

PROJETOS DE SISTEMAS MECÂNICOS PARA ALUNOS DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Beatriz Luci Fernandes – bialuci@rla01.pucpr.br

PUCPR, Curso de Engenharia Mecânica

Rua Imaculada Conceição, 1155

80215-901 – Curitiba - PR

Key Lima – keylima@rla01.pucpr.br

PUCPR, Curso de Engenharia Mecânica

Rua Imaculada Conceição, 1155

80215-901 – Curitiba - PR

Luis Mauro Moura – lmoura@ccet.pucpr.br

PUCPR, Curso de Engenharia Mecânica

Rua Imaculada Conceição, 1155

80215-901 – Curitiba - PR

***Resumo:** A fim de formar engenheiros com a capacidade de desenvolver projetos, avalia-los de forma crítica e otimiza-los, o curso de Engenharia Mecânica da PUCPR apresenta desafios aos alunos de graduação através de propostas do desenvolvimento de sistemas mecânicos, como aeromodelos, hovercraft e veículo movido à tração humana. O programa tem também, como objetivo, o ensino da disciplina, organização e trabalho em equipe, já que os alunos têm que ser capazes de cumprir datas e defender seus projetos diante de bancas compostas por professores do curso. Para a entrega dos projetos os alunos devem trabalhar em horários extras, fora das salas de aula, o que simula de forma decisiva, as atividades no mercado de trabalho do qual farão parte. Além da eficiência dos projetos, o aprendizado no desenvolvimento de relatórios técnicos com linguagem apropriada e o levantamento do orçamento de cada componente dos sistemas mecânicos também é exigido. Em seu quinto ano de implementação, a análise das competências desenvolvidas mostra que o tempo fora da sala de aula dedicado pelos alunos no desenvolvimento de projetos, utilizando todas as ferramentas fornecidas pelos programas de aprendizagem é de fundamental importância para a qualificação profissional dos futuros engenheiros e agrega valor fundamental para a sua diferenciação no mercado de trabalho. O presente trabalho mostra todo o potencial desenvolvido pelos alunos durante o programa implementado pelo curso de Engenharia Mecânica da PUCPR.*

***Palavras-chave:** Projetos de graduação, Sistemas mecânicos, Desenvolvimento de competências.*

1. INTRODUÇÃO

Aos engenheiros é cobrada a capacidade de pensar de forma criativa e crítica, de se comunicar de forma efetiva com todos os segmentos da sociedade, de trabalhar em equipe em vários níveis hierárquicos e de definir e resolver problemas complexos.

O curso de Engenharia Mecânica da PUCPR, em sua busca pela formação de profissionais qualificados, implantou em seu currículo, a partir de 2000, um novo programa de aprendizagem: Produtos e Sistemas Mecânicos, com a intenção de formar profissionais competentes, ou seja, engenheiros capazes de: agir com responsabilidade e conhecimento, integrar-se com facilidade, transferir conhecimentos e habilidades e ter visão estratégica.

O programa é dividido em oito módulos. Neles, os alunos organizam-se em equipe e são estimulados a entender a importância e necessidade de um produto mecânico e a elaborar um plano de ação para seu projeto e fabricação. Os projetos escolhidos primam pela interdisciplinaridade, de tal forma que os conceitos e aptidões desenvolvidas nos outros programas de aprendizagem, oferecidos no mesmo período, são explorados e aproveitados no desenvolvimento do projeto, FERNANDES *et al.*(2001).

Este trabalho mostra o resultado dos quatro anos e meio de implementação de Produtos e Sistemas Mecânicos, dando enfoque às competências adquiridas pelos alunos e observadas pelos professores durante o projeto e a fabricação dos produtos.

2. MUDANÇA DE EXPECTATIVAS DA INDÚSTRIA

Engenheiros recém formados estão entrando em um mercado de trabalho que tem se modificado radicalmente nos últimos anos e que continuará a evoluir. A carreira tradicional em grandes empresas com muito poucas mudanças de posições hierárquicas ou mesmo de empresa não mais existe.

