

APLICAÇÃO DO ROTEIRO CRÍTICO DE PROJETOS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO¹

Geraldo Gonçalves Delgado Neto^a, Ludmila Corrêa de Alkmin e Silvab^b,
Vivianne Cabral Veirac^c, Franco Giuseppe Dedinid^d

RESUMO

Atualmente o MEC tem direcionado recomendações, por intermédio de suas comissões de especialistas, para que haja uma maior flexibilização e regionalização da instituição de ensino superior (IES). As diretrizes curriculares devem ser mais flexíveis, possibilitando maior liberdade na elaboração dos currículos das faculdades. De acordo com essas novas propostas, as disciplinas que fazem parte de um mesmo semestre devem estar em harmonia, possibilitando ao aluno uma disciplina que englobe e utilize as outras. Este trabalho apresenta os resultados da aplicação de um roteiro crítico de projeto e suas respectivas ferramentas no desenvolvimento de produtos em projetos de graduação de alguns cursos, como: Engenharia de controle e automação, Engenharia mecânica e Design de produto. Estes cursos foram ministrados em IES diferentes com matrizes curriculares distintas e consequentemente com perfis de alunos também diferentes. Os alunos, de acordo com os planos de ensino das disciplinas, teriam que elaborar um determinado projeto. Dentro deste contexto, decidiu-se levá-los a utilizar um roteiro de projetos como ferramenta metodológica desde a elaboração até a conclusão do projeto. As disciplinas foram oferecidas por um semestre e foram apresentados o roteiro crítico de projetos e as ferramentas metodológicas (métodos intuitivos e métodos discursivos). O artigo pretende mostrar que a aplicação de um roteiro de projetos traz resultados positivos para os alunos de graduação nos mais diferentes perfis, tanto IES como alunos, chegando-se à produção dos produtos propostos.

Palavras-chave: Desenvolvimento de produto. Ensino de engenharia. Metodologia de projeto.

ABSTRACT

Nowadays, the MEC aims to achieve greater flexibility and regionalization of the institution of higher education (IES), through its commission of experts. The guidelines curriculum should be more flexible, allowing greater freedom in the preparation of curriculum of the faculties. Under these new proposals, the disciplines that are part of the same semester must be in harmony, allowing the student to do a discipline that embraces and use the others. The proposal is to present the results of the implementation a critical project routine and their tools in the development of products in the discipline of projects for graduation of some courses, such as: Control and automation engineering, Mechanical engineering and Product design, in different IES. So the matrices curriculum and profiles of the students are also different for each courses. The students would develop a specific project. Within this context it was decided to bring them to be used as a projects routine with methodological tool since the conception until the complete project. The subjects were offered for a semester and were presented the critical projects routine and methodological tools (intuitive methods and discourse methods). This paper aims to show the implementation of the projects routine brings positive results for students of graduation in many different profiles, both IES as students, getting to the creation of the products presented.

Keywords: Design methodology. Enginner eduction. Product design.

¹ Artigo originalmente apresentado no V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica/2008.

^a Doutorando e Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas - SP- Caixa Postal 6122 CEP: 13.083-970, (19) 3521-3188, geraneto@fem.unicamp.br

^b Doutoranda e Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas - SP- Caixa Postal 6122 CEP: 13.083-970, (19) 3521-3188, ludmila@fem.unicamp.br

^c Mestranda em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas - SP- Caixa Postal 6122 CEP: 13.083-970, (19) 3521-3188, ludmila@fem.unicamp.br

^d Professor Associado MS-5 da Unicamp, PhD em Mecânica Aplicada pelo Politécnico de Milão, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas - SP- Caixa Postal 6122 CEP: 13.083-970, (19) 3521-3188, dedini@fem.unicamp.br

INTRODUÇÃO

O ensino superior no Brasil vive hoje um momento bastante peculiar. Há aproximadamente 10 anos o ingresso no nível superior era modesto para os padrões continentais do país e o que se viu desde então foi o aumento significativo do número de instituições de ensino superior (IES), aumento no número de cursos e aumento no número de matriculados, apresentando um crescimento notável no ensino superior.

