ao processo de desenvolvimento (KAMINSKI, 2000).

Com o avanço tecnológico e a crescente complexidade dos produtos verificados nos últimos tempos, esta abordagem tornou-se ineficiente, pois se constatou diversos problemas e limitações no desenvolvimento de produtos como: dificuldade de projetar com simplicidade, falta de atenção com a qualidade do produto, fraca parceria com os fornecedores, falta de foco no cliente, tempo excessivo de desenvolvimento e falta de integração entre as fases de projeto e produção (FIOD NETO e BACK, 1995).

Desta forma, a atual abordagem do processo de desenvolvimento de produtos não nos permite mais considerar o projeto como uma atividade principalmente intuitiva; mas sim como a aplicação de uma metodologia sistematizada que oriente o trabalho desde a definição da tarefa a ser executada até o projeto final do produto. O projeto é hoje considerado um processo complexo de criação de conhecimentos e de utilização dos já existentes, dispersos

em diversas publicações, havendo influências externas a serem consideradas, além das leis fundamentais inerentes ao desenvolvimento do projeto.

Sendo assim, o desenvolvimento de produtos tem-se tornado um dos processos-chave para a competitividade na manufatura. Enfrentar o desafio da construção de uma imagem única e integrada do processo de desenvolvimento de produtos depende de uma abordagem holística no processo de formação do engenheiro mecânico, não somente explorando as especificidades desta área, mas também abordando as relações com os outros campos da engenharia, reforçando o caráter multi-disciplinar do aprendizado, integrador das várias formas de conhecimento.

2. PROJETO PRENSA DE LATAS

Para esta experiência didática foi utilizado o caso da prensa de latas, mais voltado para as de alumínio, por ser um produto relativamente simples, não requerendo a utilização de uma quantidade significativa de tecnologia para seu projeto e fabricação. Desta forma, esta experiência pode ser realizada no prazo de um período letivo.

Além deste fato, a prensa de latas apresenta interesses peculiares. A reciclagem de alumínio é bastante benéfica, pois a cada quilo de alumínio reciclado, cinco quilos de bauxita são poupados, além de proporcionar uma economia de 95% da energia para se produzir a mesma quantidade de alumínio primário (SASSI, 1999).

Também se deve destacar o aumento da consciência ecológica, aliada aos benefícios financeiros. Primeiramente, o público-alvo deste tipo de produto compunha-se quase que exclusivamente por pessoas de baixa renda, mais concentrada nos catadores de lixo. Entretanto, com a crescente conscientização da reciclagem e compactação do lixo difundido nas demais classes sociais, o público-alvo da prensa de latas vem aumentando. Além da obtenção de bônus financeiro através da venda das latas compactadas, a prensagem destas também apresenta a vantagem de reduzir o volume de lixo a ser alocado em aterros sanitários.

3. METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS

Conforme FIOD NETO e BACK (1995), várias metodologias de projeto de produtos industriais tem sido propostas, onde podemos dividi-las em três grupos ou escolas: semântica, sintática e historicista.

Nesta experiência didática utilizamos uma metodologia concordante à escola sintática. Esta escolha deveu-se ao fato de estarmos interessados em que os alunos, a partir das etapas propostas, saibam sistematizar os conhecimentos das diversas filosofias, técnicas e ferramentas utilizadas na projeção, adotando as mais adequadas. Com isto, não demos um enfoque excessivo à captação e uso de qualquer informação relativa ao projeto e fornecemos um certo grau de liberdade na adoção dos princípios de solução do produto, buscando desta forma uma centragem nos aspectos de procedimento do projetista.

A metodologia adotada para esta experiência didática compõe-se de quatro etapas: anteprojeto ou estudo da viabilidade, projeto preliminar ou concepção, projeto básico ou layout e projeto detalhado.

A etapa de anteprojeto ou estudo da viabilidade prevê o cumprimento dos seguintes passos: validação da necessidade, determinação dos requisitos do produto e das restrições, definição da estrutura de funções do produto, estudo do estado da arte e determinação dos princípios de solução.

A etapa de projeto preliminar estabelece os seguintes passos: escolha do princípio de solução, estudo de viabilidade econômica, execução do desenho preliminar, definição do posto de trabalho e estudo ergonômico.

A etapa de projeto básico compreende: análise arquitetônica do produto, seleção de materiais, seleção dos processos de fabricação e execução do desenho de conjunto.

