

PROJETO PARA MANUFATURA E MONTAGEM: UMA PRÁTICA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY: A PROJECT BASED LEARNING PRACTICE

Rovilson Mafalda¹

Ana Magda Alencar Correa²

Resumo

O ensino de Engenharia vem a cada dia a cada dia tornando-se uma atividade com vertentes educativas transdisciplinares, pela consciência da necessidade de motivar estudantes na busca por produtos que supram as necessidades da sociedade. Não se trata apenas de pensar em soluções para questões de alto grau de complexidade; mas, de problemas que afetam a vida cotidiana. A disciplina envolvida neste trabalho tem como objetivo fornecer instrumental teórico para aplicação de sistemas CAD/CAM aos processos em engenharia. Para isso, incentivamos a proposição de soluções para situações-problema contextualizadas por nossos estudantes. A atividade se dá através de um projeto semestral que requer a proposição de uma melhoria ou inovação de um produto que cause desconforto. Essa atividade tem por fundamentação a metodologia ABP que como método preconiza a exposição de um grupo de indivíduos a uma situação problemática de escopo bem ou mal definido. Considerando que as decisões tomadas na etapa de projeto do produto não só tem um efeito significativo nos custos de produção como também na própria manufaturabilidade dos produtos, os estudantes são orientados através do método DFMA. Para ilustrar os resultados obtidos, são apresentados alguns projetos apresentados pelos alunos em 2012.

Palavras-chave: ensino de engenharia; aprendizagem baseada em problemas; projeto para manufatura e montagem.

Abstract

Teaching Engineering is every day becoming an activity with transdisciplinary educational aspects, the awareness of the need to motivate students in the search for products that meet the needs of society. We are not just thinking about solutions for highly complex issues; but problems that affect everyday life. The discipline involved in this work aims to provide theoretical tools for application of CAD/CAM systems to the processes in engineering. For this, we encourage the proposition of solutions to problem situations contextualized for our students. The activity takes place through a six-month project that requires the proposal of an improvement or innovation of a product that causes discomfort. This activity has the foundation PBL methodology as method calls for the exposure of a group of individuals to a scope problematic situation well or poorly defined. Whereas the decisions taken at the product design stage not only has a

¹ Professor Adjunto, Centro de Engenharia e Ciências Sociais Aplicadas - UFABC, rovilson.mafalda@ufabc.edu.br

² Professora Doutora, Departamento de Expressão Gráfica – UFPE, maguinha120@gmail.com

significant effect on production costs as well as the very manufacturability of products, students are guided through the DFMA method. To illustrate the results are presented some projects presented by students in 2012

Keywords: Teaching engineering; problem based learning, design for manufacturing and assembly.

1. Introdução

Projetar é uma atividade humana complexa que exige uma visão sobre o modo de vida dos indivíduos em sociedade, bem como das tecnologias e dos sistemas que podem ser utilizados para gerar produtos que promovam melhores níveis de qualidade de vida. Mesmo que em um primeiro momento tenham-se estas características como resultantes de um processo lento de maturidade, em uma visão transdisciplinar, estes são os pontos almejados pelo oferecimento gradual da formação em Engenharia.

A prática deste tipo de atividade exige constante aprimoramento de objetos, artefatos em geral que são ou que passam a ser utilizados no dia-a-dia, bem como de métodos e sistemas empregados nas fases projetuais.

A busca por eficiência e melhorias, reduções de custos, processos mais rápidos, baratos e seguros e, menos agressivos ao meio ambiente, concorrem em todas as áreas e atividades humanas. Ao longo do tempo temos assistido à fantástica aventura humana e sua constante busca do desenvolvimento das sociedades em todas as vertentes. Chama nossa atenção suas marcas deixadas, função de suas necessidades e das soluções encontradas inclusive, com uso intensivo de tecnologias.

Interessantes exemplos desta busca por processos mais rápidos e seguros podem ser observados através do processo histórico da construção de talheres, elaborados com galhos de árvore, conchas, e ossos de animais (figura 1), até sofisticados artefatos em aço inoxidável, ou outros materiais ditos mais nobres (figura 2).

