



DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE PROJETO NAS DISCIPLINAS DE “INICIAÇÃO À ENGENHARIA”

Flávio Y. Watanabe¹ – fywatanabe@ufscar.br

Osmar Ogashawara² – osmaroga@ufscar.br

Arlindo N. Montagnoli² – arlindo@ufscar.br

José B. Rubert¹ – benaque@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – CCET

¹Curso de Engenharia Mecânica

²Curso de Engenharia Elétrica

Rod. Washington Luís, km 235, Caixa Postal 676

CEP 13.565-905 – São Carlos - SP

Resumo: *O presente trabalho relata a experiência da implantação de atividades de projetos interdisciplinares desenvolvidas na disciplina “Iniciação à Engenharia” dos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Os projetos envolvem conceitos e conhecimentos trabalhados em diferentes disciplinas do mesmo período e também de outros mais avançados, apresentados de forma simplificada, e os problemas abordados estão relacionados às áreas de estática de estruturas, cinemática de mecanismos, vibrações mecânicas, sistemas de controle e automação da manufatura. Por meio destes projetos, busca-se iniciar os estudantes ingressantes em atividades de pesquisa e desenvolvimento, visando também o incremento de habilidades, competências e atitudes relacionadas à comunicação, planejamento, criatividade, modelagem, simulação, ensaio e trabalho em equipe.*

Palavras-chave: *Iniciação à engenharia, Engenharia mecânica, Engenharia elétrica, Projeto interdisciplinar.*

1 INTRODUÇÃO

Os Cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar foram criados em 2008, dentro do Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, e encontram-se em processo de implantação com o ingresso das primeiras turmas de estudantes em 2009 e 2010.

Os Projetos Pedagógicos dos Cursos de Engenharia Mecânica (UFSCAR, 2008a) e Engenharia Elétrica (UFSCAR, 2008b) foram elaborados segundo metodologias e parâmetros similares, e também, em consonância com diretrizes institucionais internas e externas, destacando-se dentre estas:

- Plano de Desenvolvimento Institucional (UFSCAR, 2004);



- Perfil Profissional a ser Formado na UFSCar (UFSCAR, 2001);
- Resolução CNE/CES nº11/2002 - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia;
- Inova Engenharia: Propostas para a Modernização da Educação em Engenharia no Brasil (IEL.NC/SENAI.DN, 2006);
- Resolução CONFEA/CREA nº1010/2005 - Regulamentação de Títulos Profissionais, Atividades, Competências e Caracterização do Âmbito de Atuação dos Profissionais inseridos no Sistema CONFEA/CREA.

Os processos de construção de conhecimentos, competências, habilidades, valores e atitudes dos estudantes de engenharia são preocupações sempre presentes nestes documentos, refletidas em ações e questões mais específicas como:

- A responsabilidade de transformação da aprendizagem tradicional e expositiva em um processo autônomo e contínuo, mas pautado por critérios de relevância, rigor e ética em relação às fontes de informações utilizadas;
- A adoção de estratégias de ensino que promovam a interação de conceitos e métodos das áreas básicas e específicas desde o início do curso;
- O desenvolvimento de atividades e projetos de caráter multi/interdisciplinares fundamentados em problemas reais de engenharia;
- O incentivo à participação em atividades complementares de pesquisa e extensão, bem como em atividades empreendedoras;
- A capacitação nos processos de assimilação e desenvolvimento de novas tecnologias, mas com o comprometimento com os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade;
- O desenvolvimento da capacidade de atuação em equipes multidisciplinares e de comunicação nas mais diversificadas formas.

Como uma das formas de se discutir e/ou atender a estas demandas, os Cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica da UFSCar apresentam como inovação curricular, em relação aos demais cursos de engenharia da instituição, a introdução de “disciplinas integradoras” em suas matrizes curriculares, distribuídas ao longo de todo o curso e que se pautam pela interação de conhecimentos das disciplinas, tendo como objetivo agregar, paulatinamente, às atividades desenvolvidas nas disciplinas, novas práticas, técnicas e novos conhecimentos específicos, aumentando o grau de dificuldade de modo compatível.