Durante um longo período de tempo, engenheiros eram os únicos que criavam soluções práticas para os desafios criados pelo homem. Geralmente, dentro de sua área de atuação, suas decisões não eram contestadas. No entanto, com as inovações tecnológicas, a posição de “especialista” não faz mais sentido dentro de uma empresa.

Um novo tipo de engenheiro com sólida fundamentação em ciências básicas, conhecimentos diversificados em novas tecnologias e sempre atento às mudanças sociais é necessário. O mercado atual não busca profissionais com habilidades e conhecimentos tradicionais mas sim engenheiros com algo a mais. As competências que o novo engenheiro deve possuir têm sido debatidas mundialmente dentro e fora das instituições de ensino, de GRAAFF e RAVESTEIJN (2001).

Uma conclusão a que se pode chegar é que o treinamento desse novo tipo de engenheiro necessita de uma adequada adaptação dos programas dos cursos de engenharia. As Universidades devem recorrer aos anseios da sociedade como um todo. Os cursos tradicionais de engenharia, de modo geral, não têm sido dinâmicos o suficiente para fornecer o perfil adequado às novas exigências, pois fornecem engenheiros com pouca experiência prática e pouca competência em projetos de produtos e sistemas de produção, RAMÍREZ *et al.* (1996).

Em conexão com estas mudanças, alguns conceitos chaves podem ser formulados: no mundo atual, produtos e princípios devem estar em harmonia (um balanço deve ser estabelecido entre economia, meio-ambiente e responsabilidade social); desenvolvimento sustentável deve ser um objetivo básico; pessoas de diferentes países e culturas, com diferentes posições hierárquicas devem ser aptas a trabalhar em equipe; o aspecto humano é mais importante do que nunca (talento para liderança em qualquer nível), de GRAAFF e RAVESTEIJN (2001).

De forma geral, pode-se dizer que o novo engenheiro deve apresentar um alto nível de conhecimento em : economia, psicologia, sociologia industrial, administração e gerenciamento de pessoal, leis trabalhistas, segurança, utilização de computadores, gerenciamento de projeto, metodologia de pesquisa, redação de relatório técnico, comunicação, avaliação analítica, síntese de idéias, inteligência social e emocional e estratégia.

Alguns outros atributos têm relação com motivação, coragem, capacidade de decisão, gerenciamento de incertezas, liderança, treinamento e simpatia.

Neste contexto, dentro do programa de aprendizagem Produtos e Sistemas Mecânicos, os alunos do curso de Engenharia Mecânica da PUCPR foram desafiados a desenvolver projetos complexos em equipe, com restrições bem definidas como Aeromodelo de carga, Aeromodelo de velocidade, Moon Buggy e Hovercraft.

Estes projetos são apresentados neste trabalho de forma a ilustrar as competências desenvolvidas, comparando-as com as exigidas pelo mercado de trabalho do qual estes novos engenheiros irão fazer parte.

3. COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS EM PRODUTOS E SISTEMAS MECÂNICOS

Produtos e Sistemas Mecânicos é um programa de aprendizagem que compõe, no final do curso, quatro anos de planejamento, desenvolvimento e construção de um produto. Cada módulo é composto por 36 horas semestrais, divididas em 2 horas semanais, FERNANDES (2001).

As competências desenvolvidas em Produtos e Sistemas Mecânicos que os futuros engenheiros necessitarão em suas vidas profissionais, podem ser divididas em quatro categorias principais que são abordadas nos tópicos seguintes.

Essas competências, adquiridas durante o desenvolvimento do produto dentro do programa de aprendizagem, são relacionadas às etapas do projeto, mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Evolução dos projetos durante os Módulos, FERNANDES (2001).

| PRODUTOS E SISTEMAS MECÂNICOS | ETAPAS DO PROJETO |
|--|---|
| Módulo I | Conhecimento do projeto, ergonomia. |
| Módulo II | Elaboração de desenho, cálculos estáticos preliminares. |
| Módulo III | Cálculos dinâmicos da estrutura e critérios de escolha dos materiais. |
| Módulo IV | Início da análise dos sistemas e cálculos dinâmicos. |
| Módulo V | Processos de fabricação, perfis aerodinâmicos. |
| Módulo VI | Mecanismos, materiais, sistema elétrico, custos. |
| Módulo VII | Sistemas de suspensão, ensaios, sistema de propulsão. |
| Módulo VIII | Definições finais, relatório completo, entrega do produto. |

3.1 Competência técnico-científica

Engenheiros são, em primeiro lugar, projetistas de produtos e processos. Neste sentido, os elementos cognitivos importantes são: conceitos básicos de projetos, especificações e ferramentas teóricas básicas.

