

Desenvolvimento de competências na formação do engenheiro de produção: uma contribuição a partir do ensino de física

Ivan Jorge Boesing (FACCAT, RS, Brasil) – boesing@faccat.br

• FACCAT – Av. Oscar Martins Range 4500, RS115, CEP: 95600-000, Taquara-RS

Jarbas André da Rosa (FACCAT, RS, Brasil) – jarbas@faccat.br

Carlos Fernando Jung (UFRGS, RS, Brasil) – carlosfernandojung@gmail.com

Frederico Sporket (FACCAT, RS, Brasil) – frederico@faccat.br

Recebido em: 20/08/08 Aprovado em: 06/10/08

Resumo

Neste artigo são apresentados os resultados de uma experiência didático-pedagógica que teve por finalidade otimizar o processo de aprendizagem de Física e auxiliar no desenvolvimento das competências dos alunos em um Curso de Engenharia de Produção da região Sul. O método da experiência foi elaborado a partir da integração dos princípios metodológicos das propostas de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), Aprendizado por Situação-Problema e Aprendizagem por Descoberta. Como resultados, foram obtidos protótipos de novos produtos, sendo verificado que a efetiva exposição dos alunos às atividades da experiência no ensino de Física pode auxiliar na formação das competências profissionais dos mesmos, visando o futuro desenvolvimento de inovações tecnológicas.

Palavras-chave: Situação-Problema; ABP; Aprendizagem; Ensino; Física; Engenharia.

Abstract

This paper presents the results of a teaching-learning experiment to optimize the process of Physics Learning, assisting in developing Industrial Engineering skills of students in southern Brazil. The experiment was elaborated by integrating the following methodological principles of the following proposals: Problem-Based Learning (PBL), Problem-Solving Learning and Discovery Learning. Prototypes of new products were obtained as results, verifying that the actual exposure of students to the activities of Physics Teaching can assist in training professional skills, aimed at the future development of technological innovations.

Key-words: Problem-Solving; PBL; Learning; Teaching; Physics; Engineering.

1. INTRODUÇÃO

O processo de aprendizagem com a utilização do reconhecimento, análise e resolução de problemas é uma tendência que vem crescendo no sistema educacional (KISCHNER, 2002). A resolução de problemas acontece quando um indivíduo encontra um novo entendimento em um contexto desconhecido (RENKL, 1997).

A aprendizagem através da análise e solução de problemas está sendo utilizada, continuamente, devido à baixa capacidade de retenção de informação dos alunos com práticas didáticas tradicionais (BOK, 1989). Os estudantes possuem também dificuldade na transferência de conhecimento em novas experiências (SCHMIDT, 1983).

Algumas metodologias de ensino, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou Learning Based-Problems (PBL), têm como objetivo fazer a transferência do ambiente educacional para o ambiente do “mundo real”. Cursos de graduação têm mostrado que há forte efeito positivo do uso ABP sobre as competências dos estudantes. Uma pesquisa utilizando meta-análise de 43 estudos empíricos mostrou que os estudantes parecem ter maior retenção de conhecimento através dessa metodologia de aprendizagem (DOCHY et al., 2003).

As maiores dificuldades de inserção de metodologias de aprendizagem através da solução de problemas não são apenas educacionais, mas também institucionais. A implementação da ABP, por exemplo, envolve recursos humanos, interesses institucionais, competências dos estudantes, questões culturais e outras questões sistêmicas (BIGGS, 2003). Contudo, propostas de ensino nas áreas das ciências exatas e tecnológicas possuem um apelo maior para trabalharem essas metodologias, devido ao suporte de laboratórios experimentais que já fazem parte do currículo acadêmico.

Diversas experiências têm mostrado resultados positivos na utilização de experimentos como foco principal das disciplinas. Os estudantes de engenharia da Trinity College Dublin, que participam no segundo ano da disciplina do programa Design de Engenharia, executam experimentos que são o cerne da mesma (O’KELLY, 2007). O objeto da disciplina é a construção real de uma pequena ponte que liga dois extremos. São formados grupos de 4 ou 5 alunos, de habilidades distintas. Em 8 semanas devem construir uma ponte atendendo a uma série de pré-requisitos. A figura 1 mostra um dos testes utilizados no estudo.

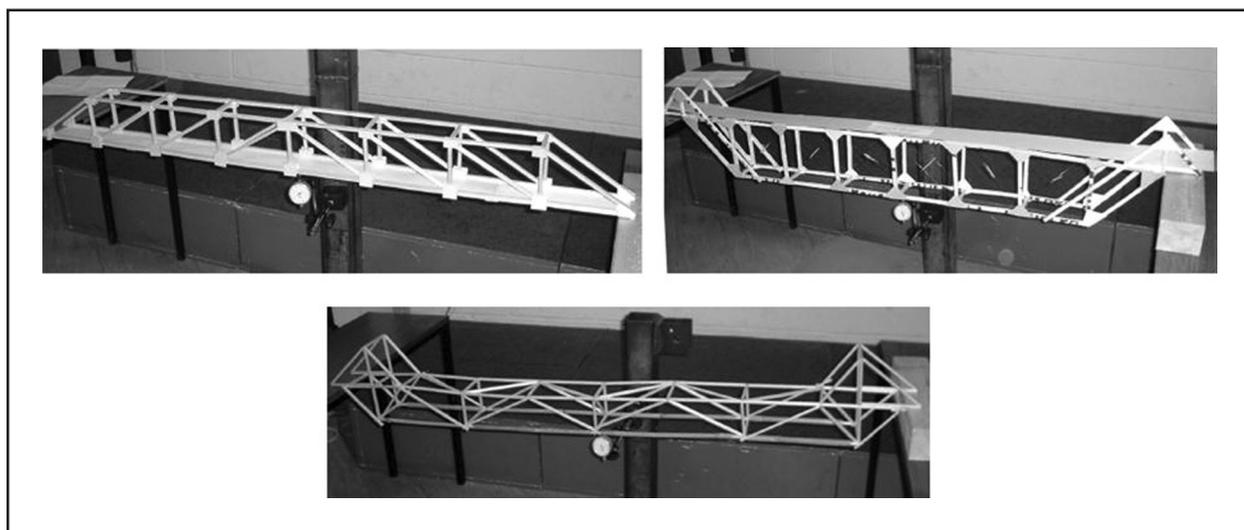


Figura 1 – Teste de deflexão das pontes contruídas pelos alunos do 2º ano do curso de engenharia da Trinity College Dublin. Fonte: O’Kelly (2007).