A despeito da compreensão tácita destes processos e sua interpretação *latu sensu*, em ensino de engenharia, os educadores tem como desafio trabalhar com experiências quase sinestésicas de utilização e manipulação de tecnologias. Também, trabalhar com de métodos e processos cada dia mais modernos em experiências concretas ou que tenham um grau de significado adequado para a compreensão do fenômeno tecnológico. Desse modo, procura fazer com que as necessidades da sociedade passem a ser uma realidade na qual o engenheiro busca sua inspiração e devolve a essa sociedade bens e serviços que supram suas carências e que melhorem sua qualidade de vida.

Neste sentido, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) apresenta-se como uma importante ferramenta pedagógica no sentido de prática de ensino e aprendizagem formal, na qual o estudante é desafiado a incorporar a prática de resolver problemas cotidianos na sua atuação profissional.

Segundo Peixoto et al. (2006), o método é uma estratégia formativa através da qual os alunos são confrontados com problemas contextualizados e pouco estruturados e para os quais se empenham em encontrar soluções significativas. Se trabalhado em grupo, ajuda a desenvolver o pensamento crítico dos alunos ao construir, em conjunto, soluções mais criativas.

Em nosso curso de engenharia, a disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM tem

como objetivo mais amplo trabalhar os processos de projeto e manufatura auxiliados por computador e como eles decorrem da necessidade de transformação das práticas de engenharia em processos sistemáticos que possam ser quantificados, precificados e oferecidos como produtos para consumo em geral, deste tipo de serviço.

Neste trabalho, apresentamos um conjunto de resultados de uma atividade de projeto que se insere na metodologia ABP, e que tem como foco situações da vida real dos estudantes.

2. Fundamentação Teórica

De modo geral, a ABP (Aprendizagem Baseada em Projetos) é um método que tem como elemento principal a exposição de um grupo de indivíduos a uma situação problemática de escopo bem ou mal definido, que exige a solução em um determinado intervalo de tempo. Atualmente, em muitas áreas de conhecimento, a exemplo da medicina e da engenharia, reconhecem-se estas práticas como experiências de aquisição de conhecimentos quase reais. Muitas destas áreas fazem uso de materiais específicos enquanto outras utilizam materiais diversos com variados significados.

As decisões tomadas na etapa de projeto do produto não só tem um efeito significativo nos custos de produção como também na própria manufaturabilidade dos produtos. Portanto, decisões não acertadas durante o projeto podem comprometer, em maior ou menor grau, não somente o custo e o tempo de desenvolvimento, mas também, a integridade do produto nas demais fases do seu ciclo de vida (Estorilio et al, 2008).

Nesta direção, acreditamos que a consideração da manufatura e montagem já durante a etapa de projeto contribui para a realização de um projeto mais bem definido, inclusive em relação ao ferramental a ser utilizado na produção do produto que é, segundo Savoie et al. (1990, apud ESTORILIO et al, 2008) responsável pela maior parte do desembolso efetuado.

Uma destas práticas que vêm sendo testadas no apoio ao projeto de produtos, que considera a manufatura e a montagem durante a etapa de projeto é o DFMA - *Design for Manufacturing and Assembly* (Bothroyd; Dewhurst, 1988). Este método é utilizado, via de regra, como apoio para melhorar o conceito de um produto ou um projeto já existente, resultando em um projeto mais bem elaborado dentro da capacidade de manufatura da empresa, visando, também, facilitar a montagem do produto final.

Em especial, o método DFMA contribui para que o projetista repense o projeto do produto, visando uma manufatura e uma montagem mais simplificada; isto se reflete diretamente na redução dos custos de produção.

O uso do método DFMA inicia, preferencialmente, na fase de projeto preliminar e se baseia nas consequências das escolhas feitas pelos projetistas durante o processo de projeto, tendo como finalidade, melhorar o produto original em relação à sua fabricação e montagem. Neste sentido, é necessário, segundo Estorilio et al (2008):

- Identificar os problemas que afetam a produção e montagem do produto dentro de determinadas especificações (concepção original);

- Enfocar o projeto dos componentes visando uma fabricação e montagem mais simples, reduzindo o número de partes e facilitando a manipulação e inserção destas, além de eliminar aquelas que encarecem o produto;
- Integrar o processo de fabricação e montagem com o processo de projeto do produto, para obter uma produção sem problemas.