Parte da bagagem intelectual do engenheiro é o “conhecimento tático”, ou seja, o conhecimento adquirido em situações práticas que não podem ser bem formalizadas. Para isto, é necessário um bom senso de julgamento do que é tecnicamente viável. A capacidade de sintetizar todo o conhecimento relevante para um projeto é consequência de um aprendizado multidisciplinar.

A viabilização da competência de selecionar o conhecimento adequado e transformá-lo em solução de um problema proposto foi realizada através da proposta dos projetos às equipes com suas restrições.

No Módulo I e no Módulo II verificou-se que os alunos desenvolveram as competências de busca de informações e de definição de um problema que estão vinculadas. Deu-se início também ao desenvolvimento da capacidade de trabalhar em equipe.

Essas competências puderam ser observadas através dos indicadores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Competências adquiridas e indicadores durante os Módulos I e II de Produtos e Sistemas Mecânicos.

| Competências | Indicadores |
|--------------------|---|
| Definir o problema | <ul style="list-style-type: none">• Entendimento da natureza do problema;• Formulação de objetivos de forma clara para a solução do problema;• Reconhecimento da importância da definição do problema para o desenvolvimento de um produto de qualidade;• Definição clara dos critérios e restrições no desenvolvimento de um produto. |
| Buscar informações | <ul style="list-style-type: none">• Utilização de biblioteca;• Questionamentos;• Observação aguçada;• Troca de informações com alunos de outros cursos e outras Universidades;• Identificação das informações relevantes ao projeto. |

3.2 Criatividade e capacidade de implementação de idéias

Como solucionadores de problemas, os engenheiros não estão envolvidos apenas com os aspectos técnicos dos mesmos. Trabalham também como mediadores entre tecnologia e sociedade. O retorno da sociedade pode exigir que o engenheiro altere produtos ou processos. É necessário também que o engenheiro esteja à frente de seu tempo, analisando de forma contínua as mudanças sociais, as novas tendências tecnológicas e as novas necessidades da sociedade.

No curso do seu trabalho, o engenheiro deve considerar numerosas regras legais e regulamentos econômicos, organizacionais e ecológicos, gerando e implementando idéias que respeitem as regras estabelecidas.

Dentro deste aspecto, os demais Módulos (de III a VIII), mostraram eficácia no desenvolvimento das competências relacionadas à geração de idéias e implementações das mesmas, como mostra os indicadores da Tabela 3.

Tabela 3 – Competências adquiridas e indicadores do Módulo III ao Módulo VIII de Produtos e Sistemas Mecânicos.

| Competências | Indicadores |
|--------------------|--|
| Gerar idéias | <ul style="list-style-type: none"> • Identificação e utilização de meios para geração de idéias pela equipe e pelos integrantes de forma individual; • Discussão de idéias de forma eficiente pelas equipes; • Busca de meios para suportar idéias dentro das equipes através de fundamentos técnico-científicos; • Síntese das idéias geradas transformando-as em uma única idéia geral aceita por todos os indivíduos da equipe. |
| Implementar idéias | <ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento do tempo e dos recursos necessários para completar seu projeto dentro dos prazos estabelecidos em cada etapa; • Utilização das diretrizes, de forma eficiente, para a implementação de suas idéias. |

3.3 Competência em organização e gerenciamento

Como gerentes de equipe de projeto, de processos ou de departamentos em geral, os engenheiros devem ter conhecimento de organizações, capacidade de tomada de decisão, conhecimento de leis e de economia, boas relações de trabalho, conhecimento em qualidade e informatização.

