

# ENSINO INTERDISCIPLINAR EM ENGENHARIA MECÂNICA E MECATRÔNICA

**Paulo Victor Fleming<sup>1</sup> ; Rafael G. Bezerra de Araújo<sup>2</sup>; Ederval Marques Miranda<sup>3</sup>;  
Targino Amorim Neto<sup>4</sup>; Victory S. Fernandes<sup>5</sup>**

UNIFACS – Universidade Salvador, DEAR - Departamento de Engenharia.

Cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Mecatrônica.

Avenida Luís Viana, nº 4980 - Paralela.

41.635-570 – Salvador – Bahia.

<sup>1</sup>pv@unifacs.br; <sup>2</sup>rafael.araujo@unifacs.br; <sup>3</sup>ederval.miranda@unifacs.br ; <sup>4</sup>ginoamorim@unifacs.br;

<sup>5</sup>victory.fernandes@unifacs.br

**Resumo:** *Com o intuito de incentivar a aplicação prática de conceitos teóricos abordados em sala, tornando o curso lúdico e desafiador para o estudante, de forma a aumentar seu interesse e reduzir os índices de evasão, foi proposto e implantado a partir do segundo semestre de 2006 a estrutura de um programa interdisciplinar de práticas semestrais aplicadas de forma gradual, orientada e continuada, devidamente adequadas às grades curriculares dos cursos de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da Universidade Salvador – UNIFACS. Este programa, codinome ARHTE, prevê que desde o primeiro semestre o aluno realize atividades e interaja de forma empreendedora com o mercado, aumentando a abrangência de seus conhecimentos e culminando no oitavo semestre do curso com o desenvolvimento de aplicações profissionais e inovadoras. O programa é baseado em conceito de novas práticas, propostas e quebra de paradigmas para o ensino interdisciplinar de engenharia e é tema do presente artigo, que aborda a proposta, expõe tais conceitos e apresenta a experiência de sua implantação bem como os resultados obtidos.*

**Palavras-chave:** *Interdisciplinaridade, Experimentação Metodológica, Atração e retenção, Educação continuada, Inovação tecnológica e empreendedorismo;*

## 1. INTRODUÇÃO

Novas abordagens para o processo de ensino e aprendizagem em engenharia vêm sendo experimentadas em inúmeras Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil e no mundo. O foco maior destas propostas é capacitar o estudante no "aprender a fazer", i.e., estudar, pesquisar e construir "alguma coisa". Projetos realizados em equipes e que integrem atividades práticas com os conhecimentos teóricos abordados em aulas expositivas têm sido divulgados com maior frequência nos últimos anos. As propostas se definem como projetos interdisciplinares ou multidisciplinares dependendo da interpretação dos autores para estes termos.

Em comum aos projetos, o sentimento de que é necessária uma "reengenharia do ensino de engenharia" como sugerido por Pirró e Longo (2005) e Castilho (2006), este último, reforçando as propostas do importante estudo realizado pela *Confederação Nacional das Indústrias* (CNI) que gerou o documento IEL/SENAI Inova Engenharia (2006). Por sua vez, estudos sobre a formação de engenheiros, enfatizam:

*Desta forma, a mudança no conteúdo das atividades dos engenheiros e nas suas atribuições tem como consequência necessidades qualificacionais específicas. Conhecimentos na área de informática e de administração são cada vez mais necessários, assim como o saber vinculado à gestão de custos, de tempo e de recursos humanos. Somam-se a esses conhecimentos os*

*aspectos comportamentais e atitudinais, especialmente capacidade de comunicação, de adaptar-se a situações novas que envolvem responsabilidades crescentes, capacidade de crítica e de autocrítica, de suportar trabalho sob tensão, capacidade de negociação, de convencimento e de raciocínio analítico. Tais habilidades tornam-se necessárias para integrar uma multiplicidade de aspectos decorrentes de outras áreas de atuação que não a meramente técnica. (LAUDARES E RIBEIRO, 2000, p.497)*

Em Schnaid et. al. (2006) são criados os “10 mandamentos da formação do engenheiro” que corroboram as competências e habilidades para o engenheiro do século XXI na literatura sobre o assunto. É relatado, ainda, que as estruturas curriculares de ensino de engenharia no país, pouco provavelmente atendam aos mandamentos propostos pelos autores, mesmo parcialmente. Algumas das competências e habilidades requeridas pelo mercado para os engenheiros recém-formados, mais citadas na literatura, estão resumidas na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Revisão de literatura, competências e habilidades requeridas para os novos engenheiros.