No primeiro período curricular, as disciplinas “Iniciação à Engenharia Mecânica” e “Iniciação à Engenharia Elétrica” exercem mais profundamente este papel integrador, buscando a articulação destas com outras disciplinas das áreas de matemática, computação e desenho, ministradas no mesmo período. A primeira experiência de implantação destas disciplinas foi apresentada no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2009 (WATANABE *et al.*, 2009; OGASHAWARA *et al.*, 2009). Diversas atividades foram planejadas e executadas nestas disciplinas, algumas delas buscando a articulação de informações e conhecimentos trabalhados no período e



também outros de períodos posteriores, apresentados de forma simplificada, de modo a propiciar a execução de projetos com temáticas voltadas às áreas específicas dos cursos, como estática de estruturas e sistemas de controle.

O presente trabalho enfoca as atividades de projeto desenvolvidas nas disciplinas de “Iniciação à Engenharia Mecânica” e “Iniciação à Engenharia Elétrica”, por intermédio do relato dos processos de implantação e aprimoramento destas atividades.

2 A DISCIPLINA “INICIAÇÃO À ENGENHARIA”

Inúmeras instituições e cursos de graduação em engenharia têm adotado em seus projetos pedagógicos, disciplinas de “Introdução à Engenharia” no período curricular inicial dos cursos (SERRA & BONUCCELLI, 2009; PEREIRA & BAZZO, 2008; ELATA & GARAWAY, 2002), usualmente, com o objetivo de apresentar aos ingressantes aspectos históricos, científicos e tecnológicos, formativos, sociais, éticos e profissionais da engenharia. Além disso, são adotadas atividades práticas e de projeto em grupo que têm como finalidades, dentre outras, motivar os estudantes, diminuir o índice de evasão e familiarizar os estudantes com problemas reais de engenharia.

Nos Cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica da UFSCar, foram adotadas disciplinas de “Iniciação à Engenharia”, cujos planos de ensino, com seus conteúdos, cronograma de atividades, metodologias de ensino e critérios de avaliação, foram discutidos e planejados em conjunto por docentes e coordenadores dos cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica, considerando os aspectos similares das propostas pedagógicas dos dois cursos. Atividades diversificadas foram programadas para as disciplinas, como:

- Recepção e palestras com engenheiros mecânicos e eletricitas que atuam no mercado de trabalho como empregados ou empresários;
- Aulas expositivas sobre o plano de ensino da disciplina, os Projetos Pedagógicos dos Cursos e alguns dos temas propostos por PEREIRA & BAZZO (2008): Chegando à Universidade; Origens da Engenharia, Engenharia e Sociedade, Pesquisa Científica e Tecnológica, e Comunicação e Documentação;
- Visitas técnicas a empresas da região e a feiras de fabricantes máquinas e equipamentos com o objetivo de colocar os alunos ingressantes em contato com ambientes profissionais e empresas da área de engenharia desde o início do curso. Para estas visitas, os estudantes foram orientados a conhecer e identificar diferentes tipos máquinas, processos produtivos e situações problema que serão estudados e trabalhados ao longo do curso de graduação e da vida profissional;
- Treinamento sobre o uso de ferramentas de busca e acesso a bases de dados como Portal CAPES e *Web of Science*, oferecido pela Biblioteca Comunitária da UFSCar, e realização de pesquisa bibliográfica de artigos de periódicos publicados na língua inglesa e em áreas e temas pré-estabelecidos. Os artigos pesquisados foram apresentados pelos estudantes na forma de seminários, onde são ressaltados os seguintes itens: tema, justificativas, objetivos, metodologia e contribuições científicas, tecnológicas e sociais da pesquisa;



- Desenvolvimento de projetos interdisciplinares de engenharia envolvendo conceitos e conhecimentos trabalhados em diferentes disciplinas do mesmo período e também de outros mais avançados, apresentados de forma simplificada. Os problemas abordados nos projetos estão relacionados às áreas de estática de estruturas, cinemática de mecanismos, sistemas de controle e automação da manufatura.