A etapa de projeto detalhado tem as seguintes fases: visualização do produto em 3-D, executar alterações no desenho de conjunto, reavaliação ergonômica, detalhamento do produto, planejamento do processo de fabricação, planejamento da montagem e planejamento da embalagem.

Antes do início do projeto, os alunos foram divididos em duplas e discutiram esta metodologia com o professor orientador. Desta forma, cada dupla era responsável pela condução de seu próprio projeto. Ao final de cada etapa, eram promovidos seminários com as duplas, permitindo a apresentação de seus resultados, gerando um fórum de debates, onde se simulava um ambiente fabril, no qual o desenvolvimento de um novo produto é fruto de um trabalho de equipe. O presente caso apresentado encontra-se descrito em FERREIRA e NAVEIRO (2001) e reflete um dos projetos realizados por uma das duplas.

4. ANTEPROJETO OU ESTUDO DE VIABILIDADE

O início de qualquer projeto ocorre devido a uma necessidade que pode ser individual, de um grupo específico ou resultado de uma pesquisa de mercado. Estas necessidades podem ser classificadas em declaradas, culturais, implícitas ou observadas (KAMINSKI, 2000).

Como nesta experiência não houve condições para uma pesquisa de campo, o levantamento das necessidades do consumidor foi feito a partir de um debate travado entre os alunos. No caso descrito por FERREIRA e NAVEIRO (2001), essas então foram hierarquizadas em ordem decrescente, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos hierarquizados da prensa de latas.

Requisitos hierarquizados do produto
1 – Prensar somente latas de bebida
2 – Possuir pequeno porte
3 – Possuir dispositivos de segurança
4 – Ser de fácil operação
5 – Ser de fácil montagem
6 – Permitir a prensagem de latas com pequenas diferenças dimensionais
7 – Ser aprovado em testes ergonômicos
8 – Baixo custo de produção
9 – Alta taxa de compactação

Uma ferramenta interessante na depuração dos dados oriundos de uma pesquisa é o QFD (*Quality Function Deployment*), onde a saída desta apresenta as condições que uma concepção de solução deve satisfazer. No caso da prensa de latas, encontramos a utilização desta ferramenta desenvolvida por SASSI (1999).

Em conjunto com os requisitos hierarquizados, foram determinadas as restrições do projeto, visto que no ambiente real de produção busca-se a melhor opção, já que dificilmente chega-se à ideal.

No caso desta experiência didática, como não estamos diretamente ligados a uma unidade produtora, as restrições do projeto foram determinadas pelo professor orientador, sendo descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Restrições do projeto.

Restrições do projeto
1 – Prensa fabricada em pequenas oficinas
2 – O operador deve estar sentado ao operar a prensa
3 – As latas a serem prensadas devem ser de alumínio
4 – Prazo de entrega: um período letivo

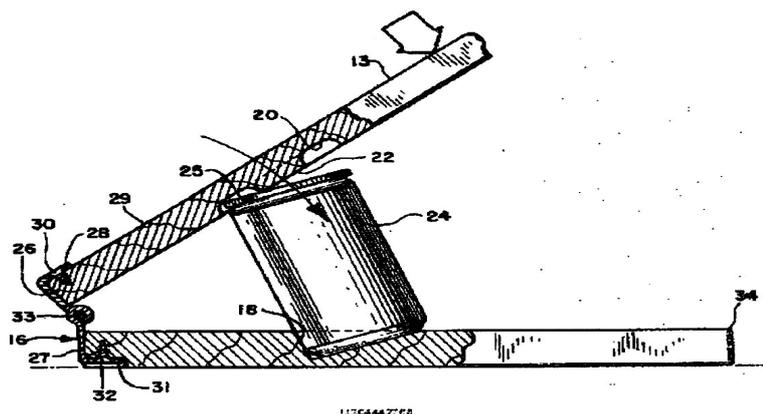
Com os dados relativos aos requisitos do produto e às restrições do projeto, as duplas partem para o estudo do estado da arte. Este estudo tem como objetivo analisar as soluções já propostas por outros projetistas, verificando desta forma os postos positivos e negativos destes projetos anteriores, visando não só à confecção de um produto mais eficaz e eficiente, bem como não realizar o projeto de um produto já existente, evitando desta forma processos jurídicos e pagamento de *royalties*.