Durante todo o processo do desenvolvimento, desde o conhecimento do projeto até a fabricação do produto, os alunos passaram por um processo contínuo de aprendizado em gerenciamento e organização. A cada semestre um incremento foi dado ao projeto, dentro das exigências do programa de aprendizagem, o que exigiu uma adequada organização do histórico do projeto e respeito ao cronograma proposto para a entrega de resultados em tempo hábil. Além disso, uma revisão contínua das tarefas foi necessária a fim de se atingir os objetivos de cada Módulo.

Cada etapa de desenvolvimento exigiu gerenciamento diferenciado, o que fez com que os alunos tivessem contato com vários setores e níveis de gerenciamento onde pode atuar um engenheiro dentro de uma empresa.

Dentro deste tópico pode-se observar que os alunos foram capazes de avaliar idéias e tomar decisões valorizando o trabalho em equipe desde o início do programa de aprendizagem, ou seja, do Módulo I ao Módulo VIII.

A Tabela 4 ilustra os indicadores observados pelos professores.

Tabela 4 – Competências adquiridas e indicadores do Módulos I ao Módulo VIII de Produtos e Sistemas Mecânicos.

| Competências | Indicadores |
|---------------------------------|---|
| Trabalhar em equipe | <ul style="list-style-type: none"> • Descoberta do próprio estilo de pensar e do estilo de pensar dos outros integrantes da equipe; • Compreensão de como o próprio comportamento e o comportamento dos demais integrantes afetam o andamento do trabalho e o bem estar da equipe; • Compreensão da importância de assumir responsabilidades sobre o andamento do projeto; • Expressão de idéias de forma clara e capacidade de ouvir as idéias dos demais integrantes da equipe; • Gerenciamento de reuniões eficientes; • Descoberta de que o cooperativismo é importante na sustentação de uma equipe de trabalho. |
| Avaliar idéias e tomar decisões | <ul style="list-style-type: none"> • Montagem de um sistema, pela equipe, de uma avaliação contínua do projeto; • Utilização de técnicas para avaliação das propostas e para tomada de decisão da mais adequada para solução dos problemas detectados. |

3.4 Competências em comunicação e relacionamentos interpessoais

Cada vez mais engenheiros têm sido desafiados a participar de equipes multidisciplinares sendo responsabilizado por parte de um projeto, pesquisa ou gerenciamento da equipe de projeto. Este tipo de atividade requer alta capacidade de comunicação e de relacionamento interpessoal.

Dentro deste contexto, competências no uso de softwares, gerenciamento de projeto e de pessoas, apresentação de relatórios, comunicação oral e inteligência emocional são primordiais.

A avaliação do andamento do projeto, em cada período, foi realizada através de entrega de relatório técnico e apresentação oral em PowerPoint para uma banca de professores do curso, envolvidos direta ou indiretamente na etapa de desenvolvimento do produto.

Este tipo de avaliação colocou os alunos em uma situação bastante comum na indústria onde o líder de equipe ou mesmo um integrante deve apresentar o andamento do trabalho para pessoas hierarquicamente superiores, receber críticas ou sugestões e aceitá-las de forma profissional.

O desenvolvimento das competências de falar em público com propriedade e escrever de forma objetiva, em linguagem técnica e com fundamentação técnico-científica, também foram conseguidas através destas avaliações semestrais.

O desenvolvimento progressivo da capacidade de comunicação oral e escrita foi observado pelos professores através de todos os Módulos do programa de aprendizagem e seus indicadores estão mostrados na Tabela 5.

| Competências | Indicadores |
|----------------------------|---|
| Comunicação oral e escrita | <ul style="list-style-type: none">• Utilização da expressão corporal para a comunicação interpessoal, como o contato visual;• Comportamento profissional diante de críticas construtivas e de sugestões;• Documentação do desenvolvimento do produto de forma objetiva, suportada por fundamentos técnico-científicos e em linguagem técnica adequada;• Realização de apresentações orais utilizando recursos de multimídia de forma adequada, agradável e acessível ao público;• Apresentação dos projetos utilizando recursos gráficos como SolidWorks e CAD. |

Alguns dos projetos entregues por alunos e que, atualmente, encontram-se em fase de construção do protótipo, podem ser vistos nas Figuras de 1 a 4.