3. Projeto para Manufatura e Montagem na disciplina Sistemas CAD/CAM

Na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM são apresentados aos estudantes vários tópicos relacionados com os conceitos e o uso de sistemas CAD/CAM, como por exemplo, tolerâncias dimensionais e geométricas, Pert/CPM, acabamento superficial, tecnologia de grupo, engenharia simultânea e planejamento de processos. Neste conjunto de tópicos do DFMA é uma prática que visa dar ao aluno uma visão sobre processos de desenvolvimento sistemático de produtos aplicados pela indústria. A ideia de usar este tópico como uma prática da disciplina deveu-se a busca por uma melhor estratégia para o aproveitamento das horas de estudo individual da disciplina e garantir que os estudantes desenvolvessem um projeto mais elaborado sobre os assuntos envolvendo metodologias de projeto, trabalho em grupo e os princípios do DFMA.

Neste sentido, a partir de 2012 passamos a propor como trabalho semestral focado na melhoria de um produto já existente ou em uma proposta de inovação. A fase denominada **problematização** foi feita em sala de aula, seguida de espaços para consultas, em caso de dúvidas. A proposta, para o aluno, foi enunciada por dois caminhos:

- “Procure no seu dia-a-dia, sua casa, trabalho, etc. alguma situação que lhe causa desconforto, ou algo que você simplesmente enxerga que pode ser melhorado e, proponha uma melhoria para ele”.
- “Proponha algo que não existe, mas que cuja existência venha solucionar um problema que você enfrenta cotidiana ou sazonalmente”.

O ponto em comum e imprescindível, aqui, é que os estudantes deviam buscar referências na sua vivência, no seu dia-a-dia.

Após a problematização, seguiram-se duas aulas sobre a atividade de projeto e as metodologias da engenharia simultânea, tecnologia de grupo e DFMA, ponto de partida para a realização da tarefa: o projeto e sua apresentação técnica. Vale destacar que não se trata da aplicação formal do método, uma vez que não é o foco da disciplina. Entretanto, suas premissas são discutidas em uma visão transdisciplinar do processo educativo.

4. Análise dos Trabalhos Apresentados

Para ilustrar o desempenho dos estudantes, nesta seção comentamos alguns dos projetos apresentados em 2012.

De modo geral, na introdução do relatório dos trabalhos, os alunos citam definições das metodologias e reconhecem as mesmas como importantes para gerar produtos de maneira mais competitiva. Eles citam também as relações intrínsecas que existem entre engenharia simultânea, tecnologia de grupo, e DFMA. A seguir, passam a falar especificamente de seu projeto.

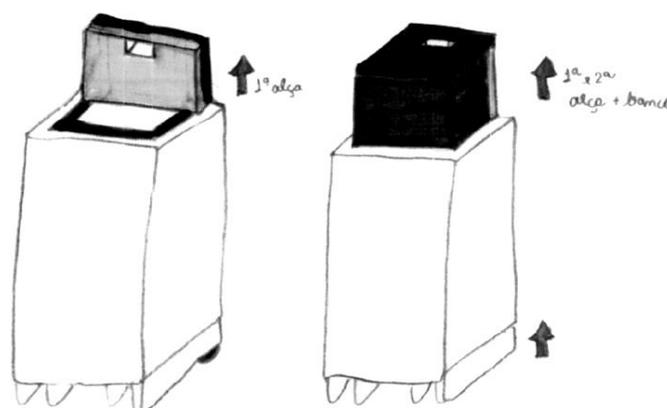
3.1.1 Maleta-banco: proposta de inovação

Neste projeto, os estudantes tinham como preocupação uma situação muito comum, atualmente, no transporte público das grandes cidades, incluindo também os grandes espaços de tempo perdidos em espera, especialmente em aeroportos.

É certo que ao se deslocar de casa para o trabalho, ou para viagens carregam-se malas, maletas e, até mesmo mochilas. As maletas de rodinhas, que até pouco tempo atrás possuíam um contexto infantil, vem ganhando destaque no mundo corporativo devido ao peso a ser transportado, que inclui *tablets* e *laptops*, entre outros acessórios, além de peças de vestuário.

O transporte destes objetos preso ao corpo, também decerto, pode ocasionar problemas de saúde, com danos na coluna vertebral. Na Figura 1 mostramos os esboços de estudos preliminares realizados de uma maleta-banco.