Vale ressaltar que este estudo gera melhores resultados quando anteriormente determina-se a estrutura de funções do produto. No caso da prensa de latas, temos as seguintes: alimentação, acionamento, prensagem, mecanismo, descarga, fixação e dispositivo de segurança. Além destas funções, também se estuda os sistemas de coleta e descarga propostos, pois são complementarmos a atividade de compactação, não poluindo o ambiente de trabalho.

O estudo do estado da arte para o caso da prensa de latas foi centrado em três focos: visita e consulta ao banco de patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), consulta a patentes européias, norte-americanas e japonesas através da internet e consulta às *Páginas Amarelas*, guia com os endereços e telefones dos estabelecimentos industriais e serviços do município do Rio de Janeiro.

Figura 1 - Estudo do estado da arte.

Patente US 04442768:



Acionamento: Sistema de alavanca;

Fixação: Sobre uma mesa (não definida na patente);

Prensagem: A lata é prensada entre duas plataformas unidas por dobradiça;

Segurança: Não prevê;

Alimentação: Manual;

Descarga: Manual;

Coleta: Não prevê.

Este estudo analisou cada produto a partir dos itens determinados anteriormente. O resultado deste apresentou várias falhas dos modelos atuais no que tange à alimentação, dispositivos de segurança, coleta e descarga, conforme exemplificado na Figura 1.

O passo posterior a ser dado na constituição do produto está em determinar o projeto preliminar. Para isto, devemos ter elencado uma série de princípios de solução para cada item do produto; não só obtido por estudo do estado da arte, mas também pelo uso de técnicas como o *Brainstorming*.

5. PROJETO PRELIMINAR OU CONCEPÇÃO

Estabelecidos todos os princípios de solução, caminha-se em direção à elaboração do projeto preliminar.

Entretanto, diante de um número muito grande de combinações de princípio de soluções, faz-se necessário a utilização de uma ferramenta que combine estes princípios, buscando as melhores combinações, que estejam de acordo com os requisitos do produto. As ferramentas adotadas foram as matrizes de restrição e a caixa morfológica.

No caso descrito por FERREIRA e NAVEIRO (2001), as matrizes de restrição apresentaram somente uma alternativa de princípio de solução que atendia a todos os requisitos do produto, exceto a matriz que relacionava os mecanismos, onde foram encontradas duas alternativas. Devido a isto, a montagem da caixa morfológica deste caso foi simples, pois somente foram obtidas duas soluções para a concepção preliminar do produto, sendo descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Caixa morfológica para a prensa de latas.

Solução 01	Solução 02
Alimentação – Manual	Alimentação – Manual
Acionamento – Força Humana	Acionamento – Força Humana
Prensagem – A frio	Prensagem – A frio
Mecanismo – Par de engrenagens retas (pinhão e cremalheira)	Mecanismo – Barra Rígida
Descarga – Gravidade	Descarga – Gravidade
Fixação – Elementos de união não-permantes	Fixação – Elementos de união não-permantes
Segurança – Janela (tampa)	Segurança – Janela (tampa)
Coleta – Recipiente conectado à descarga	Coleta – Recipiente conectado à descarga

Neste momento, do projeto, o estudo de viabilidade econômica é de fundamental importância para determinar a melhor concepção preliminar do produto, pois esta escolha orienta o dimensionamento do mesmo, a seleção de materiais e os métodos de fabricação, bem como o planejamento de fabricação, montagem e embalagem. Este estudo também é determinante para a concepção do projeto, pois seus resultados determinam o desempenho do produto no tocante a aspectos de fluxo de caixa, taxa de retorno de investimentos e custos fixos do produto (RIBEIRO, 2000).

No caso desta experiência didática, esta análise não foi contemplada devido ao tempo que este estudo demandaria, o que inviabilizaria a conclusão do projeto no prazo de um período letivo. Desta forma, esta análise foi substituída por uma decisão da dupla responsável pelo projeto. No caso descrito por FERREIRA e NAVEIRO (2001), optou-se pela concepção que previa o mecanismo de par de engrenagens retas.