A gráfico 1 apresenta a participação das diversas competências que são avaliadas na disciplina. Para a construção da ponte, os estudantes já devem ter passado por disciplinas básicas do primeiro ano do curso de engenharia. Esta é uma das características de muitos dos cursos que aplicam a resolução de problemas práticos em suas avaliações. Eles são utilizados somente após o estudante ter sido submetido a um embasamento teórico suficiente e necessário.

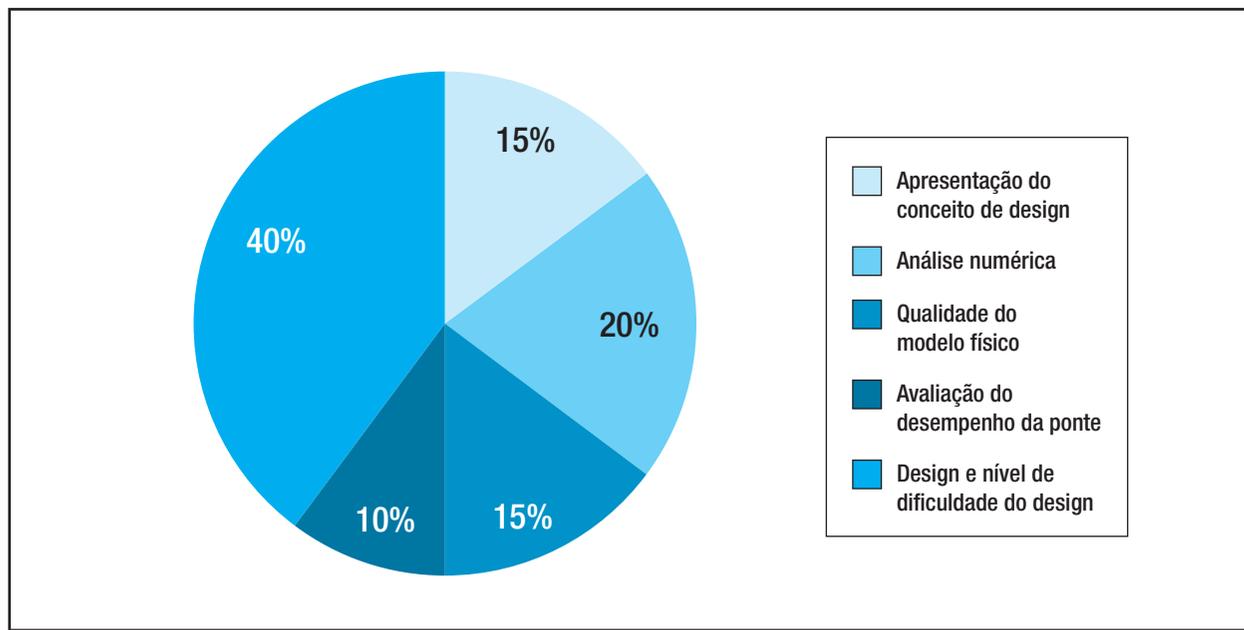


Gráfico 1 – Avaliação do projeto de engenharia de ponte. Fonte: O’Kelly (2007).

A utilização de kits didáticos também é prática usual na aprendizagem baseada em descobertas. No mercado são encontrados kits como LEGO Mindstorms, VEX Robotics e Parallax Robotics, que podem auxiliar as disciplinas dos cursos de engenharia na simulação de situações-problema e na prática hands-on, pois oferecem os recursos, muitas vezes, não disponíveis nas instituições como ferramentas, equipamentos e laboratórios práticos. Se o objeto de estudo for a construção de sistemas mecânicos dinâmicos, a utilização de kits didáticos facilita questões complexas de mecânica e reduz o tempo entre a concepção de uma idéia e a sua implementação.

A aprendizagem pela descoberta é uma metodologia eficiente para a familiarização dos estudantes com os problemas da engenharia (HOTALING, SHERYLL e STOLKIN, 2005). As etapas metodológicas do Processo Iterativo de Aprendizagem por Descoberta são mostradas na figura 2. Nesse processo, as etapas 2 a 4 são repetidas até que se encontre uma solução satisfatória.

O Instituto Euvaldo Lodi (IEL) lançou, em 2006, o Programa Inova Engenharia, que apresenta propostas para a modernização do ensino de engenharia no Brasil. Esse lançamento foi uma iniciativa da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e teve como motivação a formação atual dos engenheiros e a necessidade apresentada pelo setor industrial brasileiro.

Na origem do programa Inova Engenharia, um conjunto de 120 indústrias das regiões Sul e Sudeste do Brasil avaliou os engenheiros atuantes no setor produtivo através de pesquisa encomendada pelo IEL, CNI e Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Foram entrevistados executivos dessas indústrias que opinaram sobre a visão que possuem acerca dos profissionais de engenharia com os quais trabalham.