As atividades de projeto e os seminários foram realizados em equipes definidas aleatoriamente, mas sem a repetição de componentes. Além disso, em cada uma destas atividades, foi solicitada uma auto-avaliação das equipes, contabilizada na avaliação global da disciplina. Estas estratégias foram adotadas com o objetivo de incentivar a integração dos estudantes e, principalmente, promover situações de atuação em equipe de forma ética e responsável.

Busca-se evidenciar por meio destes projetos a relação entre as áreas básicas e específicas de um curso de engenharia, com base em situações-problemas prospectadas nas visitas técnicas ou propostas pelo professor coordenador. Várias etapas do processo de desenvolvimento dos projetos são cumpridas, como: proposição de uma solução para o problema analisado, estabelecimento de hipóteses simplificadoras, modelagem física e matemática, simulação computacional, otimização de parâmetros do sistema, implementação da solução proposta, realização de testes, análise de resultados, descrição das conclusões, elaboração da lista de referências bibliográficas utilizadas e apresentação deste conjunto de informações na forma de relatório de projeto, artigo técnico ou pôster.

A seguir, serão descritos em maiores detalhes dois dos projetos interdisciplinares desenvolvidos nas disciplinas “Iniciação à Engenharia” dos Cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica. Estes projetos passaram por um processo de aprimoramento, em função da experiência adquirida na primeira edição e da disponibilidade de novos equipamentos e dispositivos auxiliares.

2.1 Projeto de estrutura treliçada

O projeto proposto relaciona conceitos básicos das áreas de estática de estruturas, propriedades dos materiais e mecânica dos sólidos, aplicados à concepção, modelagem, dimensionamento, construção e teste de uma estrutura treliçada de macarrão espaguete com o formato de ponte que deve atender a alguns pré-requisitos de projeto.

Objetivos

- Estimular a criatividade, a pesquisa de soluções para um problema proposto e o aprendizado de uma metodologia de projeto.
- Evidenciar a relevância das disciplinas básicas e suas relações com disciplinas específicas do curso;
- Desenvolver um aplicativo computacional que possibilite a simulação, análise e otimização do sistema proposto;



Conceitos e disciplinas envolvidas

Dentre os conceitos e conhecimentos introduzidos em outras disciplinas ministradas no mesmo período e em períodos posteriores, destacam-se:

- Vetores e matrizes → Geometria Analítica (1º Período);
- Desenho técnico → Projeto Assistido por Computador (1º Período);
- Programação computacional → Computação Científica 1 (1º Período);
- Equilíbrio de estruturas e treliças → Estática Aplicada às Máquinas (3º Período);
- Propriedades dos materiais → Materiais para Engenharia (3º Período);
- Resistência à tração e flambagem → Mecânica dos Sólidos 1 (5º Período).

Metodologia e resultados

A estrutura proposta no projeto é de uma ponte treliçada construída com quantidades limitadas de macarrão espaguete (500g) e de cola de silicone aplicada com uma pistola de cola a quente. A estrutura deve ultrapassar um vão de 1m, ter largura entre 5 e 15cm, altura total máxima de 25cm e as cargas de teste serão aplicadas no centro da ponte, no nível da “pista”, até sua ruptura.

Após a apresentação da proposta do projeto, foram transmitidos aos estudantes os conceitos e conhecimentos básicos necessários para o desenvolvimento do projeto, como equilíbrio de estruturas, módulo de elasticidade do material, resistência à tração e resistência à flambagem. Os estudantes acompanharam a realização de ensaios de tração para entender o processo de identificação das propriedades de resistência e elasticidade de um material, e foi assumido que as propriedades do tipo de macarrão utilizado no projeto são equivalentes às identificadas por GONZÁLEZ *et al.* (2005).