<b>Pirró e Longo (2005)</b>	<b>SCHNAID et. al. (2006).</b>	<b>Inova Engenharia (2006)</b>
Forte embasamento em ciências e matemática.	Capacidade para aplicar conhecimentos da matemática, Física e Ciências, associado ao pensamento lógico e objetivo, comum ao perfil do engenheiro.	Sólido conhecimento nas áreas básicas.
Aprender a aprender. Mais importante do que ensinar somente as tecnologias em uso. Mudança radical no processo ensino-aprendizado. O aluno deve aprender a aprender sozinho.	Adaptação ao conhecimento continuado, habilidade necessária para acompanhar o desenvolvimento tecnológico e humanístico necessário à atividade profissional.	Capacidade para apropriar-se de novos conhecimentos de forma autônoma e independente.
Saber fazer. Estudar, pesquisar, realizar na prática. O engenheiro deve ser preparado para fazer (ousando!). Deve ser desafiado a "fazer" na universidade e/ou em treinamento no setor produtivo.	Criatividade e capacidade de projetar – o projeto aqui entendido como a atividade síntese do engenheiro.	Aptidão para desenvolver soluções originais e criativas para os problemas de projetos, da produção e da administração.
Domínio das facilidades oferecidas pela informática.	Capacidade para comunicação escrita, oral e gráfica, com amplo domínio de ambientes computacionais e linguagens de programação.	Capacidade para conceber e operar sistemas complexos, com competência para usar modernos equipamentos, principalmente recursos computacionais, estações de trabalho e redes de comunicação.
Capacidade gerencial e empreendedora. Capacidade de juntar meios de toda a natureza (humanos, materiais etc.) e otimizar o seu emprego no "fazer acontecer", criar, produzir. Exercício de liderança consciente. Trabalhar em equipe.	Desenvolvimento de senso crítico e de visão empresarial para identificar seu papel no contexto social e comunitário. Capacidade de liderança. Habilidades interpessoais necessárias à negociação, ao bom relacionamento profissional e pessoal. Flexibilidade para atuar em equipes multidisciplinares.	Habilidade para trabalhar em equipe, para coordenar grupos multidisciplinares e para conceber, projetar, executar e gerir empreendimentos de engenharia.

Tabela 1 (CONTINUAÇÃO) - Competências e Habilidades requeridas para os novos engenheiros.

<b>Pirró e Longo (2005)</b>	<b>SCHNAID et. al. (2006).</b>	<b>Inova Engenharia (2006)</b>
<p>Visão humanística diante da profissão e dos interesses da sociedade.</p> <p>O homem, a sociedade e o bem comum devem sempre estar presentes.</p>	<p>Consciência social e compromisso de construção de um mundo mais igualitário.</p> <p>Compreensão da ética e responsabilidade profissional.</p>	<p>Espírito de pesquisa para acompanhar e contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico do país;</p> <p>Conhecimento de aspectos legais e normativos e compreensão dos problemas administrativos, econômicos, políticos e sociais, de forma a compreender e intervir na sociedade como cidadão pleno, principalmente no que se refere às repercussões éticas, ambientais e políticas do seu trabalho;</p>

Vale notar que destas habilidades e competências, apenas a primeira delas, "conhecimento técnico", foi bem avaliada pelo mercado (médias e grandes indústrias), segundo o Inova Engenharia (2006, p.65).

*Por outro lado, as piores notas dadas pelos entrevistados aos engenheiros brasileiros estiveram relacionadas à capacidade de liderança, domínio em gerenciamento, espírito empreendedor, habilidade para comunicação e conhecimento de áreas correlatas à engenharia, assim como à capacidade de criar processos que satisfaçam às empresas. O problema é que são exatamente essas habilidades aquelas que vêm sendo cada vez mais demandadas pelo mercado de trabalho. (INOVA ENGENHARIA, 2006, p.66)*

O modelo tradicional de ensino de engenharia, na maioria das IES, ainda concentra disciplinas de base teórica (física, química, cálculo, etc.) nos primeiros semestres letivos, quase todas baseadas em aulas expositivas. Não se constitui surpresa, então, a crescente desmotivação dos estudantes, o que certamente contribui para os altos índices de evasão dos cursos de engenharia. Os jovens de hoje, acostumados a agir de modo "multitarefa", fazendo mais de uma ação simultaneamente, dentre estas, às vezes, estudar, têm dificuldade de acompanhar tais aulas e de se motivar para o estudo extra-classe.