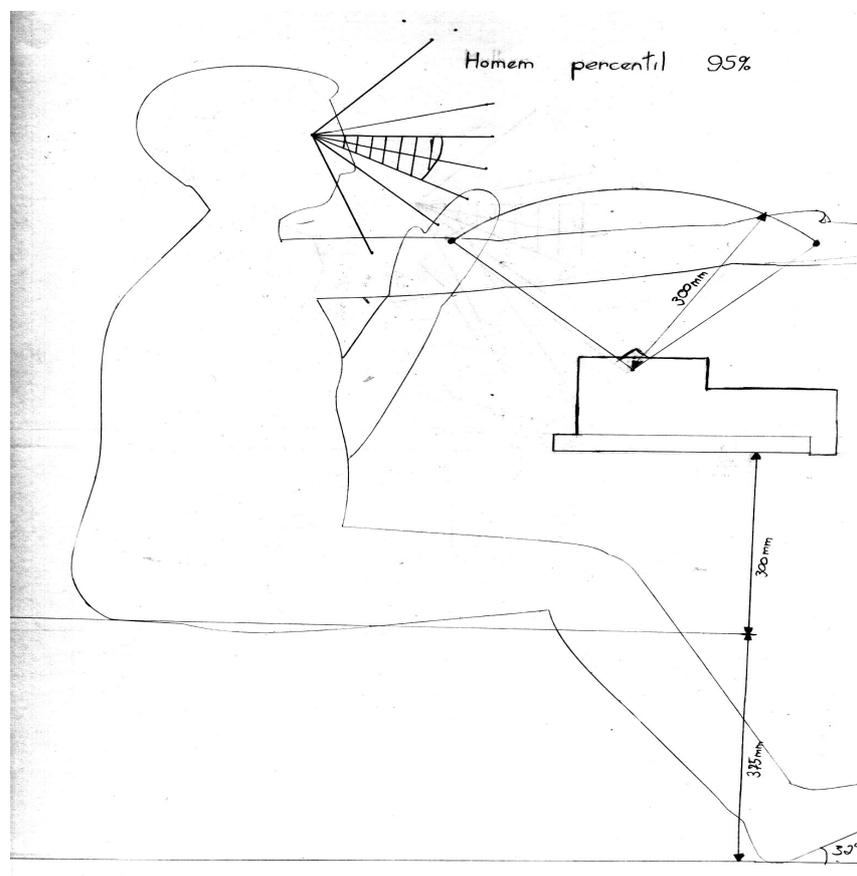
Com uma concepção preliminar definida, um desenho preliminar com as dimensões máximas do produto foi utilizado para o estudo ergonômico.

Conforme KAMINSKI (2000), adotamos a abordagem da ergonomia de concepção, quando sua contribuição se faz durante a fase inicial do projeto do produto, máquina ou ambiente. Esta abordagem possui a vantagem de se poder analisar as diversas alternativas possíveis e simular a custos baixos as situações de trabalho. Entretanto, esta mesma exige o conhecimento das ferramentas a serem utilizadas, pois as decisões são tomadas em condições idealizadas. Para o caso desta experiência didática, o posto de trabalho foi idealizado para simplificarmos a análise ergonômica, já determinando a altura do banco e da mesa alocados no mesmo.

A ferramenta utilizada na análise ergonômica foi o *Ergokit*, fabricado pelo *Instituto Nacional de Tecnologia*, constituído de tabelas com valores das variáveis corporais e manequins em escala 1:5, possuindo articulações que permitem simular a movimentação corporal realizada pelo operador, já alocado em seu posto de trabalho. Como as medidas antropométricas dos homens possuem maiores dimensões em relação às mulheres, simulamos a operação da prensa para os manequins: Homem Percentil 95% e Mulher Percentil 5%. Isto significa que o universo contemplado nesta simulação engloba todos os homens e mulheres que estão na faixa de percentil entre 5% e 95%. Desta forma contempla-se 90% da população, pois a variação das medidas antropométricas no conjunto populacional pode ser representada como uma distribuição normal, onde a curva é simétrica.

No caso descrito por FERREIRA e NAVEIRO (2001), este estudo ergonômico concluiu que um apoio para os pés com angulação de 32° deveria ser implantado no posto de trabalho, para o modelo Homem Percentil 95% (Figura 2).

Figura 2 - Estudo Ergonômico para Homem Percentil 95%.



6. PROJETO BÁSICO OU LAYOUT

Esta fase do projeto prevê a definição da forma geométrica do produto, detalhando suas dimensões gerais e de seus componentes, assim como os materiais e processos de fabricação utilizados.