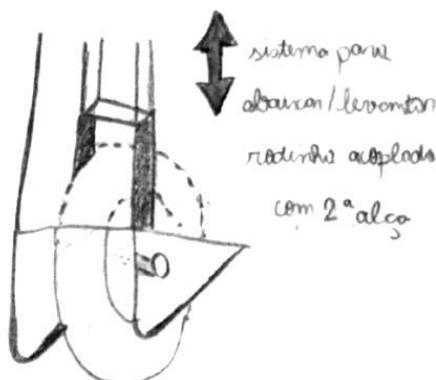
Figura 1: Esboços de Estudos Preliminares da Maleta-Banco



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

Na Figura 2 mostramos também os esboços de estudos preliminares realizados para o sistema de rodinhas e recolhimento da maleta-banco.

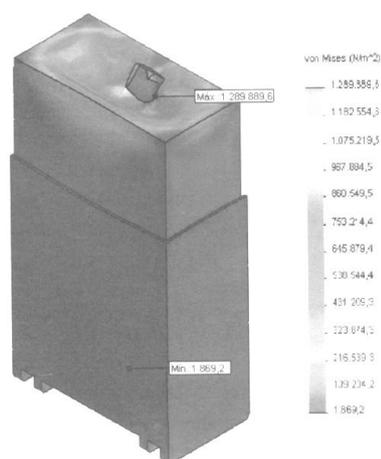
Figura 2: Esboços de Estudos Preliminares do Sistema de Rodinhas e Recolhimento



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

Como etapa mais avançada desta proposta, na Figura 3 é mostrada a maleta-banco modelada em CAD 3D usando sólidos e um gráfico lateral resultante da análise estrutural da maleta considerando o peso de uma pessoa assentado sobre ela usando sistema CAE.

Figura 3: Esboços de Estudos Preliminares do Sistemas de Rodinhas e Recolhimento



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

A pergunta-problema deste projeto foi descrita como: E se além da função de transporte esta maleta tivesse outra função como, por exemplo, virar uma cadeira ou um banco? Sendo a ideia viável, uma pessoa poderia além de transportar seus materiais fazer suas esperas de ônibus, metrô ou avião sentada, ou mesmo aguardar o início de uma reunião.

O grupo estudou, ainda, o sistema de rodízios e apoio no solo quando a maleta fosse utilizada como banco, além de analisar os esforços sobre a maleta nesta situação como mostram as Figuras 4 e 5.

3.1.2 Caixa de leite/suco anti-desperdício: melhoria de um produto existente

Neste projeto, os estudantes tinham como preocupação uma situação muito interessante que acreditamos, o público em geral não tenha a informação precisa: quantos mililitros de produto são retidos em uma caixeta de 1 litro de leite, suco, etc.?

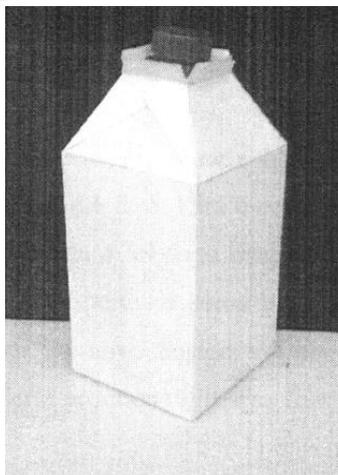
Para cada caixeta de 1000ml, 4ml ficam retidos, e são desperdiçados de acordo com estudo realizado pelo grupo. Certamente a eliminação, ou redução, deste desperdício traz vantagens financeiras para o consumidor.

A pergunta-problema deste projeto foi descrita como: Como eliminar ou reduzir o desperdício de 4ml de líquido em uma caixeta de 1litro de leite, suco, etc.? Para o grupo, a solução é basicamente uma questão formal, ou da forma da caixeta, além de ser necessário trabalhar a borda do encaixe da tampa.

O grupo apresentou protótipo desenvolvido em papel sulfite e tampa reaproveitada como mostra a Figura 4.

Projeto para Manufatura e Montagem: uma Prática de Aprendizagem Baseada em Projetos

Figura 4: Caixa de Leite/Suco Anti-Desperdício



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

3.1.3 Mochila Guarda-Chuva: Proposta de Inovação

A preocupação dos estudantes deste grupo tinha, de fato, um cunho bem prático: como transportar livros e cadernos, em dias de chuva e, ainda manipular objetos como, por exemplo, a carteira, documentos e aparelho celular. É possível fazer tudo isso segurando um guarda-chuva?