É consenso que, hoje, o ensino deve ser voltado para a formação de cidadãos preparados para atuar de forma crítica na sociedade. Com isso deve-se focar a educação na capacidade de resolver problemas, enfrentar desafios através do raciocínio crítico e da autonomia. Também é papel fundamental dar oportunidade aos alunos de colocar em prática os conhecimentos adquiridos.

A geração atual vive a era da informação e isso gera muitas mudanças no mercado de trabalho, o que estabelece mudanças também na educação. Hoje, o que se vê nas empresas é a necessidade de pessoas capazes de gerenciar tarefas, avaliar resultados e trabalhar de forma colaborativa. As empresas cada vez mais necessitam de profissionais generalistas que se sintam à vontade em serem desafiados e a usarem a criatividade. E é dentro deste contexto profissional que o mundo acadêmico deve passar a agir.

O presente artigo propõe-se a apresentar a aplicação do roteiro crítico de projetos em cursos de graduação, mais especificamente nos cursos de Engenharia mecânica (em uma IES pública), Engenharia de controle e automação (em uma IES privada) e Design de produtos (em uma IES privada).

O perfil dos alunos dos referidos cursos são diferentes em vários aspectos: região, curso, instituição, recursos financeiros etc. O que gera uma linha comum entre eles é que a qualquer momento durante sua vida acadêmica será solicitado o desenvolvimento de um projeto de produto que supra uma necessidade em particular. Assim cabe ao educador fornecer subsídios em forma de modelos e métodos de forma a sustentar os alunos para responder a esta solicitação acadêmica, assim como a uma provável demanda real do mercado e indústrias.

Existem inúmeras definições para a palavra e o conceito projeto, que coincidem ou divergem em áreas de aplicação diversas, mostrando como é ampla a conceituação do “ato de projetar”.

Cada autor ou pensador tem sua definição ótima a respeito. Como descrito por Ertas e Jones (1993), design de engenharia é o processo de desenvolver um sistema componente ou processo, de forma a atender determinadas necessidades.

É um processo de decisão, muitas vezes iterativo, no qual as ciências básicas – matemática e ciências da engenharia – são aplicadas para converter recursos otimizados para o atendimento de um objetivo primário.

Na visão de Back (1983), o projeto de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura.

Para Pahl et al.(2005), o projeto metódico possibilita uma racionalização eficaz do processo de projeto e produção.

Metodologia é o estudo dos métodos aplicados a soluções de problemas teóricos e práticos. O conceito “método” deriva etimologicamente do grego-latino e significa “caminho para alguma coisa”, “caminho para se chegar a um fim” ou “andar ao longo de um caminho”.

Nesse sentido, as metodologias são aplicadas no desenvolvimento de produtos. Assim, segundo Uriich e Eppinger (2004), existem quatro tipos de produtos a serem desenvolvidos: novas plataformas de produtos; plataformas derivadas de produtos existentes, melhoramentos em produtos existentes e finalmente, produtos fundamentalmente novos.

Em todos os tipos, para se obter bons resultados, independentemente de acasos, é necessária a adoção de metodologias no processo de criação. A metodologia nada mais é do que um modelo de trabalho com formas de execução, melhoramento e avaliação de tarefas, e, portanto, deve-se ficar atento à crença que, de sua aplicação, resultaria automaticamente um bom projeto.

METODOLOGIA DE PROJETO DESENVOLVIDA

O primeiro autor que abordou de uma forma mais orientada as atividades desenvolvidas ao longo do processo de projeto de engenharia, foi Asimow, M., em 1962, com a obra “Introduction to design: fundamentals of engineering design”.

Em 1972 – 1974, Pahl, G. e Beitz, W., publicaram uma série de artigos em revistas, descrevendo a prática de projeto, como resultado

de pesquisas de diversos centros acadêmicos na Alemanha. Surge, assim, a sistematização do processo de desenvolvimento de produtos. Pahl, G. e Beitz, W. sempre apresentam toda a sistematização de projeto de forma gráfica, com fluxogramas e diagramas de bloco, buscando facilitar a visualização e apresentação da metodologia de projeto de forma didática.

Em 1985, surge a metodologia baseada na norma alemã VDI 2222, derivada da VDI 2221 de 1977. A VDI 2222 procura determinar de forma geral o que deve ser o “ato de projetar”, e busca delimitar o campo de projeto, apresentando um fluxo comum a todas as metodologias propostas para a atividade de projeto.