Se compararmos as brincadeiras, os desenhos animados de TV e os jogos de infância e adolescência dos jovens de hoje (estudantes), com os daqueles nascidos nas décadas de 60 e 70 (professores), poderemos entender parte do "problema". A quantidade e a velocidade de impactos visuais, a rapidez de raciocínio e a quantidade de informações simultâneas aos quais os jovens são submetidos hoje, desde pequenos, são infinitamente maiores do que a de outrora. Como conseguir, então, prender a atenção destes jovens ao se tratar de assuntos como, por exemplo, a regra da cadeia em cálculo diferencial?

A triste realidade é que a maioria das aulas expositivas (de matemática, principalmente) continua sendo ministrada da mesma forma que há 30 anos. O professor escrevendo fórmulas, teoremas, demonstrações, desenhando alguns gráficos, mas ficando boa parte do tempo de costas para os estudantes, falando enquanto escreve, ao tempo que os estudantes copiam e/ou prestam atenção ao que é dito. Às vezes, transparências (via retroprojeter ou multimídia) são utilizadas para "aliviar" tal processo de ensino e aprendizagem.

Nos cursos de Engenharia, tem se percebido que diversas disciplinas da matriz curricular não são facilmente compreendidas pelos estudantes por falta de uma visão física/mecânica das situações reais em estudo. Esta falta de competência, muitas vezes, cria um distanciamento do aluno com as disciplinas, comprometendo sua formação técnica e científica e, provavelmente, seu desempenho ao iniciar-se no mercado de trabalho.

A universidade, peça importante na geração e difusão do conhecimento, tem a função primordial de preparar cidadãos para a vida, ensinando-lhes, entre outras coisas, uma profissão. Todavia, seu compromisso não se limita apenas ao saber consagrado, com a cultura do academicismo e sua transmissão, mas principalmente, com a postura ética, o trabalho em grupo, a formação de lideranças e com a aplicação do conhecimento recebido, conforme discutido em Pirró e Longo (2005).

O estudante de engenharia deve ser motivado para gerar, aperfeiçoar, inovar, dominar e empregar tecnologias, durante a sua vida acadêmica, com o objetivo de produzir conhecimentos, bens e serviços, que atendam às necessidades da sociedade, com eficácia e custos apropriados.

Com o intuito de incentivar a aplicação prática de conceitos teóricos abordados em sala, tornando o curso lúdico e desafiador para o estudante, de forma a aumentar seu interesse pelo curso e reduzir os índices de evasão, foi proposto e implantado, a partir do segundo semestre de 2006, um programa interdisciplinar adequado às grades curriculares dos cursos de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da Universidade Salvador – UNIFACS.

Este programa, chamado ARHTE (acrônimo em referência a *Arquimedes, Robert Hooke e Thomas Edison*), prevê que desde o primeiro semestre o estudante realize atividades práticas empregando conhecimentos nas áreas de mecânica, eletrônica, materiais, automação, robótica e tecnologia em geral para a concepção e construção de protótipos funcionais. A idéia básica do programa ARHTE é enfatizar o fato de que "*engenharia é construir*" e que para isso seja possível é preciso conhecer, dominar e aplicar de forma eficiente aspectos fundamentais de disciplinas como química, física e cálculo.

Participando do programa, o estudante coloca em prática os conhecimentos que adquire em sala de aula, além de aprender a desenvolver projetos, trabalhar em equipe, administrar o tempo e recursos financeiros. Mais ainda, trabalha-se, de fato, algo difícil de ensinar em sala de aula: a criatividade e o empreendedorismo.

Neste artigo é descrita a estrutura do programa e a experiência adquirida em sua implantação bem como os resultados obtidos até então.

## **2. PROGRAMA INTERDISCIPLINAR DE PRÁTICAS SEMESTRAIS**

Atuar como professor é assumir uma grande missão que envolve transmitir valores, exemplos e ética. Ensinar vai além de uma mera "transmissão de conhecimento". O professor universitário assume a responsabilidade de preparar o futuro profissional para a sociedade. A grande questão é como fazer com que o estudante universitário adote e internalize uma postura profissional desde o primeiro semestre de seu curso?