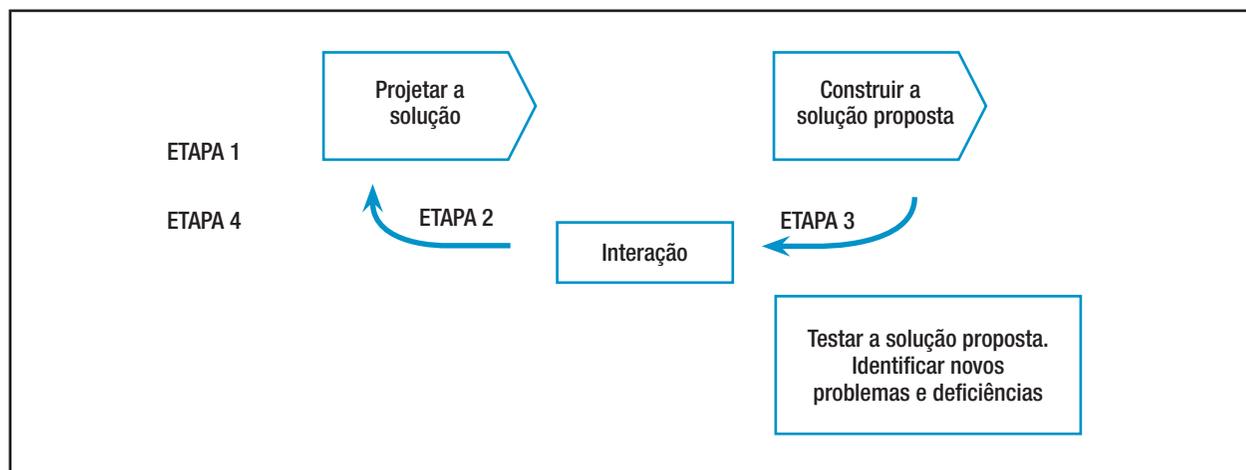


Figura 2 – Descrição do Processo Iterativo de Aprendizagem por Descoberta.

Fonte: Hotaling, Sheryll e Stolkin (2005).

De um modo geral, os profissionais foram bem avaliados quanto à capacidade de adaptar-se em relação às demandas do mercado, aplicar técnicas de engenharia, solucionar problemas e gerenciar processos. Em uma avaliação referente às competências relacionadas com a capacidade de liderança, gerenciamento de equipes, espírito empreendedor, habilidade de comunicação, conhecimento de áreas correlatas à engenharia e capacidade de criar processos que satisfaçam as empresas, os engenheiros avaliados deixam a desejar, apresentando um desempenho inferior ao esperado pelo mercado.

O engenheiro atual não é mais aquele que somente aplica, de forma técnica, o conhecimento dos cientistas. Nos dias de hoje, ele deve participar de forma ativa e efetiva nos processos de geração, produção, difusão, distribuição e comercialização de bens e serviços. O engenheiro possui funções que necessitam de interação com outras áreas do sistema produtivo, análise da realidade social e inovações tecnológicas (IEL, 2006).

Uma das propostas do programa Inova Engenharia é a formação de engenheiros com grande aplicação da aprendizagem hands-on, fazendo a ligação entre o ambiente acadêmico e o dito “mundo real”. Segundo esse programa, a formação dos profissionais deve promover a realização de projetos que incentivem a aplicação dos conhecimentos teóricos na solução de problemas reais, produzindo inovações.

Segundo El-Raghy (1999), a qualidade da formação de um engenheiro é dependente de habilidades em três áreas: experiências/experimentação, comunicação e aprendizado continuado. Experiências de implantação de laboratórios para desenvolvimento de produtos e processos, como a descrita no trabalho de Ssemakula e Liao (2006), apontam um alto grau de satisfação dos estudantes na experimentação prática de procedimentos que são, normalmente, estudados apenas de forma teórica. Contudo, a montagem de laboratórios desse tipo pode ficar na faixa de centenas de milhares de dólares, o que inviabiliza uma aplicação em larga escala no Brasil.

A metodologia apresentada neste trabalho tem por objetivo analisar o desenvolvimento de habilidades previstas no Plano Pedagógico do Curso de Engenharia de Produção da Faccat. Algumas das competências desenvolvidas pela presente proposta são: (i) dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros a fim de projetar, produzir e construir, com eficiência e qualidade, bens e serviços, considerando sempre a possibilidade de melhorias contínuas; (ii) utilizar técnicas matemáticas e estatísticas para otimizar e obter informações para o correto controle dos processos, objetivando a produção com a qualidade desejada; e (iii) desenvolver e implantar tecnologias inovadoras e métodos modernos de projeto e produção, visando a otimização de produtos e processos (EP-Faccat, 2008).

Neste artigo são apresentados os resultados de uma experiência que teve a finalidade de otimizar o processo de aprendizagem de Física e auxiliar no desenvolvimento das competências dos alunos, previstas no Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Produção das Faculdades Integradas de Taquara - Faccat. As competências a serem desenvolvidas visam atender as diretrizes curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação (MEC) para os cursos de engenharia, como também, as recomendações da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) para formação do perfil profissional do Engenheiro de Produção.

A metodologia proposta teve como objetivo desenvolver as habilidades, atitudes, e facilitar a aquisição de conhecimentos durante as disciplinas, através da geração de protótipos e/ou processos. Nesse trabalho são apresentados resultados já obtidos nas disciplinas de Física I, Física II, Física III, Física IV e Termodinâmica.