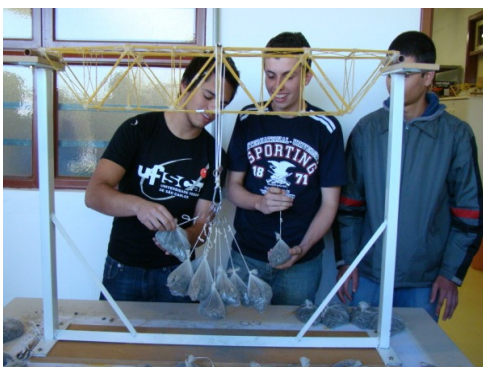


Figura 1 – Teste de carga das pontes treliçadas

Considerando os requisitos de projeto, diferentes propostas de estruturas foram apresentadas pelos estudantes e as treliças foram modeladas pelo método dos nós. Para cada projeto, foi elaborado um aplicativo computacional no programa MATLAB para a solução simultânea de todas as equações de equilíbrio dos nós representadas de forma matricial. O aplicativo permitia o cálculo dos esforços nas barras e a determinação do



número de fios de macarrão necessários para suportar uma carga de projeto definida pelos proponentes. As dimensões das barras foram inseridas no aplicativo de forma parametrizada, o que possibilitou a simulação de diferentes configurações, com o objetivo de otimizar o projeto com base na análise dos resultados das simulações.

As pontes projetadas, após a construção, foram pesadas, coladas nas extremidades em tubos de pvc, apoiadas em um suporte com vão de 1m e testadas até a fratura final em uma seção de competição onde cargas progressivas foram aplicadas no centro da estrutura com o auxílio de cabos e barras metálicas, conforme ilustrado na Figura 1.

Com o objetivo de pontuar e classificar os projetos, foram definidos dois parâmetros: relação entre a carga suportada antes da ruptura e o peso próprio da ponte, e erro percentual entre a carga de projeto e a carga de ruptura. Pode-se observar que este erro de projeto é relativamente elevado, em função de falhas causadas por fatores não previstos como instabilidade lateral, rompimento das ligações dos nós e imperfeições na construção. A avaliação de aprendizado da atividade foi realizada por meio da análise dos relatórios de projeto elaborados pelos estudantes, onde foram detalhadas todas as hipóteses assumidas, as etapas do projeto e as análises realizadas.

2.2 Projeto de sistema de controle de temperatura

A regulação e controle de temperatura estão presentes em diferentes processos como caldeira industrial, reatores, destiladores, injeção e extrusão de plástico, estufa agrícola, autoclave e incubadora de recém nascidos. Um sistema de controle de temperatura envolve conhecimentos de diversas áreas, e a integração destes em um projeto real permite a apresentação e aplicação de conceitos fundamentais da área de instrumentação e controle.

Objetivos

- Evidenciar a importância das disciplinas básicas e suas relações com disciplinas específicas do curso;
- Demonstrar a importância da modelagem e simulação de sistemas no processo de desenvolvimento de um projeto de engenharia;
- Familiarizar os estudantes no uso de equipamentos de laboratório como fonte de alimentação, multímetro, osciloscópio e gerador de funções.
- Iniciar os estudantes na redação de artigos técnicos e pôsteres.