Entretanto, para dimensionarmos um produto qualquer, necessitamos conhecer as atividades a serem executadas pelo mesmo. No caso desta experiência didática, o objetivo a ser alcançado pelo produto é a prensagem de uma lata de alumínio, com dimensões semelhantes às utilizadas em latas de bebida, num ambiente comum, isto é, sem agentes externos geradores de grandes deformações.

Com a finalidade do produto já definida, faz-se uma análise arquitetônica do mesmo. Apesar desta já estar sendo feita desde o anteprojeto; neste momento iremos formalizá-la, facilitando a visualização das interações entre as diversas funções do produto.

Para o caso desta experiência didática, era preciso coletar dados sobre as latas a serem prensadas. Sendo assim, foram colhidas as seguintes informações: diâmetro da lata, comprimento livre da lata e comprimento da lata após a prensagem. Estes valores foram utilizados para o cálculo do comprimento da alavanca, correlacionando com os valores de força de tração relativos a cada percentil, conforme mostrado na Tabela 4, obtidos no *Ergokit*.

Tabela 4 - Relação: percentil x comprimento da alavanca (L)

Percentil (%)	Força de Tração Média (N)	L (mm)
5	406.5	309
95	780.7	161

Com estes resultados tabelados, adotou-se uma dimensão para o comprimento da alavanca, o que determinou o dimensionamento dos outros componentes do produto.

Antes deste dimensionamento, devemos selecionar os materiais. Além do baixo custo e dos tipos de solicitações impostas ao material, as interações entre as funções do produto, estabelecidas na análise arquitetônica devem ser levadas em consideração para tal escolha. A partir do confronto destas informações, auxiliado pela análise de viabilidade econômica, escolhem-se os materiais. No caso desta experiência didática, esta escolha foi feita através de debates realizados com o professor orientador. Esta análise também pode ser feita por ferramentas de análise de mérito, como a descrita por FERRANTE *et al.* (2000).

Após o dimensionamento, adotam-se filosofias para a verificação dos méritos da montagem e da fabricação do produto, segundo os requisitos do produto e as restrições do projeto, podendo acarretar em alterações no produto. Para esta tarefa, adotaram-se as ferramentas do *Design For Manufacturing* (DFM), propostas por SWIFT and BOOKER (1997), e do *Design For Assembly* (DFA), propostas por BOOTHROYD and DEWHURST (1991). No caso descrito por FERREIRA e NAVEIRO (2001), a aplicação destas resultou no layout da prensa de latas mostrada na Figura 3 e na adoção dos materiais e processos de fabricação ilustrados na Tabela 5.

7. PROJETO DETALHADO

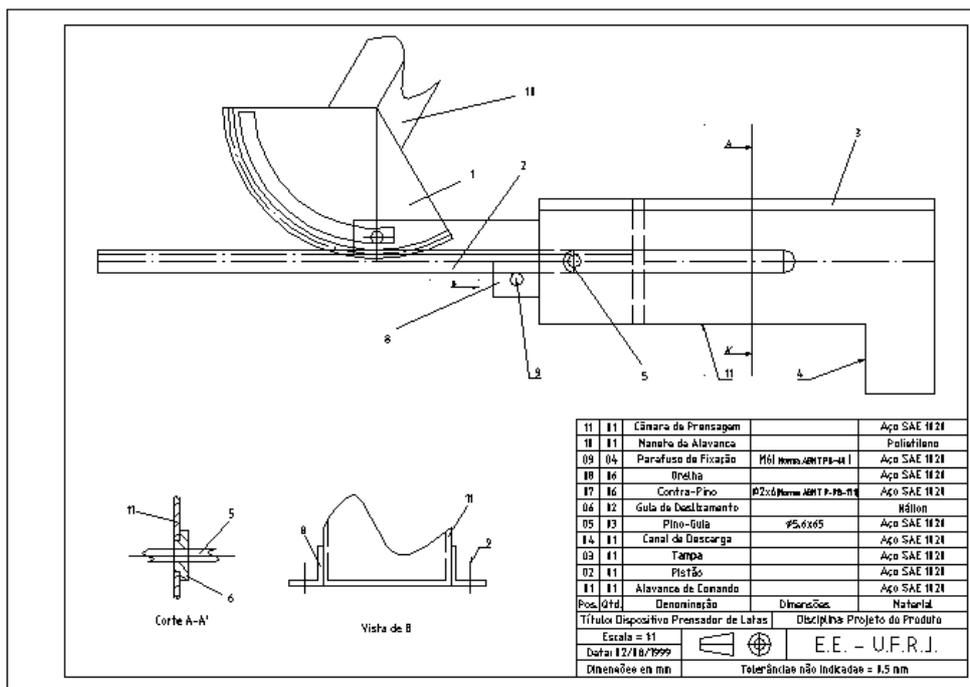
Neste momento do projeto, é interessante utilizar uma ferramenta que permita a visualização em 3-D do produto, pois este tipo de modelagem, além das simulações de utilização deste, pode determinar mudanças no mesmo. Basicamente, podemos utilizar a prototipagem ou utilizar as ferramentas computacionais de modelagem geométrica. No caso desta experiência didática, preferiu-se utilizar a prototipagem. Esta ferramenta apresenta a vantagem de se obter um modelo físico, palpável, facilitando a análise do mesmo. A