2. METODOLOGIA

A metodologia de aprendizagem baseia-se na adaptação dos conceitos pré-existentes da utilização do aprendizado, com base em problemas, e do ensino, com base em projetos. Foi criado um modelo híbrido de aprendizagem para atender as disciplinas básicas do curso de engenharia. São mantidas características do ensino tradicional e inseridas técnicas que visam desenvolver a experimentação, a criatividade, o trabalho em equipe, a pesquisa científica, a confecção de artigo científico e a comunicação. Os três modelos que influenciaram na alteração do modelo tradicional foram o ABP, o Situação-Problema e o Aprendizagem por Descoberta. A característica de desenvolvimento regional do Curso de Engenharia de Produção da Faccat tem papel fundamental na orientação de desenvolvimento de produtos e/ou processos que tangem o desenvolvimento de soluções para problemas reais da comunidade.

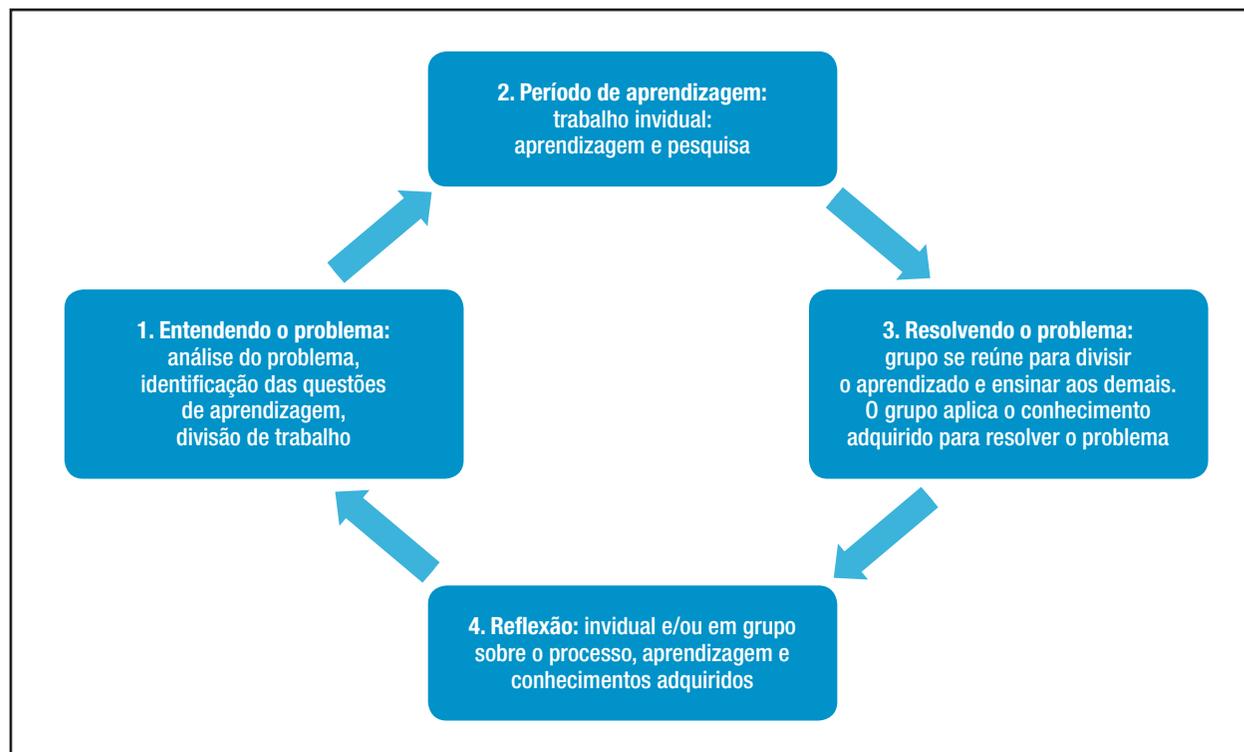


Figura 3 – Ciclo de aprendizagem baseada em problemas.

O modelo ABP busca, através de sua metodologia, desenvolver boa parte das competências necessárias ao futuro profissional. Porém, ela ainda é mais adaptável aos cursos de medicina e enfermagem do que aos demais. Cursos de engenharia que já adotaram a ABP tiveram resultados satisfatórios, mas ainda inconclusivos sobre a sua eficiência e aplicabilidade (FERNÁNDEZ et al., 2006). A ABP teve início em escolas de medicina em meados da década de 60, do século passado, sendo, posteriormente, utilizada em outras escolas de nível superior.

Segundo MacDonald (2002), habitualmente os modelos de ABP seguem um ciclo e possuem as seguintes características: (i) aprendizado a partir de um problema, questão ou cenário a ser investigado, sendo um problema típico do mundo real e, conseqüentemente, multidisciplinar e complexo. Não possui apenas uma única resposta possível e os estudantes não adquiriram conhecimentos prévios que possam conduzir facilmente a uma solução; e (ii) são formados pequenos grupos de estudantes guiados por um facilitador, que atende unicamente a um grupo ou se intercala entre vários. Facilitadores podem ser estudantes ou professores, conforme o modelo. Os grupos identificam as dificuldades, pesquisam o assunto individualmente e reúnem-se para compartilhar os resultados de suas pesquisas. Ao final, coletivamente, aplicam os conhecimentos adquiridos na solução do problema. A última etapa consiste em refletir sobre o processo e o aprendizado.

A ABP auxilia o aprendizado independente de estudantes motivados, engajados profundamente no aprendizado, que trabalham em equipe e desenvolvem estratégias efetivas, habilidades e conhecimentos que poderão utilizar durante a vida profissional, conforme figura 3.