Conceitos e disciplinas envolvidas

Os conceitos e conhecimentos específicos introduzidos de forma simplificada nas aulas teóricas abrangem:

- Equações diferenciais → Séries e Equações Diferenciais (2º período);
- Transformada de Laplace → Métodos de Matemática Aplicada (5º período) e Sistemas de Controle (5º período);



- Função de transferência de sistemas em malha aberta e malha fechada → Sistemas de Controle (5º período);
- Controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) → Sistemas de Controle (5º período), Cálculo 1 (1º período) e Circuitos Integrados Lineares (6º período);
- Medidas de variáveis elétricas e de processo → Materiais Elétricos e Medidas (2º período), Interfaceamento de Sistemas (7º período) e Instrumentação e Sistemas de Medidas (8º período);
- Simulação de processo → Computação Científica 1 (1º período) e Cálculo Numérico (4º período);
- Conversor PWM (*Pulse Width Modulation*) → Eletrônica de Potência (6º período).

Metodologia e resultados

O sistema de controle de temperatura implementado é apresentado na Figura 2a e é constituído por uma caixa plástica com resistência elétrica (processo), um sensor de temperatura (LM35), um conversor PWM (elemento final de controle) e um controlador PID, sendo o correspondente diagrama de blocos apresentado na Figura 2b.

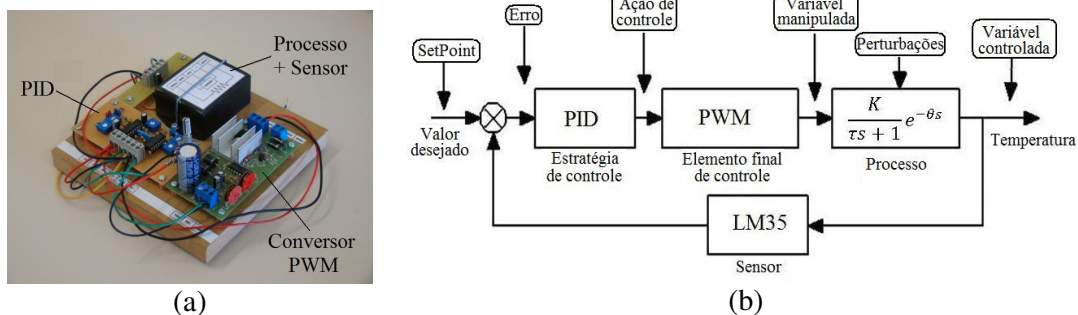


Figura 2 – (a) Sistema implementado e (b) diagrama de blocos

A implementação do sistema de controle proposto seguiu as seguintes etapas:

- Levantamento experimental do modelo matemático do processo;
- Simulação do modelo matemático em malha aberta;
- Simulação do sistema em malha fechada;
- Implementação e teste do sistema em malha fechada.

O modelo matemático do processo foi levantado experimentalmente, aplicando-se uma entrada degrau no sistema e medindo-se a resposta da temperatura (tensão de saída do sensor) em função do tempo. O tipo de resposta é característico de um sistema de primeira ordem, cujos parâmetros podem ser identificados por intermédio de critérios de modelagem experimental. As funções transferência do sensor de temperatura e do conversor PWM também foram levantadas experimentalmente e aproximados por ganhos simples.



Um modelo do sistema em malha aberta foi desenvolvido no programa Simulink (Figura 3a), e os dados experimentais foram comparados com o resultado da simulação (Figura 3b), evidenciando a validade do modelo.