A partir desses autores e desta norma, desenvolveu-se uma morfologia do roteiro crítico de projeto que auxilia o aluno nas etapas necessárias para a criação de um novo projeto – e promove a melhoria contínua no desenvolvimento de novos produtos com maior qualidade.

O roteiro crítico de projeto é todo desenvolvido em etapas, com informações e explicações, que auxiliam o aluno. Após as etapas concluídas, o aluno obtém um relatório com os conceitos fundamentais para o desenvolvimento do projeto. Na figura 1 é apresentada a morfologia do roteiro crítico com os resultados de cada uma de suas fases.



Figura 1 - Processo de desenvolvimento do produto, adaptado Dedini (2002)

Na figura 2 são mostradas as etapas das três fases de atuação: estudo de viabilidade, projeto preliminar e projeto detalhado. Pode-se ver, também, na figura, as atividades envolvidas em cada fase.



Figura 2 - Etapas que compõem a morfologia do roteiro crítico de projeto

O desenvolvimento do produto envolve as seguintes fases de projeto: estudo de viabilidade, projeto preliminar e projeto detalhado. Um aspecto fundamental dessas fases é a sua relativa independência de forma que ao final das atividades de uma das fases ela não será mais retomada. Isso permite um gerenciamento eficiente de prazos e metas, assim como de parâmetros de projeto. Outra vantagem deste procedimento é a obrigatoriedade de varredura de todas as possibilidades, permitindo atingir resultados novos ou promissores em pouco tempo, apesar da longa fase inicial, fundamentalmente criativa. Assim, de todas as fases no ensino, destaca-se a fase de estudo de viabilidade, uma vez que nela são definidas as características do produto que determina o seu desempenho ao longo do ciclo de vida (DEDINI, 2002).

ETAPAS QUE COMPÕEM A MORFOLOGIA DO ROTEIRO CRÍTICO DE PROJETO – ESTUDO DE VIABILIDADE

Fundamentalmente esta é uma etapa de elaboração de soluções alternativas usando a criatividade e a coleta de informações como chave. No desenvolvimento desta etapa são previstos testes experimentais com protótipos funcionais a fim de testar um ou outro princípio de funcionamento. Também nesta fase um primeiro esboço de valor e custo deve ser elaborado através da engenharia do valor. É uma fase onde o aluno se sente tentado a burlar o processo, pois

foi treinado pela sociedade e pela formação acadêmica tradicional a rejeitar as novidades e diferenças. No entanto, seguidos os procedimentos e ferramentas indicados, o aluno em geral, ganha motivação e confiança, pois encontra apoio em seus questionamentos e intuições.

ESTUDO DE VIABILIDADE - ANÁLISE DE NECESSIDADES

O primeiro passo para o estudo de viabilidade de um projeto é a análise das necessidades que o mercado apresenta, e que o esforço de engenharia tem condições de suprir. A necessidade pode estar oculta ou ainda nem existir, sendo induzida ou evocada quando houver disponibilidade de meios econômicos para sua satisfação. Ela também pode ser sugerida por uma realização técnica que torne possível os meios para a sua satisfação, como no caso de novos desenvolvimentos tecnológicos, a exemplo das telas de LCD orgânico, que permitem a miniaturização de telas com alta definição em celulares e relógios.

A correta identificação da necessidade é fundamental para justificar o investimento do tempo no desenvolvimento do projeto e sua realização.

Existem dificuldades para se atingir a correta identificação das necessidades de mercado. Assim, deve-se evitar o risco de se impor concepções ao mercado consumidor. Muitas ideias geniais não encontraram respaldo no mercado, seja por momentos inadequados, custo ou simplesmente fatores de moda e convenções sociais.

As ferramentas mais utilizadas neste caso são a pesquisa de mercado e o QFD, desdobramento da função qualidade, basicamente na forma da primeira casa da qualidade, como descrito por Machado (2000), e Cheng e Melo Filho (2007).

ESTUDO DE VIABILIDADE - EXPLORAR SISTEMAS ENVOLVIDOS

Para execução desta etapa é fundamental se estudar e conhecer o problema do projeto, ou a necessidade. Após ter esta identificação claramente definida, surgirá algum esboço de ideias para o projeto, que deverão combinar princípios, materiais e componentes. Para a realização do projeto, é possível combinar técnicas novas com já conhecidas.