O modelo adotado pode ser considerado um modelo híbrido e/ou de transição entre o modelo didático tradicional e o ABP. Ele foi aplicado em disciplinas de física que já possuem atividades de laboratório, o que tende a facilitar a experimentação. Porém, não devem ser confundidas aplicações de ABP com a presente proposta. No modelo atual não é dado um ou uma série de problemas a serem resolvidos. Ao invés disso, os alunos são estimulados a encontrarem um problema real, que esteja relacionado com o conteúdo programático da disciplina trabalhada e cuja solução esteja vinculada a um produto e/ou processo.

Os alunos submetidos a essa proposta de aprendizagem foram os do Curso de Engenharia de Produção das Faculdades Integradas de Taquara - Faccat. O curso é noturno e freqüentado, predominantemente, por alunos que trabalham durante o dia. Desde o primeiro semestre de 2005 essa nova proposta de ensino vem sendo aplicada.

Os trabalhos são realizados em grupos, formados em média com 4 estudantes. Com essa formatação, a troca de idéias e a divisão de tarefas possibilitam a confecção de trabalhos mais elaborados e criativos. Conforme já ressaltado, não são feitas apenas comprovações práticas de fenômenos físicos, o que é comum nos experimentos clássicos de laboratórios de Física.

É necessário que cada grupo de alunos apresente um projeto do trabalho a ser desenvolvido que deve ser aprovado pelo professor antes de se tornar objeto de estudo, cabendo ao mesmo a função de mediador entre o desejo dos estudantes e os objetivos da disciplina.

A metodologia empregada procura, na avaliação, reduzir a importância dos conhecimentos apenas teóricos e aumentar a relevância da formulação e resolução de problemas de engenharia, atuação em equipe, pesquisa, obtenção de resultados, comunicação e noções de aplicabilidade de projetos.

Na experimentação prática dos conhecimentos teóricos são desenvolvidos produtos e/ou processos relacionados com as disciplinas, utilizando a aplicação do conceito de aprendizagem hands-on. Na maior parte das situações o conhecimento teórico não é prévio e sim paralelo ao desenvolvimento da solução do problema (produto e/ou processo). Algumas vezes o conhecimento teórico é absorvido após a solução prática ter sido estabelecida, criando um embasamento científico para a mesma.

Os trabalhos de cada disciplina devem ser baseados nos seguintes objetivos: (i) buscar produtos e/ou processos que estejam relacionados com a realidade do aluno, mas não algo totalmente novo, para evitar uma possível frustração devido a uma dificuldade acima da esperada; (ii) propor produtos e/ou processos de utilidade prática, não cabendo pesquisas utópicas do ponto de vista da aplicabilidade ou da execução dos mesmos pelos estudantes; (iii) ter por foco objetos de trabalho que facilitem a busca e a absorção de conhecimentos não tradicionais, por parte dos estudantes; (iv) ser o trabalho exequível durante o período da disciplina; (v) desenvolver um trabalho que tenha por fim um produto, que deve ser construído no mínimo parcialmente, demonstrando os princípios estudados; e (vi) ser o trabalho um estudo que represente a análise de um processo, sendo que este deve apresentar resultados numéricos e/ou estatísticos.

O projeto do trabalho deve ser apresentado no meio do semestre, forçando, assim, os alunos a buscarem o objeto de estudo com antecedência. Esse procedimento visa reduzir o problema de acúmulo de tarefas no final do semestre e melhorar a relação entre os estudantes e o facilitador (professor). O professor tem como função orientar as idéias, tanto em relação aos problemas propostos pelos alunos, quanto em relação às possíveis soluções para tais problemas. O projeto do trabalho é avaliado para que haja um reconhecimento do mesmo, além de servir como uma forma de cobrança, evitando atrasos e acúmulos de etapas.

No final do semestre, o trabalho desenvolvido é apresentado nas formas de artigo científico e apresentação oral, com auxílio de projeção de slides. Caso o trabalho envolva o desenvolvimento de um produto, é necessário, também, a apresentação de um protótipo funcional. Alguns trabalhos podem ser apenas etapas de um trabalho mais complexo, que tende a ser finalizado ou complementado em uma disciplina ou pesquisa posterior.

3. RESULTADOS

Uma das dificuldades esperadas seria a de que os alunos não teriam tempo para a realização do trabalho proposto, já que este se daria quase que totalmente fora do horário de aula.

A principal dificuldade, apresentada, no entanto, pelos estudantes é a de fazer um trabalho praticamente de livre escolha, dentro de um tema proposto. Segundo os próprios estudantes, falta o professor dar a tarefa de forma mais específica, ser mais objetivo, basicamente dizer o que fazer. Essa dificuldade também era esperada, mas não na proporção em que se apresentou.

Poder escolher o trabalho parece ser algo muito motivador para quem está de fora do processo, mas para os alunos tornou-se uma tortura nas primeiras tentativas da proposta. Independentemente da dificuldade dos alunos, é crucial que os estudantes, ao buscarem um problema ou objeto a ser abordado, encontrem uma situação que possa ser melhorada, ou seja, algo que possa ser otimizado.

Antes da época de entrega do projeto do trabalho, ocorre uma interação constante entre os alunos e o professor. Essa interação permite uma maior facilidade na identificação das habilidades e dos conhecimentos prévios dos alunos.

Nas disciplinas em que a proposta de ensino foi adotada, houve a necessidade de uma reformulação nos pesos atribuídos aos itens do processo de avaliação

A gráfico 2 mostra a antiga proposta de avaliação. Pequenas variações podiam ocorrer cada vez que uma disciplina era ministrada, porém a base se mantinha a mesma.