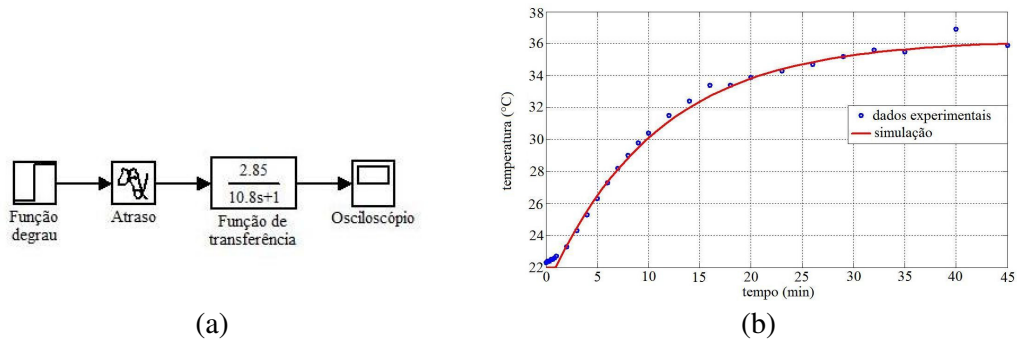


Figura 3 – (a) Modelo Simulink do sistema em malha aberta e (b) comparação dos dados experimentais e o resultado da simulação

Com base nas funções transferência do processo, sensor e conversor PWM, foi desenvolvido um modelo de simulação do sistema em malha fechada (Figura 4), usando um controlador PID, o que possibilitou a definição dos parâmetros do controlador. Estes parâmetros foram implementados eletronicamente e testados com o sistema em malha fechada. A Figura 5 apresenta resultados de simulação e de ensaio experimental do sistema de controle.

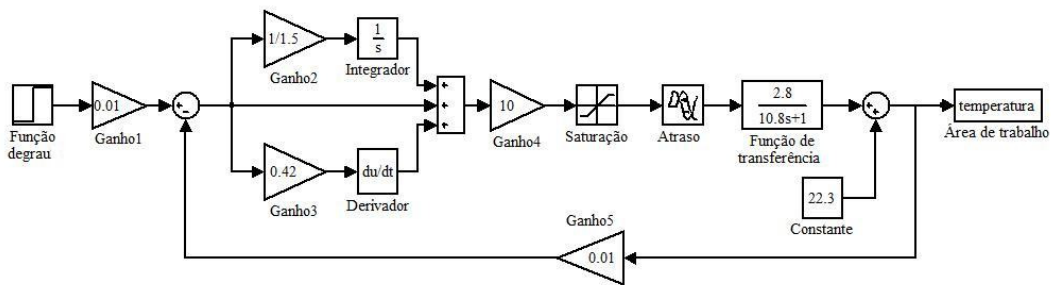


Figura 4 – Diagrama de blocos do sistema em malha fechada

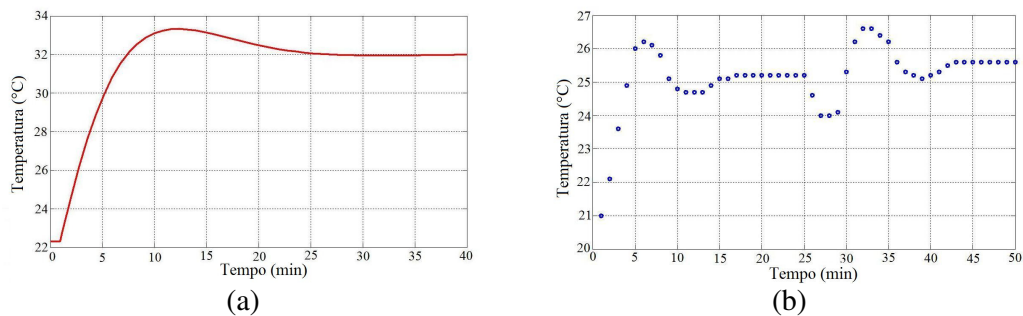


Figura 5 – (a) Simulação e (b) ensaio do sistema de controle em malha fechada



As diferenças entre os resultados da simulação e do ensaio do sistema em malha fechada refletem a influência da variação da temperatura ambiente, das não linearidades do processo, e também dos modelos simplificados do sensor e do conversor PWM. Os procedimentos desenvolvidos e os resultados obtidos nas simulações e ensaios foram apresentados pelos estudantes nas formas de artigo técnico e pôster, como forma de iniciá-los no processo de redação científica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades de projeto propostas despertaram grande interesse e envolvimento dos estudantes, que foram capazes de superar as dificuldades iniciais de entendimento de conceitos e conhecimentos de áreas específicas dos cursos e suas relações com áreas básicas de formação.