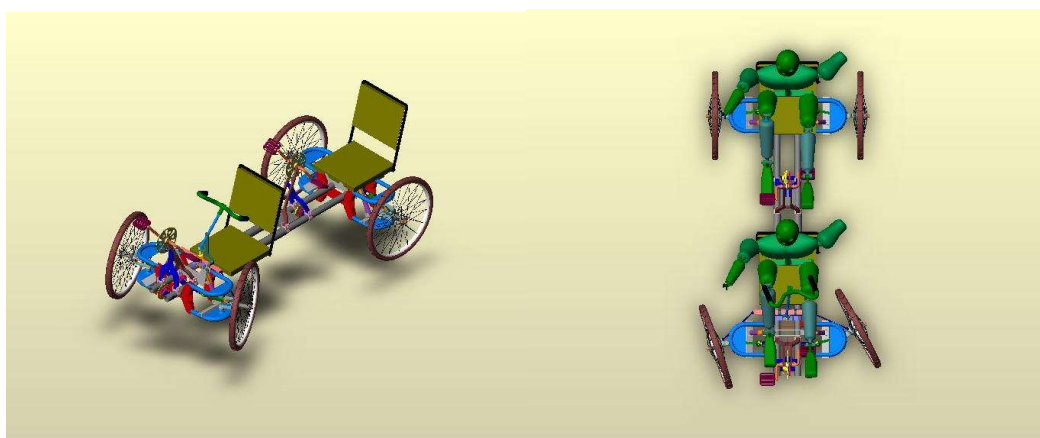


Figura 1 – Vista lateral e superior do projeto “Moon Buggy”.

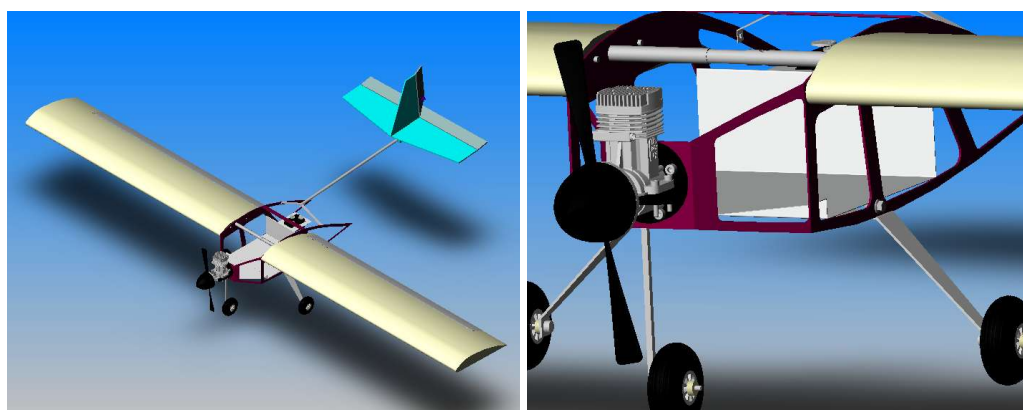


Figura 2 – Vista superior e detalhamento do compartimento de carga do projeto “Aeromodelo de Carga”.