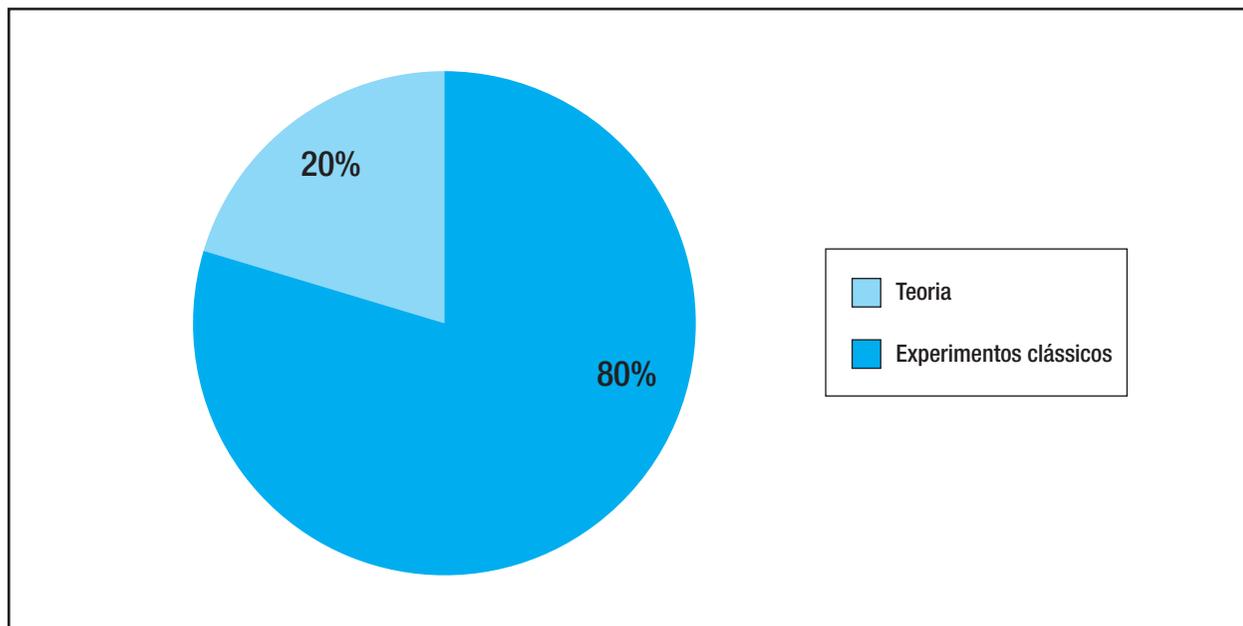


Gráfico 2 – Distribuição de pesos da avaliação antiga.

Com esta configuração clássica, a cobrança de conceitos teóricos era demasiadamente predominante e a experimentação se detinha na análise de fenômenos físicos estudados teoricamente. Verifica-se que o tempo destinado à experimentação era reduzido e baseava-se apenas na repetição de fenômenos físicos.

A fim de atender a demanda por engenheiros capazes de resolver problemas reais, os experimentos realizados em sala de aula deveriam extrapolar o ambiente de ensino tradicional. A nova proposta de ensino, além da abordagem clássica dos fenômenos de física, deveria aproximar o estudante de questões do cotidiano de um engenheiro. Por esse motivo, uma nova proposta de avaliação foi instituída.

A nova configuração proposta alterou a proporção entre a abordagem teórica e a aplicação prática dos conceitos e fenômenos físicos estudados, como mostrado na gráfico 3.

Na nova proposta de avaliação, conforme ilustra a gráfico 3, houve uma pequena redução no peso dos conceitos teóricos de 80% para 60%, decorrente da eliminação da avaliação de listas de exercícios. Houve também uma redução no peso dos experimentos clássicos de Laboratório de Física de 20% para 15%. Essa configuração abriu caminho para a introdução de uma nova avaliação: a de trabalhos que envolvam o desenvolvimento de produtos e/ou processos.

Na figura 4 é apresentado um dos trabalhos elaborados para a disciplina de Física I, do segundo semestre do Curso de Engenharia de Produção da Faccat. Foi elaborado um experimento que representasse quantitativamente a força centrípeta em um movimento circular. No lado esquerdo, encontra-se o projeto desenhado em 3D e no lado direito, o protótipo construído.