A resposta para tal pergunta-problema veio através de uma mochila com guarda-chuva acoplado, de modo que as mãos do usuário fiquem completamente liberadas como mostram as Figuras 5 e 6.

Como conceito, a equipe encontrou na sua pesquisa, imagem de proposta semelhante como ilustra a Figura 5. Entretanto, não encontrou indícios do projeto realizado e, menos ainda, suas especificações técnicas.

Figura 5: Protegido da Chuva



Fonte: <http://dudesmodernos.../2012/04/anivelde.jpg>

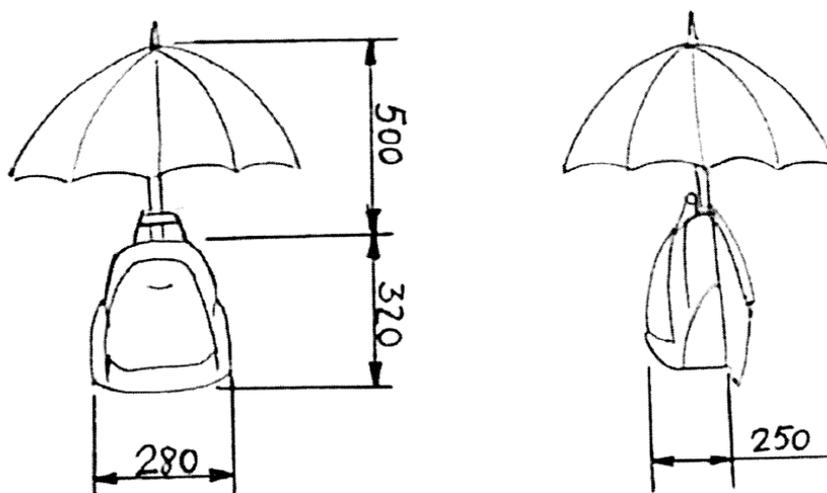
Figura 6: Modelo Conceitual do Uso da Mochila Guarda-Chuva



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM

Então, as especificações técnicas dimensionais para a mochila guarda-chuva precisaram ser feitas por meio dos estudos do grupo. Esses estudos foram feitos com base nos conhecimentos de peso e altura de uma pessoa adulta. Os resultados desse estudo são mostrados por meio das vistas ortográficas na Figura 7.

Figura 7: Especificações Técnicas/Dimensionais para a Mochila Guarda-Chuva



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

3.1.4 Limpador de Retrovisor: Proposta de Inovação

Neste projeto, os estudantes tinham como preocupação uma situação muito corriqueira para motoristas em dias de chuva: as gotas de água da chuva que escorrem e aderem ao espelho do retrovisor e dificultam a visão do motorista (Figura 8).

Figura 8: Espelho Retrovisor em Dia de Chuva

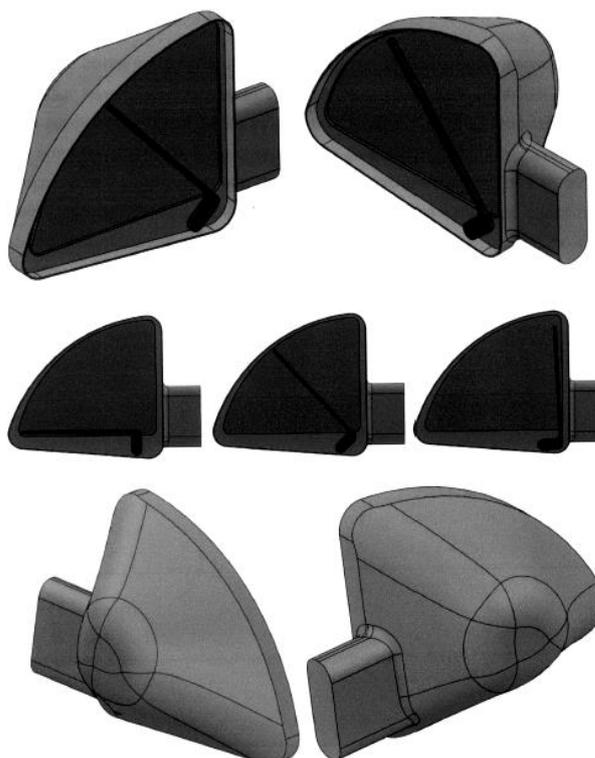


Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-.../I8iHjpGiteQ/s400/retrovisor+chuva.jpg>

É senso comum que em dias de chuva a atenção do motorista deve ser redobrada; e que esta atenção está diretamente ligada à visibilidade. Nestas condições, os espelhos retrovisores tornam-se, praticamente inúteis.