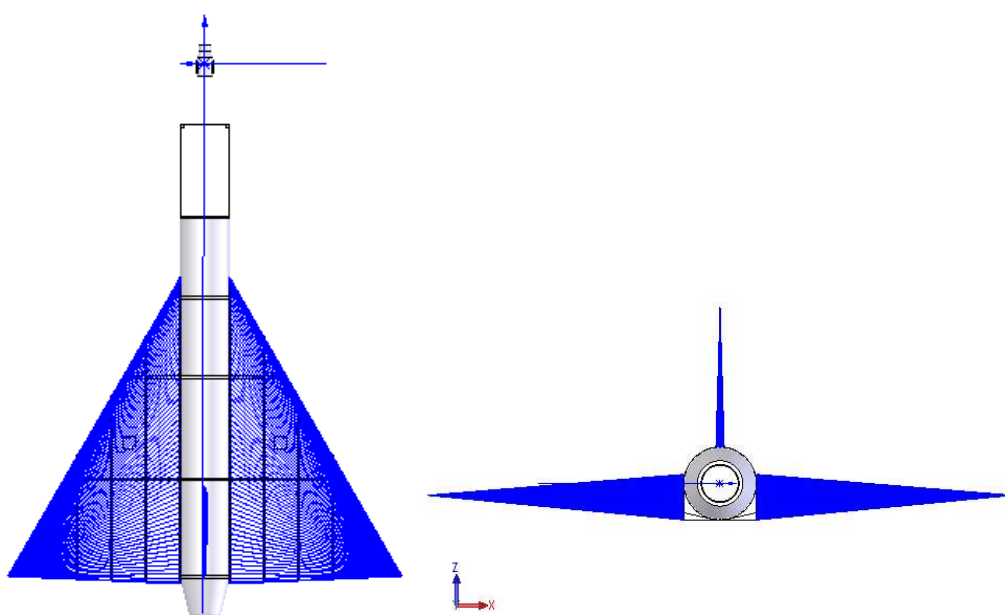


Figura 3 – Vista superior e frontal do projeto “Aeromodelo de Velocidade”.

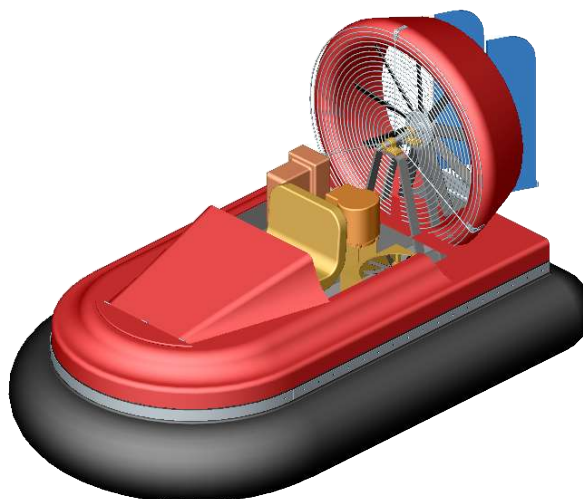


Figura 4 – Projeto “Hovercraft”

4. CONCLUSÕES

Tradicionalmente, ensinar é visto primariamente como a transferência de conhecimento do professor para os estudantes. Na atualidade, este tipo de transferência passiva de conhecimento não forma engenheiros com as qualidades exigidas pelo mercado de trabalho.

Em um novo modelo, proposto por várias instituições em todo o mundo, o professor tem a responsabilidade adicional de direcionar o processo de aprendizagem. Desta forma, o professor deixa de ser apenas uma fonte de conhecimento e os estudantes precisam se responsabilizar pelo seu próprio conhecimento.

Vários métodos têm sido desenvolvidos para atingir estas diretrizes. Produtos e Sistemas Mecânicos, programa de aprendizagem proposto pelo curso de Engenharia Mecânica da PUCPR, é um deles.

Através das experiências adquiridas, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- O aumento do grau de controle de aquisição do conhecimento pelos estudantes tem um impacto sobre o papel e o desempenho do professor. Os estudantes passam a decidir por si mesmos em conteúdo e procedimentos. O professor só exerce controle através

do julgamento do produto e do modo como o objetivo do projeto foi alcançado o que faz necessária, também ao professor, a busca do conhecimento;