Nesta etapa, a criatividade para se criar novos produtos é fundamental. Caso as soluções para o projeto não sejam satisfatórias, pode-se passar para a etapa seguinte a qual apresenta algumas metodologias de criatividade.

Tal fase é composta pela utilização do diagrama funcional, como indicado por Pahl et al. (2005), ou o desenvolvimento do quadro funcional ou morfológico, que fornece aos alunos uma visão sistemática das funções e dos componentes necessários ao funcionamento do sistema e permite uma exploração sistemática de todas as possíveis variantes para um dado sistema, conforme indicado por Ulrich e Eppinger (2004).

ESTUDO DE VIABILIDADE - SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Nesta etapa, através de algumas ferramentas auxiliares na criação de novas ideias, criam-se soluções alternativas mais viáveis, e, a partir dessas, elaboram-se desenhos, maquetes e diagramas, dentre outros, bem como comparam-se com as alternativas e soluções já existentes para o projeto. Criatividade é a capacidade de formar mentalmente ideias, imagens e situações abstratas, ou ainda a capacidade de dar existência a algo novo, único e original, porém com objetividade.

No projeto pode-se usar a criatividade como uma forma eficiente de desenvolver novas ideias. Basicamente o projeto é, em todas as suas fases, um ato criativo, no qual a intuição e a metodologia têm função complementar (BACK, 1983).

ESTUDO DE VIABILIDADE - VIABILIDADE FÍSICA

Na fase anterior foi gerado um conjunto de possíveis soluções, que foi planejado mentalmente e a partir do qual foram gerados alguns esboços. Levando em conta alguns dos fatores ou elementos principais, dos quais depende o projeto, faz-se possível a construção de protótipos e testes dos referidos princípios, o que aumenta a segurança para o início da realização física do projeto.

Esta fase leva em conta a possibilidade de construção das concepções realizadas nas fases anteriores, tendo por base fatores como custo, materiais, tecnologia envolvida, horas de trabalho, tempo de desenvolvimento etc. E com o resultado disso, tem-se uma maior confiabilidade

e segurança para continuar o desenvolvimento. O desenvolvimento de projetos com maior apelo social ou humanitário é abordado nesta fase com maior rigor (ALVARENGA, 2006).

ESTUDO DE VIABILIDADE - VIABILIDADE ECONÔMICA

Nenhum projeto será um bom projeto se o seu valor não compensar o esforço investido.

Para que o termo valor não seja subjetivo, e para que se possa determinar o valor final, objetivamente, deve-se calcular o valor de um produto por meio da soma dos custos da matéria-prima, mão de obra, energia e capital. O valor econômico pode ser estabelecido pela própria vontade do consumidor de continuar a comprar e de pagar os preços propostos, como indicado por Mario Csilag (1995) em suas publicações sobre análise do valor.

O projetista também deve prever a intensidade do valor do produto para o consumidor, de modo que possa estimar o potencial do mercado, pois a sua escolha de uma concepção para o projeto deve ser condicionada ao valor econômico de cada um dos principais protagonistas do ciclo produção, até o consumidor. É por esta razão que o projetista deve estar preparado e capacitado a colocar-se mentalmente nos estados econômicos e psicológicos de cada um dos seguimentos: produtor, distribuidor e consumidor, como explanado por Viviani (1998). Ao aluno de graduação devem ser estimulados estes conceitos, ainda que de modo abstrato, pois deles dependerá o sucesso ou não do produto, quando lançado no mercado real.

ESTUDO DE VIABILIDADE - VIABILIDADE FINANCEIRA

A existência da possibilidade de lucro ou balanço monetário financeiro positivo não deve ser o único parâmetro envolvendo fatores econômicos, pois um produto pode ter lucro durante um período de tempo tão pequeno que não justifica o esforço financeiro para sua produção daquela forma ou naquele momento. É importante ao aluno entender que o total de ativos e passivos utilizados no projeto desenvolvimento e produção de um bem de consumo ou produto em particular deve ser de tal ordem a permitir seu ressarcimento e posterior ganho financeiro. Dessa forma, não basta pensar um produto que seja

tão especial que tenha “tudo”, mas que não gerará ganhos suficientes para cobrir as despesas para seu desenvolvimento e produção. Alguém tem que pagar pelo produto e alguém tem que pagar pela produção.