Muitas propostas recentes de reinventar métodos de ensino fazem uso da interdisciplinaridade. Japiassu (1976), citado por Dallabona (2005), define a interdisciplinaridade como um grupo de disciplinas conexas com uma determinada finalidade. As disciplinas estariam interligadas. Oliveira (2000), citado por Dallabona (2005), a define como uma transferência de métodos de uma disciplina à outra. A motivação para a criação do programa ARHTE é aplicar tais conceitos, inovando o método "sistemático" de formação dos estudantes de Engenharia Mecânica e Engenharia Mecatrônica da Universidade Salvador.

Nesta proposta quem "engenhaira" não são os professores, mas sim os aspirantes a engenheiros, que são estimulados por seus orientadores a pensar, e de posse do conhecimento técnico necessário, passam a ser capazes de materializar suas idéias. Neste processo, conforme sugerido por Dollabona (2005), a diretriz não deve estar no que é transmitido e sim no que é construído e, mais ainda, no processo de aprender a aprender. Isso porque, habilidades práticas são fundamentais na formação de novos Engenheiros, mas a criatividade

e o empreendedorismo são fundamentais na viabilização deste processo de ensino e aprendizagem como um todo.

O desafio é criar, desde o primeiro semestre letivo, uma atmosfera que propicie aplicar na prática a teoria, unindo conceitos de empreendedorismo, como busca de patrocínios, viabilidade técnica e comercial de novas idéias, com uma postura profissional na elaboração das propostas (anteprojeto e projeto) e em suas apresentações (banca de avaliação e Feira Tecnológica). Neste contexto, o fator tempo é decisivo, o que implica necessariamente na organização da equipe e no gerenciamento do projeto.

Ao propor os projetos de cada semestre, são exigidos conceitos já estudados pelo aluno e inseridas propositalmente percepção da aplicação prática de conceitos que ainda serão estudados nos semestres subsequentes. Por exemplo, ao propor o projeto de máquinas térmicas aos alunos de 4º semestre, conforme será discutido na próxima seção, os mesmos já estudaram ou estão estudando a Física, Eletrônica Digital e Analógica necessária a tal implementação, no entanto, ainda não estudaram a disciplina Controle e Servomecanismos, sendo assim não conhecem formalmente os conceitos de retroalimentação e demais aspectos específicos da disciplina envolvidos no projeto.

No semestre seguinte, o professor da disciplina Controle poderá utilizar o conhecimento "informal" produzido pelos alunos para esclarecer com base na teoria, eventuais resultados obtidos bem como dúvidas surgidas durante o processo de implementação do semestre anterior. O aluno logo percebe a importância da disciplina e o professor tem a oportunidade de aprofundar as discussões e abordagens de sala de aula, pois já conta com o contato prévio que os alunos tiveram com o problema. Torna-se claro para o aluno, o papel fundamental da teoria para responder os questionamentos e aprimorar seus resultados. Assim, o processo de ensino e aprendizagem ganha uma dimensão muito mais abrangente.

### **3. EXPERIÊNCIA DE IMPLANTAÇÃO**

#### **Aspectos Gerais**

Pelo fato de ser uma iniciativa inovadora que rompia paradigmas e ia de encontro com processos institucionais já estabelecidos de avaliação, bem como por depender de um grande envolvimento das coordenações de curso e do corpo docente no acompanhamento e orientação das atividades dos alunos envolvidos, o projeto deveria necessariamente ser realizado com cautela, de forma que ajustes fossem realizados durante o processo.

A proposta de implantação do programa foi idealizada de forma a permitir um maior controle do processo como um todo, prevendo a continuidade de sua aplicação e expansão nos semestres seguintes, com base no aprendizado e melhoria contínua. Sendo assim, o projeto foi implantado experimentalmente em 2006 nas turmas de primeiro ao quarto semestre dos cursos de engenharia mecânica e mecatrônica da UNIFACS, inicialmente englobando as seguintes disciplinas conforme a Tabela 2.

A proposta de implantação gradual do projeto tem como objetivo a criação de um grupo de controle, que permita avaliar os diversos aspectos relacionados, resultados obtidos e as dificuldades encontradas pelas partes envolvidas. Os aspectos relevantes ao sucesso da proposta, observados durante o processo de implantação foram: a aderência do projeto com as disciplinas envolvidas, a receptividade entre os alunos, o real aprofundamento e aplicação prática de conceitos teóricos por parte dos alunos, a participação e envolvimento das coordenações dos cursos e do corpo docente.

Tabela 2 - Disciplinas envolvidas na primeira etapa de implantação do programa ARHTE.