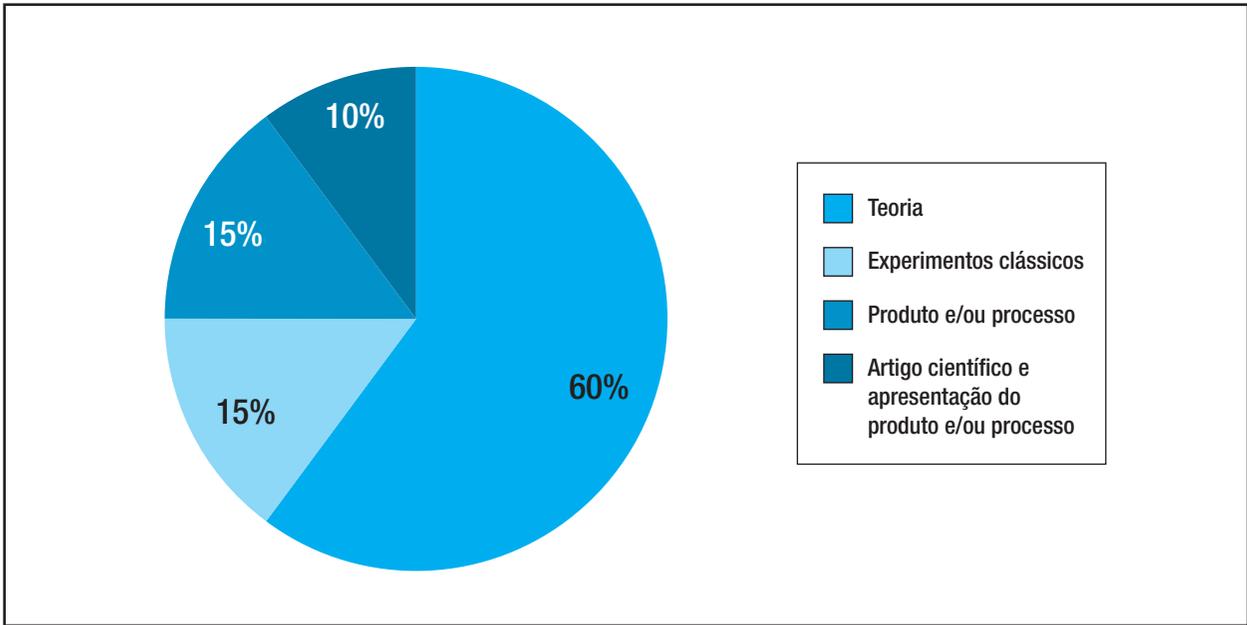


Gráfico 3 – Distribuição de pesos da avaliação proposta.

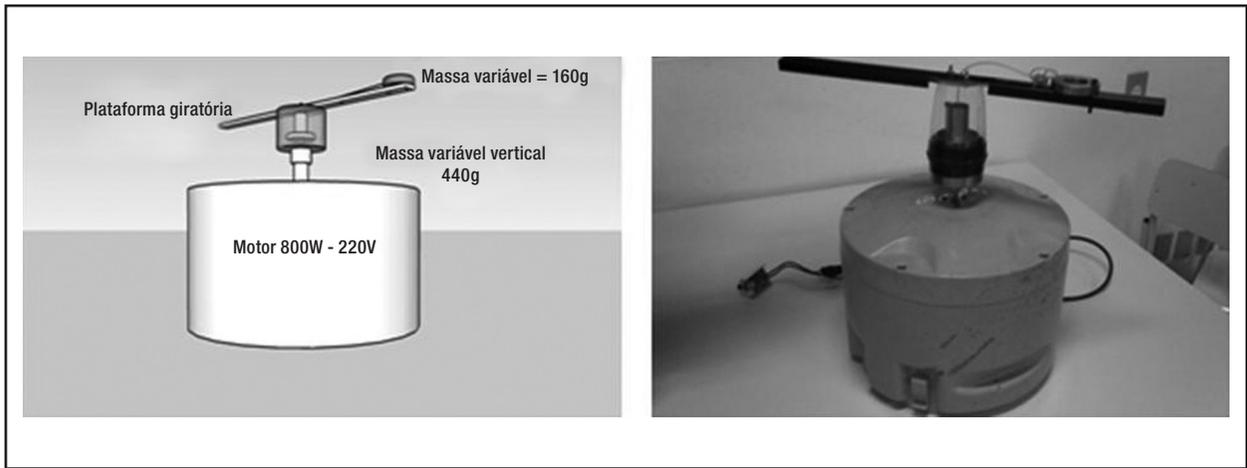


Figura 4 – Trabalho desenvolvido por alunos do segundo semestre do curso de Engenharia de Produção da Faccat, na disciplina de Física I.

Na figura 5 é apresentado outro protótipo em desenvolvimento: um fogão solar. O projeto foi dividido em três etapas: mecânica, termodinâmica e automação. Na disciplina de Física I foi realizado o projeto e execução do sistema mecânico, sendo: (i) a base estruturada, (ii) o sistema de movimentação com dois graus de liberdade; e (iii) a instalação de motores para a movimentação. Na disciplina de Física II será desenvolvido o sistema para aquecimento e na disciplina de Física III o projeto será finalizado com a automação dos movimentos para acompanhar os movimentos do Sol.



Figura 5 – Primeira etapa de um fogão solar, iniciado na disciplina de Física I.

Muitas vezes, os estudantes dos semestres iniciais não possuem condições ou não se sentem capazes de trabalhar com produtos e/ou processos devido à falta de conhecimentos em mecânica, elétrica e eletrônica, ou habilidades que cursos técnicos proporcionam. Para esses alunos pode ser orientada a confecção de modelos empíricos de fenômenos e princípios, estudados na disciplina em questão.

A figura 6 mostra um trabalho envolvendo o tema Trabalho e Conservação da Energia Mecânica. No protótipo construído foi analisada a não conservação da energia mecânica, além das energias potencial elástica, potencial gravitacional e cinética.

Muitas vezes este tipo de experimentação contribui para justificar o porquê de certas simplificações adotadas, como ignorar a resistência do ar e desprezar o atrito, em determinadas situações. A complexidade do cálculo e previsão de tais variáveis fica notória na experimentação prática.