Um projeto de engenharia quase sempre exige uma síntese dos fatores técnicos, humanos e econômicos. Assim, torna-se necessário considerar os fatores sociais, políticos e muitos outros, toda vez que qualquer um destes se mostre relevante, conforme aponta Viviani (1998).

ESTUDO DE VIABILIDADE - DOCUMENTAÇÃO GERADA NO ESTUDO DE VIABILIDADE

Como resultado desta fase do projeto, a seguinte documentação é gerada para a fase posterior:

- Descrição dos consumidores do produto;
- Descrição dos requisitos/necessidades dos consumidores;
- Descrição da competitividade do produto em relação aos consumidores;
- Descrição dos requisitos de engenharia;
- Descrição da competitividade do produto em relação aos requisitos de engenharia;
- Descrição dos objetivos de engenharia;
- Descrição dos títulos e objetivos de cada tarefa;
- Esboços e maquetes das variantes desenvolvidas;
- Esboços e diagramas mostrando como funciona cada parte do produto;
- Esquema global do produto mostrando as funções das partes ou subsistemas;
- Literatura consultada na pesquisa sobre o produto;
- Resultado de pesquisa sobre patentes requeridas em relação ao produto;
- Relatório de aplicação de processos QFD na definição do produto;
- Relatório de aplicação de processos criativos na definição do produto;
- Relatório de aplicação de engenharia do valor

Esta documentação contém toda informação gerada na fase inicial do projeto e deve ser agora utilizada para uma apresentação ao responsável pelo gerenciamento do projeto e desta forma, decidir se o projeto deverá continuar ou não.

ETAPAS QUE COMPÕEM A MORFOLOGIA DO ROTEIRO CRÍTICO DE PROJETO – PROJETO PRELIMINAR

A etapa do projeto preliminar inicia-se com um conjunto de soluções úteis desenvolvidas no estudo de viabilidade. O objetivo de um projeto preliminar é estabelecer qual das alternativas propostas apresenta a melhor concepção para o projeto. Cada uma das soluções alternativas fica sujeita à análise detalhada até que fique clara uma classificação da melhor e pior. Com os estudos de síntese, são estabelecidos os limites de controle para cada parâmetro do projeto, assim como os limites de tolerância nas características dos elementos constituintes do projeto.

Nesta etapa, a avaliação dos materiais, processos construtivos, assim como o arranjo dos componentes e suas formas geométricas, permitem caracterizar os parâmetros importantes para o projeto. Através de recursos matemáticos é possível fazer um modelo matemático para o projeto e prever o seu possível desempenho. É estabelecida uma otimização de caráter geral (técnico construtivo/ econômico/ desempenho) e um ou mais projetos são liberados para detalhamento. Na parte experimental são elaborados protótipos funcionais para testar características inovativas e de desempenho, e protótipos em escala (ou maquetes) para verificar problemas de montagem e acesso, bem como de aceitação (valores estéticos). Confiabilidade, otimização técnica / funcional, e valoração são pontos fundamentais desta fase.

ETAPAS QUE COMPÕEM A MORFOLOGIA DO ROTEIRO CRÍTICO DE PROJETO – PROJETO DETALHADO

Nesta etapa do projeto a melhor solução construtiva é detalhada em todos os seus pormenores, isto é, cada componente é calculado, desenhado, e otimizado a fim de se chegar a um produto fabricável. Esta é a fase do projeto das tolerâncias.

Nesta etapa é possível construir os protótipos de pré-série, de forma a verificar possíveis problemas de montagem ou de adequação. Nessa fase são efetivadas as seguintes ações:

- Verificação das tolerâncias, formas construtivas e possíveis variantes do sistema;
- Desenhos de componentes (dimensionamento, tolerâncias, materiais, acabamento superficial, tratamento térmico ou químico etc.);
- Composição dos componentes em sub-grupos e grupos construtivos.
- Confeção dos desenhos de conjunto e de montagem;
- Elaboração de uma lista final de peças;
- Fabricação de protótipos e modelos experimentais de pré-séries;
- Controle final e confeção de memoriais de cálculo e descritivos;
- Elaboração de manuais de montagem, instalação, operação e manutenção.