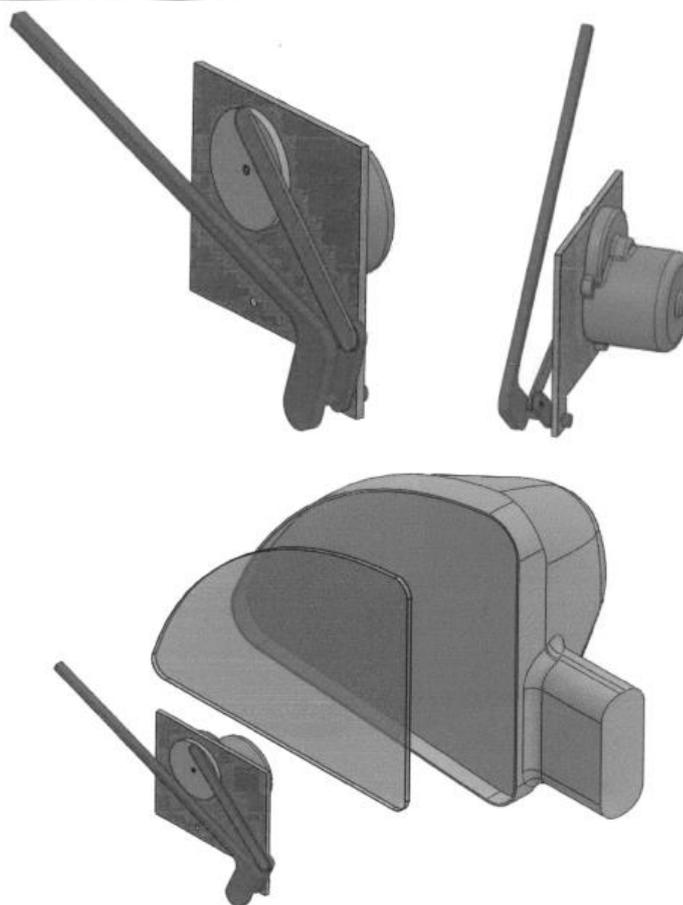
O grupo optou por projetar um limpador ao espelho retrovisor, com funcionamento semelhante ao do para-brisa como ilustra as Figuras 9 e 10.

Figura 9: Limpador para Espelho Retrovisor



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

Figura 10: Detalhes de Montagem



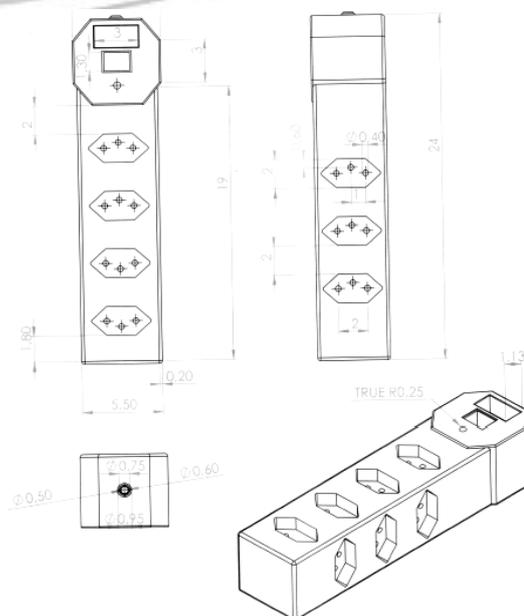
Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

3.1.5 Outros projetos

Além destes projetos outras ideias interessantes foram apresentadas por grupos de trabalho que, oportunamente, podem ser mais bem discutidas. O ponto principal é que este trabalho pode ser feito com base na experiência e conhecimentos que os alunos já possuem. Neste sentido, eles gostaram da experiência pois não foi necessário absorver muitos conhecimentos novos para por em prática no trabalho.