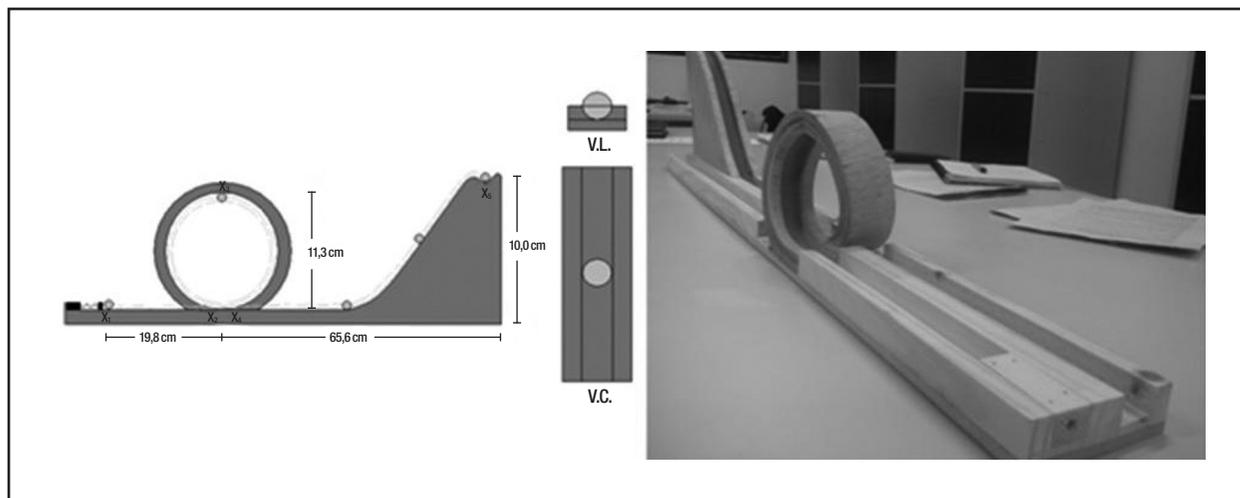


Figura 6 – Modelo (a esquerda) e protótipo (a direita) para experimentação da conservação da energia mecânica e do trabalho da força de atrito.

A escolha dos projetos leva em consideração os temas a serem abordados em cada disciplina na qual o trabalho será desenvolvido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresenta uma experiência didático-pedagógica que vem sendo realizada desde o ano de 2005 nas disciplinas de Física I, II, III, IV e Termodinâmica do Curso de Engenharia de Produção da Faccat, na região sul, com o objetivo de otimizar o processo de aprendizagem de Física e auxiliar no desenvolvimento das competências profissionais dos alunos.

O método da experiência foi elaborado a partir da integração dos princípios metodológicos das propostas de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), Aprendizado por Situação-Problema e Aprendizagem por Descoberta.

Como resultados foram obtidos protótipos de novos produtos, sendo verificado que a efetiva exposição dos alunos às atividades da experiência no ensino de Física pode auxiliar na formação das competências profissionais dos mesmos, visando o futuro desenvolvimento de inovações tecnológicas.

A experiência, ainda em andamento, já contribuiu para o entendimento de que a ação pedagógica deve estar vinculada a geração de idéias inovadoras e experimentação, já que os engenheiros têm um papel fundamental nas ações de inovação tecnológica.

Considera-se que o método de aprendizagem hands-on contribui de forma importante para o sucesso do processo de ensino-aprendizagem no ensino de Física aplicado a Engenharia de Produção.

A metodologia de ensino apresentou também outros resultados, como uma maior interação entre os alunos e professores do curso e a possibilidade de identificar antecipadamente as potenciais habilidades cognitivas e conhecimentos dos alunos. Considera-se que a metodologia didático-pedagógica resultante desta experiência deve ser ainda aperfeiçoada e aplicada em outras disciplinas do curso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGERMAN, M. **Inovação como instrumento de geração de riqueza no Brasil**: o exemplo dos institutos privados de inovação tecnológica. Parcerias Estratégicas. Brasília, n. 20, p. 1419-1427, jun. 2005.
- BIGGS, J. **Teaching for quality learning at university**. 2. ed. Maidenhead: The Open University Press and SRHE, 2003.
- BOK, D. **Needed: A new way to train doctors**. in: SCHMIDT, H. (Ed.). *New Directions for Medical Education*, p. 17-38. New York: Springer-Verlag, 1989.
- DERGINT, D. E. A.; SOVIERZOSKI, M. A. Desenvolvimento de inovações e competência empreendedora na engenharia – caso CEFET-PR/Brasil. In: X Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2003 “Conocimiento, Innovación y Competitividad: Los Desafíos de la Globalización”, 2003, México. **Anais...** México: ALTEC, 2003, v. 1, p. 1-15.
- DOCHY F.; SEGERS M.; Van den BOSSCHE P; GIJBELS D. **Effects of problem-based learning**: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, v. 13, n. 5, p. 533-568, 2003.
- EL-RAGHY, S. Quality Engineering Education: Students Skills and Experiences. **Global Journal of Engineering Education**, v. 3, n. 1, p. 25-29, 1999.
- EP-Faccat. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Produção**. Disponível em: <<http://engenharia.faccat.br>> Acesso em: 10 ago. 2008.
- FERNÁNDEZ, M. et al. El aprendizaje basado em problemas: revision de estudios empíricos internacionales. **Revista de Educación**, n. 341, p. 397-418, set.-dez., 2006
- HOTALING, L.; SHERYLL, R.; STOLKIN, R. Discovery based learning in the engineering classroom using underwater robotics. In: American Society for Engineering Education mid-Atlantic Regional Conference, 2005, Toms River. **Anais...** Toms River: ASEE, 2005.
- IEL - Instituto Euvaldo Lodi. **Inova Engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil**. Brasília: IEL.NC/SENAI.DN, 2006.
- KIRSCHNER, P. A. **Cognitive load theory**: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, n. 12, p. 1-10, 2002.
- MACDONALD, R. **Applying PBL in Computing**: Potential and Challenge. Keynote Address. Edge Hill, 2002.
- O’KELLY B. C. Case Study of a Problem-Based Bridge Engineering Design Course. In: International Symposium for Engineering Education ISEE 2007, 2007, Dublin. **Anais...** Dublin: ISEE, 2007.
- RENKL, A. Learning from worked-out examples: A study on individual differences. **Cognitive Science**, n. 21, p.1-29, 1997.
- SCHMIDT, H. **Problem-based learning**: Rationale and description. *Medical Education*, v. 17, p. 11-16, 1983.
- SSEMAKULA, M.; LIAO, G. **Hands-on manufacturing processes laboratory for future production supervisors**. *World Transactions on engineering and Technology Education*, v. 5, n. 3, p. 397-400, 2006.