IMPORTÂNCIA DA DOCUMENTAÇÃO GERADA NO PROCESSO DE PROJETO

Durante o processo de projeto são produzidos documentos que registram todas as suas fases. Os tipos de documentos produzidos durante esse processo podem ser divididos em três categorias: registros de desenvolvimento do produto, relatórios para gerência, e documentos finais do produto (fabricação, assistência técnica, fim de produção etc).

As empresas normalmente mantêm os registros das fases de nascimento e desenvolvimento dos produtos para uma referência de futuros desenvolvimentos ou pedidos de patentes. Um livro de projeto, sequencialmente numerado e indexado, geralmente serve como uma boa documentação sobre o surgimento de um novo produto. Esses registros podem ser atualizados diariamente e devem conter todos os esboços, anotações e cálculos relativos ao projeto.

A documentação mais evidente de um processo de projeto é o material que descreve o produto final. Esse material é composto por desenhos de conjunto, desenhos detalhados, desenhos de montagem, documentos escritos – para instalação, montagem, inspeção, manutenção e controle de qualidade.

Cada técnica discutida anteriormente produz documentos que farão parte do futuro produto. A documentação produzida em cada uma das três fases do projeto é descrita a seguir, no desenvolvimento de projeto através do programa.

Nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 são apresentados exemplos de trabalhos desenvolvidos por alunos que aplicaram a metodologia de projeto.

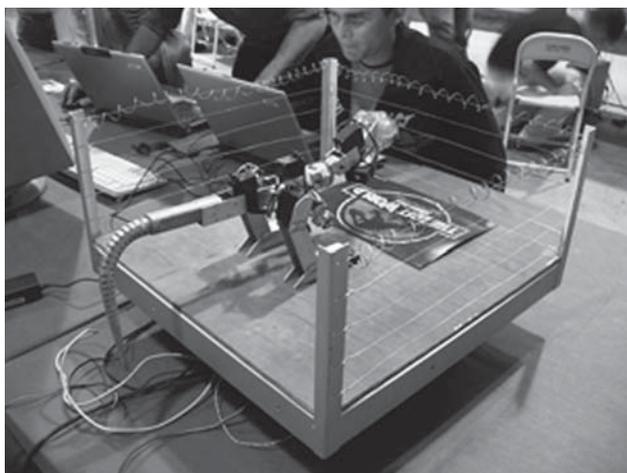


Figura 3 - Mecanismo articulado com servo motores (Dino) – desenvolvido por alunos de primeiro semestre, utilizando metodologia de projeto. Projeto realizado em quatro meses

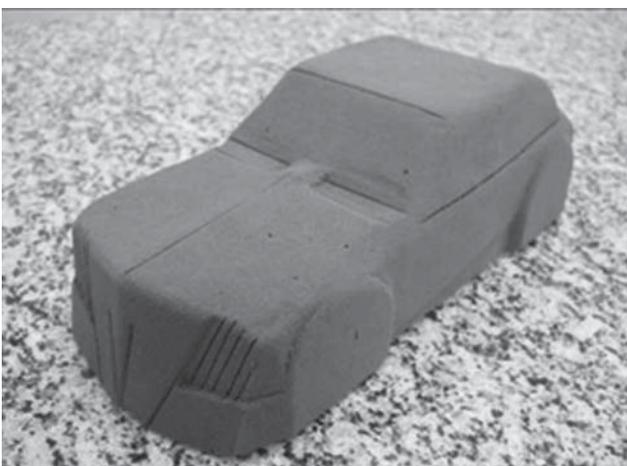


Figura 4 - Pré-projeto de carrinho de controle remoto e projeto concluído



Figura 5 - Ilustração de projeto na fase de estudo de viabilidade – parte da documentação entregue pelos alunos