- Cada produto seguiu, em seu projeto, fabricação e utilização, regras e restrições tanto para o próprio projeto quanto para os integrantes das equipes. O respeito às regras foi exigido em cada etapa fazendo com que os alunos compreendessem a importância do respeito à hierarquia dentro de uma instituição, simulando, desta forma, uma situação que certamente irão enfrentar em seu ambiente de trabalho;
- Os alunos apresentam, atualmente, uma maior capacidade de buscar informações de forma objetiva e de filtrar adequadamente estas informações, julgando-as em níveis de relevância para o seu projeto;
- A integração entre os membros das equipes culminou em uma integração de toda a turma, com trocas de informações e aumento considerável dos laços de amizade;
- Pode-se observar uma significativa diferença no comportamento em sala de aula, tanto em relação ao respeito com o professor, quanto à importância dada ao conhecimento transferido. Isso acarretou em mais debates durante as aulas tornando-as mais dinâmicas e aumentando, desta forma, sua eficiência;
- Notou-se, em relação aos alunos de curriculum anterior, um aumento considerável da auto-estima, pois compreenderam que são capazes de se responsabilizar por qualquer projeto e buscar o conhecimento quando o que possuem ainda não é suficiente;
- Este tipo de proposta, embora bastante interessante e eficiente, depende de forma decisiva do real envolvimento da instituição através de financiamento de dispositivos e equipamentos, bem como dos professores do curso, através de suporte técnico e científico e de demonstração de interesse;
- Os objetivos foram atingidos visto que se desenvolveu, nos alunos, as competências propostas: agir com responsabilidade e conhecimento, integrar-se com facilidade, transferir conhecimentos e habilidades e ter visão estratégica.

De forma geral pode-se dizer que as indústrias oferecem emprego ao produto de um curriculum de engenharia. Elas estão atentas de que mudanças em sua demanda necessitam de mudanças nos programas das universidades.

Em um futuro próximo, as habilidades de pensar, analisar e concluir de forma crítica, responsável e independente deverão ser desenvolvidas em programas de aprendizagem de núcleo básico em Universidades que investirem na qualidade do engenheiro exigida pelo mercado atual.

Agradecimentos

A viabilização deste Programa de Aprendizagem foi possível graças ao apoio financeiro da PUCPR. Os autores agradecem, de forma especial, a colaboração e o empenho do Eng. Carlos R. Fernandes e dos Professores João Elias Abdalla Fo., Roberto D. Mechado e Laertes B. Guimarães.

FERNANDES, B.L.; MACHADO, R.D.; ABDALLA Fo., J.E.; MOURA, L.M. Produtos e Sistemas Mecânicos: Formação de Competências em Futuros Engenheiros Mecânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 2001, Porto Alegre. **Anais**. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2001.p.106-111.

GRAAF de, E. e RAVESTEIJN, W. Training Complete Engineers: Global Enterprise and Engineering Education. **European Journal of Engineering Education**. v. 26, n. 4, p. 419-427, 2001.

RAMIREZ, L.M.; COLUCCI, J.A.; CARTER, L.F.; PADRÓN, F.; COLÓN G. e ESTÉVEZ, L.A. Na Interdisciplinary Undergraduate Manufacturing Engineering Option for Chemical Engineering. In: ASEE Conference, Summer, 1996, Washington. **Anais**. Washington DC: 1996, p.1-7.

DESIGN OF MECHANICAL SYSTEMS APPLIED TO MECHANICAL ENGINEERING UNDERGRADUATE STUDENTS

Abstract: In order to graduate engineers with capacity to develop projects, to evaluate them in a critical way and realize the possible optimizations, the Mechanical Engineering course at PUCPR presents challenges to the undergraduate students through proposals of mechanical systems development like aircraft models, hovercraft and human powered vehicle. The program also has the as objective the learning of discipline, organization and teamwork, since the students must be able to obey dates and be able to defend their projects in front of a professor team. To finish the project, the students have to dedicate extra times, out of classes, simulating the activities in the industries. Besides the efficiency of the project, the learning of technical report writing with appropriate language and the budget development of each component of the mechanical system are also required. After five years of implantation, the analysis of competencies acquired shows that the time spent for the students out of classes directed to the project development, using all the tools provided by the learning programs, is essential to qualify the future engineers and aggregates value to their market differentiation. The present work shows the potential developed by the undergraduate students during the program applied by the Mechanical Engineering course at PUCPR.

Key-words: Undergraduate projects, Mechanical systems, Competencies development.