desvantagem desta reside no fato de requerer equipamentos com certo grau de tecnologia, dependendo da complexidade da análise do produto.

Tabela 5 - Relação de peças e respectivos materiais e processos de fabricação.

Peça	Material	Processo de Fabricação
Alavanca e Engrenagem de Acionamento	Aço SAE 1020	Fundição em Areia
Cremalheira e Dispositivo de Prensagem	Aço SAE 1020	Fundição em Areia
Carcaça	Aço SAE 1020	Estampagem e Dobragem
Pino-Guia	Aço SAE 1020	Usinados
Parafusos e Contrapinos	Aço SAE 1020	Comprados
Orelhas	Aço SAE 1020	Dobragem e Furação
Manete da Alavanca	Polietileno	Injeção (Moldagem)
Guia de Deslizamento	Náilon	Injeção (Moldagem)

Figura 3 - Layout da Prensa de Latas.



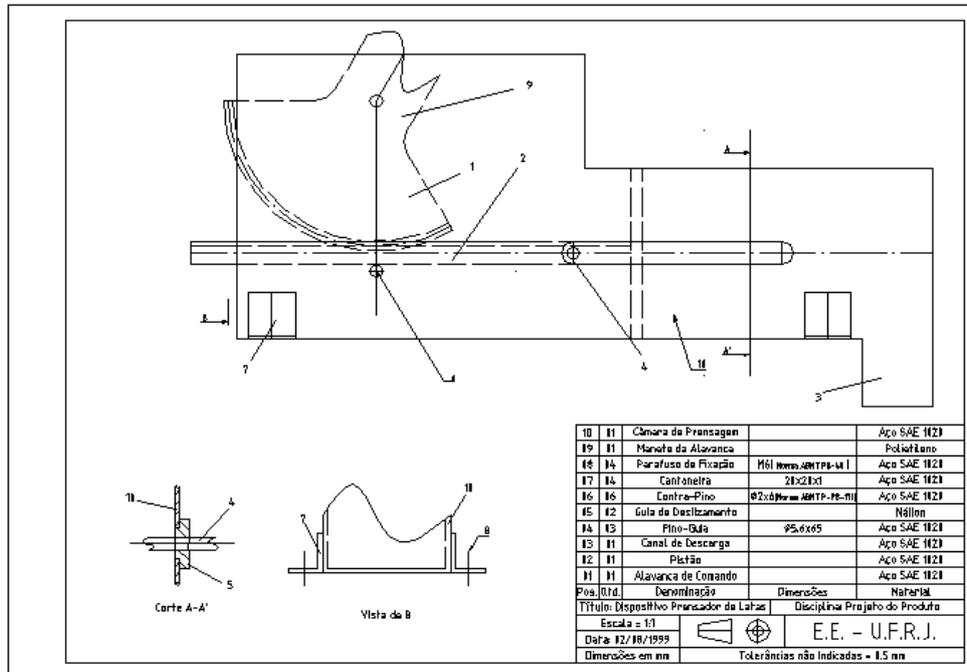
No caso descrito por FERREIRA e NAVEIRO (2001), a prototipagem resultou nas seguintes modificações para o projeto final: retirada da tampa e das orelhas, substituição do rasgo ao longo da engrenagem por um furo no centro do mesmo e adoção de folgas entre furos e eixos, para não se utilizar tolerâncias dimensionais, por não ser requerida grande precisão na utilização do produto. Com as alterações no projeto, um novo desenho de conjunto foi elaborado e é ilustrado na Figura 4.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os alunos de engenharia mecânica, a novidade desta experiência didática está no fato dos alunos serem levados a trabalhar a partir de uma metodologia definida em equipe,