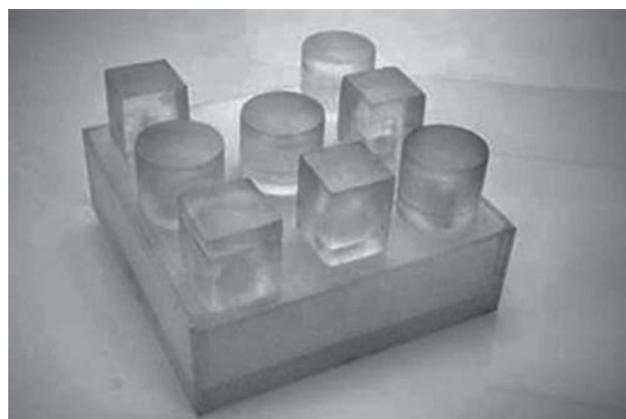


Figura 6 - Luminária Airequecê – projeto desenvolvido por alunos que foi escolhido para participar de uma mostra de escolas de *design*



Figura 7 - Projetos de veículos especiais para uso em areia solta desenvolvido por alunos

CONCLUSÃO

Existe uma corrente de pensamento não formal dentro do desenvolvimento de produtos que prega que qualquer forma de sistematização poderá cedo ou tarde agir como inibidor do processo criativo. Mesmo entre os alunos de um curso técnico existe uma concepção de que o produto nasce de uma mente privilegiada, que, via de regra, é também a personalidade mais forte dentro de um grupo de trabalho. Esses mitos dificultam o aprendizado e geram uma resistência histórica dentro das disciplinas de projeto integrado. Ficou claro através de nossa experiência que existe uma possibilidade real de se vencer essas barreiras através da persistência e da aplicação sistemática dessas metodologias ao longo de períodos de tempo relativamente curtos.

Durante o desenvolvimento de projeto, quando se está nas etapas de desenvolvimento/viabilidade nas quais os alunos constroem um esboço ou mesmo um pré-projeto (usando materiais simples como papelão, espuma de poliuretano para esculpir e apresentar em 3D o seus esboços), muitas vezes não fica claro para o aluno que por meio do uso de um roteiro de projeto a construção completa do produto acontecerá.

Com o tempo, os alunos passam a perceber que, se pularem alguma etapa, negligenciam alguma documentação, o projeto fica mais sujeito ao erro e ao “re-projeto”.

A aceitação deste roteiro crítico de projeto por parte dos alunos não foi unânime. Os resultados apresentados, comparando-se aqueles que utilizaram amplamente o conceito de metodologia de projeto com os que não a utilizaram, evidenciam a importância destas ferramentas.

A metodologia de projeto ou roteiro crítico de projeto tem-se apresentado como uma ferramenta eficiente para ser aplicada na educação. Os resultados dessa aplicação são bastante favoráveis, uma vez que, focando-se a educação na capacidade de solucionar problemas, dá-se aos alunos a oportunidade de colocar em prática os conhecimentos adquiridos. Aos resultados práticos destes processos de desenvolvimento deve-se dar menor destaque que aos processos de desenvolvimento em si. Ou seja, deve-se estimular nos alunos a formalização dos métodos, mais do que os resultados. Esta afirmação permite focar a avaliação de forma objetiva deixando claro aos alunos os parâmetros positivos do projeto desenvolvido e sedimentando fundamentos que

serviram de base a desenvolvimentos futuros. Espera-se que com o tempo e persistência estes procedimentos possam reverter os mitos citados no início desta conclusão.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio e incentivo ao longo dos últimos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, Flávia B., 2006, *Proposta de uma abordagem metodológica e sistematização das fases iniciais do projeto para o desenvolvimento de produtos inclusivos*, Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- BACK, Nelson, 1983 *Metodologia de projeto de produtos industriais*, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 389p.
- CSILAG, João Mario, 1995, *Análise do Valor, Metodologia do Valor*, Editora Atlas, SP, 370p.
- DEDINI, F.G., 2002, *Sistemas e métodos de Projeto*, Apostila pós-graduação, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- DELGADO NETO, G. G., 2005, *Uma Contribuição à Metodologia de Projeto para o Desenvolvimento de Jogos e Brinquedos Infantis*, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado), Campinas.
- ERTAS, Atila, JESSE C. Jones, 1993, *The engineering design process*, 2ªed., New York; Willy, 525 p.
- KING, Bob, 1999, *Criatividade uma vantagem competitiva*, Qualitymark, 330p.
- MACHADO, Cristiano dos Santos, *Contribuição ao Estudo da Metodologia e Morfologia do Processo de Projeto Mecânico*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- MARTINS, Rosane Fonseca de Freitas, 2004, *A gestão de design como estratégia organizacional: um modelo de integração do design em organizações*, Universidade Federal de Santa Catarina, Tese (Doutorado), Florianópolis.