Outras atividades de projeto foram realizadas nas disciplinas de “Iniciação à Engenharia” e todas as experiências estão sendo detalhadas e registradas para posterior utilização como material didático de apoio às disciplinas e também para divulgação e discussão nos âmbitos interno e externo à instituição. Além disso, encontra-se em fase de elaboração, um processo de avaliação das implicações e contribuições deste tipo de atividade na formação global dos estudantes de engenharia.

4 CONCLUSÕES

As atividades de projeto das disciplinas de “Iniciação à Engenharia” dos Cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica da UFSCar, têm proporcionado aos estudantes a oportunidade de trabalhar na resolução de problemas de engenharia, desde o início do curso.

Por intermédio destas atividades, busca-se desenvolver nos estudantes competências, habilidades, valores e atitudes essenciais para o bom exercício profissional e convivência na sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ELATA, D.; GARAWAY, I. A Creative Introduction to Mechanical Engineering. **International Journal of Engineering Education**, v.18, n.5, p.566-575, 2002.
- GONZÁLEZ, L.A.S.; MORSCH, I.B.; MASUERO, J.R. Didactic Games in Engineering – Case: Spaghetti Bridges Design and Building Contest. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 18., 2005, Ouro Preto. **Proceedings...** Ouro Preto: ABCM, 2005.
- INSTITUTO EUVALDO LODI. NÚCLEO NACIONAL. **Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil / IEL.NC, SENAI.DN.** Brasília: IEL.NC/SENAI.D.N, 2006.
- OGASHAWARA, O., MONTAGNOLI, A.N., KATO, E.R.R., WATANABE, F.Y.; MORANDIN JR., O. “Iniciação à Engenharia Elétrica” como parte do Processo de Implantação do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica da UFSCar. In:



CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 37., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UPF, 2009.

PEREIRA, L.T.V.; BAZZO, W.A. Introdução à Engenharia: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 36., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP/IMT, 2008.

SERRA, S.M.B.; BONUCCELLI, T.J. A Experiência da Disciplina de Introdução à Engenharia Civil na Graduação da UFSCar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 37., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UPF, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Perfil do Profissional a ser formado na UFSCar**. Parecer CEPE/UFSCar nº 776/2001. 2.ed. São Carlos: UFSCar, 2008.

_____. **Plano de desenvolvimento institucional**. São Carlos: UFSCar, 2004.

_____. **Projeto Pedagógico - Curso de Graduação em Engenharia Elétrica**. São Carlos: UFSCar, 2008b.

_____. **Projeto Pedagógico - Curso de Graduação em Engenharia Mecânica**. São Carlos: UFSCar, 2008a.

WATANABE, F.Y.; OGASHAWARA, O. MONTAGNOLI, A.N., RUBERT, J.B. A Disciplina “Iniciação à Engenharia Mecânica” no Contexto do Processo de Implantação do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica da UFSCar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 37., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UPF, 2009.

DEVELOPMENT OF PROJECT ACTIVITIES IN “INITIATION TO ENGINEERING” DISCIPLINES

Abstract: *The present article reports the implementation experience of interdisciplinary project activities developed at “Engineering Initiation” discipline of Mechanical Engineering and Electrical Engineering Course’s at the Federal University of São Carlos – UFSCar. The projects deal with concepts and knowledge presented in different disciplines of the first period and also of forward ones, presented on a simplified way, and the treated problems are related to static structure, mechanisms kinematics, mechanical vibration, control systems and manufacture automation. These projects allow the initiating of beginner students in research and development activities, aiming the increase of abilities, competences and attitudes related to communication, planning, creativity, modeling, simulation, tests and teamwork.*

Key-words: *Initiation to engineering, Mechanical engineering, Electrical engineering, Interdisciplinary project.*