para gerenciarem várias alternativas no desenvolvimento de um produto, geradores de diversas soluções. Trabalhando num ciclo de atividades interativas, a retroalimentação de dados, o conhecimento e a aplicação de diversas técnicas, filosofias e ferramentas determinam a flexibilidade do engenheiro, característica esta fundamental para seu sucesso profissional (VALKENBURG and DORST, 1998).

Figura 4 - Desenho final de conjunto da prensa de latas.



Outro ponto importante para os alunos está no fato dos seminários oferecerem uma oportunidade para realizarem apresentações verbais e escritas, não só desenvolvendo estas aptidões, fundamentais para o profissional responsável em transmitir suas idéias e realizações, mas também aprimorando a capacidade de debater, emitindo e acolhendo sugestões e críticas.

Temos claro que esta experiência didática não irá explorar todas as potencialidades das novas formas de projeção do produto. No entanto, deseja-se reproduzir em escala menor os ciclos necessários para o projeto de um produto.

Também se tem nítido a impossibilidade de representar a totalidade do processo de projeto de um produto, visto a complexidade dos atuais projetos, seja na metodologia ou nas ferramentas de auxílio. O objetivo proposto e alcançado foi o de iniciar o aluno em uma situação mais próxima da realidade, integrando-o neste universo de potenciais desafios pela sua complexa dinâmica.

Para uma maior exploração das potencialidades que este exercício didático possui, mas que não são trabalhadas devido à limitação de tempo, alunos oriundos de turmas que participaram desta experiência realizaram seus projetos finais de conclusão de curso aprofundando temas despertados nos seminários e nos debates desta experiência didática (GOMES, 2002) (RIBEIRO, 2000) (SASSI, 1999).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P. **Product design for assembly**. Wakefield: Boothroyd-Dewhurst Press, 1991.



FERRANTE, M.; SANTOS, S.F.; CASTRO, J.F.R.; Materials Selection as an interdisciplinary technical activity: basic methodology and case studies. **Materials Research**. São Carlos, v. 3, n. 2, p. 1-9, 2000.

FERREIRA, J.C.V.; NAVEIRO, R.M. O uso do projeto orientado à montagem e do projeto orientado à manufatura no desenvolvimento de novos produtos. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2001, Curitiba. **Anais**. Curitiba: ABCM, 2001.

FIOD NETO, M.; BACK, N. Análise crítica de métodos de projeto, visando o desenvolvimento de um sistema CAD para concepção de produtos. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences**. Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 102-108, 1995.

GOMES, D.H.B. **Projeto de uma prensa de latas de alumínio utilizando peças recicladas**. 2002. Projeto de fim de curso – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

KAMINSKI, P.C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 2000.

RIBEIRO, F.A. **Reciclando a educação: prensa de latas de alumínio para crianças da 1ª a 4ª série**. 2000. Projeto de fim de curso – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SASSI, G.F. **Concepção de uma prensa manual de latas de alumínio**. 1999. Projeto de fim de curso – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SWIFT, K.G.; BOOKER, J.D. **Selecting Manufacturing process**. Bristol: Sharing Experience in Engineering Design Press, 1997.

VALKENBURG, R.; DORST, K.; The reflective practice of design. **Design Studies**. New York, v. 19, p. 249-271, 1998.

CAN CRUSHER: A DIDACTICAL EXPERIENCE OF PRODUCT DEVELOPMENT

Abstract: *The main objective of this work is to describe the didactical experience in discipline Product Design, offered by Mechanical Engineering Department of Federal University of Rio de Janeiro, centered for the product development project. Based as practical exercise for better assimilation of the discipline contents, the points will be analyzed for can crusher conception. This analyse will describe the project methodology and the use and selection of the philosophy, techniques and tools used in the project. The impact in the students is also analysed, because this activity approach various aspects not mouch developed in the formation process of mechanical engineering.*

Key-words: *project methodology, product design, can crusher*