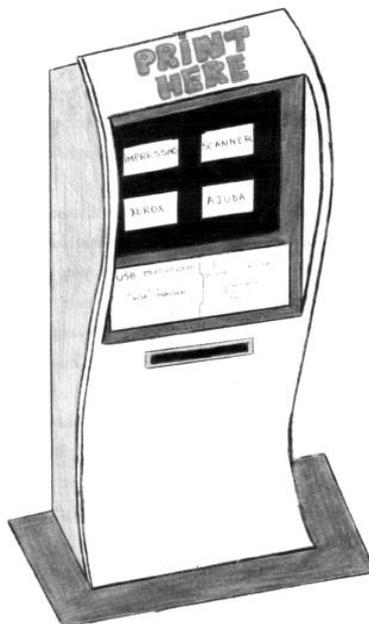
Destacamos, apenas, e para lançar um pouco de curiosidade a Régua de tomadas com uso ótimo (Figura 11) e a máquina de impressão *delivery*, esboçada como ilustrado na Figura 12, a ser instalada em centros de compras, com entrada de dados através de *pendrive* e pagamento com cartões de bancos.

Figura 11: Régua de Tomadas



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

Figura 12: Máquina de Impressão *Delivery*



Fonte: Trabalho realizado na disciplina Introdução a Sistemas CAD/CAM.

4. Considerações Finais

Todo e qualquer produto ou serviço que seja projetado para o uso humano deve ser concebido a partir de premissas que considerem as sutilezas das necessidades humanas e suas interações com os seus ambientes, seja de trabalho, estudo, descanso, lazer, etc.

Corroboram também as filosofias de qualidade e as metodologias educativas como motivação para o constante pensar-repensar o ensino da engenharia.

A metodologia preconizada pela Aprendizagem Baseada em Problemas aproxima o estudante de problemas vivenciados no seu cotidiano que, contextualizados, contribuem para sua motivação na busca para encontrar soluções. A ideia, entretanto é antiga. Como conceito formal, acadêmico, surgiu entre o final da década de 60 e início da década de 70 em Faculdades de Medicina (Canadá e Holanda), propagando-se para outras áreas do saber, notadamente de Arquitetura, Engenharia, Administração e Direito (PEIXOTO et al. 2006).

É de consenso que o método apresenta vantagens para a aprendizagem, embora seja também largamente aplicado em indústrias de diferentes tipos, uma vez que provoca a motivação, promove o conhecimento de novas áreas do saber, estimula a criatividade, impulsiona o pensamento crítico, fomenta as capacidades de análise e decisão e ajuda a desenvolver as capacidades e competências de trabalhar em grupo e de gestão de stress.

Aliar a Aprendizagem baseada em problemas ao DFMA nos parece constituir um cenário interessante para a nossa prática pedagógica em ensino de engenharia, colaborando para a construção de saberes com o desenvolvimento de uma postura cidadã, a partir de problemas individualizados.

As situações-problemas apresentadas pelos grupos demonstram este pensamento: são situações oriundas de vivências particulares que podem ser facilmente transladadas para grandes grupos sociais.

Referências

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. A Problematização e a aprendizagem baseada em Problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface: Comunicação, Saúde, Educação**. Botucatu, v. 2, n. 2, p.10-20, 1998.

BOOTHROYD, Geoffrey; DEWHURST, Peter; KNIGHT, Winston A. **Product design for manufacturing and Assembly**. New York: Marcel Dekker, 2002. 712 pg.

ESTORÍLIO, Carla; SIMIÃO, Marcelo César; SCHONOSKI, Cleiton Luis; DE LARA, Murilo César. Estudo de redução de custos de fabricação e montagem de um motor a diesel com auxílio do DFMA. **Produto & Produção**. Porto Alegre, v. 9, n. 3, p.5-14, 2008.

PEIXOTO, João Paulo; TEIXEIRA, Manuel; COELHO, Dídia; MOREIRA, Daniela; MOTA, Paulo Sérgio. Estudos de caso: o método ABP caso *Home Concept*. **Edição Casos do IESP**. Espaço Atlântico, 2006.

RODRIGUES, Maria de Lourdes Veronesse; FIGUEIREDO, José Fernando de Castro. Aprendizado centrado em problemas. **Medicina**. Ribeirão Preto, v. 29, p.396-402, 1996.

ZOELZE, Michael. Problem-Based Learning Initiative. Disponível em: <www.pbli.org> Acesso em: 20/06/2015.