PAHL, G., BEITZ, W., FELDHUSEN, J., Grote, HEINRICH, K., 2005, *Projeto de Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações*, São Paulo: Edgard Blücher.

ULRICH, Karl T., EPPINGER, Steven D., 2004, *Product Design and Development*, McGraw Hill Irwin.

VIVIANI, V., 1998. *Influência do Fator Econômico nas Metodologias de Projeto e Fabricação de Produtos Mecânicos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Geraldo Gonçalves Delgado Neto



Possui graduação em Desenho industrial projeto do produto pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001), mestrado em Engenharia mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2005) e é doutorando em Engenharia mecânica pela Universidade Estadual de Campinas.

Atualmente faz parte da equipe de desenvolvimento de projeto de produto no LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados) do Departamento de projeto mecânico – UNICAMP, que participa do projeto PROBRAL, Brasil & Alemanha. Atua em outras parcerias importantes como Universidade/Empresa VANZETTI, CTI – Centro da Tecnologia da Informação e Universidade Técnica de Darmstadt (Alemanha). Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em metodologia de projeto, atuando principalmente nos seguintes temas: metodologia, brinquedos, *software*, acessibilidade e ambientes inclusivos.

Ludmila Corrêa de Alkmin e Silva



Possui graduação em Engenharia mecânica – ênfase em mecatrônica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2004) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2007). É membro da equipe de desenvolvimento de projeto de produto no LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados) do Departamento de projeto mecânico – UNICAMP. Participou em 2008 de intercâmbio

com a Universidade Técnica de Darmstadt (Alemanha). Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em projetos de máquinas. Atua principalmente nos seguintes temas: cadeia de rodas, dinâmica veicular e controle.

com a Universidade Técnica de Darmstadt (Alemanha). Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em projetos de máquinas. Atua principalmente nos seguintes temas: cadeia de rodas, dinâmica veicular e controle.

Vivianne Cabral Vieira



Possui graduação em Comunicação social – relações públicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). É mestranda em Engenharia mecânica na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e cursa especialização em Gestão de Projetos. Faz parte da equipe de desenvolvimento de projeto de produto no LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados) do Departamento de projeto mecânico – UNICAMP. Suas áreas de interesse são a gestão de projetos, a metodologia de projeto, o pensamento enxuto e o desenvolvimento de produtos.

Atualmente faz parte da equipe de desenvolvimento de projeto de produto no LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados) do Departamento de projeto mecânico – UNICAMP. Suas áreas de interesse são a gestão de projetos, a metodologia de projeto, o pensamento enxuto e o desenvolvimento de produtos.

Franco Giuseppe Dedini



Possui graduação em Engenharia mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (1980), mestrado em Engenharia mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (1985) e é PhD em Mecânica aplicada pelo Politécnico de Milão (1993). Atualmente é professor associado - MS5 da Universidade Estadual de Campinas, Revisor das revistas *Product* (1676-4056), *International journal of quality and reliability management*, *SAE Technical Papers*, Revista Brasileira de Ciências Mecânicas e Ciência & Engenharia. Responsável pela equipe de desenvolvimento de projeto de produto do LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados) do Departamento de Projeto Mecânico – UNICAMP. Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em projeto mecânico, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento de produtos, dinâmica veicular, projeto de máquinas, metodologia de projeto e gerenciamento de projeto. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq - Nível 2.

Atualmente é professor associado - MS5 da Universidade Estadual de Campinas, Revisor das revistas *Product* (1676-4056), *International journal of quality and reliability management*, *SAE Technical Papers*, Revista Brasileira de Ciências Mecânicas e Ciência & Engenharia. Responsável pela equipe de desenvolvimento de projeto de produto do LabSIn (Laboratório de Sistemas Integrados) do Departamento de Projeto Mecânico – UNICAMP. Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em projeto mecânico, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento de produtos, dinâmica veicular, projeto de máquinas, metodologia de projeto e gerenciamento de projeto. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq - Nível 2.