Semestre	Engenharia Mecânica	Engenharia Mecatrônica
1º	Introdução a Engenharia Mecânica, Metodologia da Comunicação Técnica e Científica, Sistemas de Computação e Geometria Descritiva.	Introdução a Engenharia Mecatrônica, Sistemas de Computação, Introdução à Geometria Descritiva e Desenho Técnico.
2º	Física I, Linguagem de Programação, Introdução à Metrologia e Desenho Técnico.	Física I, Linguagem de Programação, Sistemas Digitais, Metodologia da Comunicação, Técnica e Científica, Ciência dos Materiais.
3º	Física II, Mecânica Geral e Ciência dos Materiais.	Física II, Materiais Elétricos, Fundamentos de Materiais de Construção Mecânica, Métodos Computacionais Aplicados à Engenharia Mecatrônica e Introdução à Metrologia.
4º	Física III, Instalações Elétricas, Resistência dos Materiais I e Materiais de Construção Mecânica I.	Física III, Mecânica Geral, Circuitos Elétricos I e Sistemas Embarcados I.

Inicialmente, o primeiro impacto relacionado às disciplinas envolvidas foi a adequação dos respectivos planos de aula de forma que os mesmos abordassem os temas propostos nos projetos. Apesar de o plano de ensino da disciplina contemplar a mesma ementa anterior, algumas aulas tiveram que ser revisadas para abordar a realidade dos projetos. Neste ponto nota-se a importância fundamental da participação e envolvimento do corpo docente para o sucesso do projeto, uma vez que fez-se necessária uma postura proativa na atualização da forma de ministrar os conteúdos para a maior aderência com a proposta. Houve, ainda, a necessidade de uma maior interação entre os professores envolvidos com o intuito de alinhar as disciplinas de forma que suas abordagens fossem complementares entre si. Por exemplo, assuntos como cálculo diferencial e integral foram tratados em aula com base em lançamentos oblíquos de projéteis com massa variável, à medida que os alunos eram estimulados e construir projetos de lançamento autônomo micro-processado de foguetes pressurizados a água, conforme será enunciado a seguir para o projeto dos alunos de 2º semestre.

Fez-se necessária, também, a participação do corpo docente na orientação dos projetos desenvolvidos pelos alunos. Uma equipe de professores é atribuída para dedicar parte de seu tempo a este processo de orientação, estando disponível para consultas, tanto pessoais quanto por internet, indicando livros e referências, melhores práticas, outros professores, empresas e profissionais da área, e induzindo o raciocínio e aplicação prática das teorias necessárias de forma a viabilizar a execução dos projetos por parte dos alunos.

É importante ressaltar que o envolvimento dos professores na forma mencionada anteriormente se deu por interesse próprio, e por crença nas idéias do Programa ARHTE, e não por imposição direta ou indireta das coordenações ou da instituição.

### Infra-estrutura

Quanto à coordenação dos cursos, o processo de construção do projeto demandou o acesso livre dos alunos, fora dos seus horários de aulas, aos laboratórios de mecânica, mecatrônica, informática e demais recursos da instituição. Neste ponto foi necessário que as coordenações intercedessem de forma direta, permitindo a flexibilização de procedimentos tradicionais da instituição e viabilizando a alocação e disponibilidade de tais recursos.

A instituição envolveu-se com o investimento para a construção de dois laboratórios específicos para atender a demanda de construção dos protótipos. O Núcleo de Mecânica Aplicada - NMA tem como objetivo a construção e transformação física dos projetos. Tornos, fresadoras, calandras, corte e dobra de chapas metálicas, furadeiras de bancada, máquinas e equipamentos para solda, pintura e ferramentas mecânicas fazem parte da infra-estrutura do laboratório. O Núcleo de Mecatrônica e Robótica - NMR tem como objetivo a automação dos protótipos. Fontes simétricas, osciloscópios, geradores de sinais, kits de micro-controladores,

ferramentas para eletrônica, computadores, material para PCI (Placa de Circuito Impresso) e componentes eletrônicos diversos são exemplos da infra-estrutura disponível.

Para o caso específico dos laboratórios dos referidos núcleos, foi criado o sistema de agendamentos, disponibilizado aos alunos através do pessoal de apoio, onde cada equipe (o programa prevê que os alunos devem trabalhar com equipe de no mínimo 2 e máximo 4 pessoas, necessariamente) agenda um máximo de 3 visitas semanais de até 1,5 horas. O processo de controle dos agendamentos é feito via *internet* através da ferramenta *Google Calendar*, que permite completa integração entre todas as partes envolvidas, conforme mostrado na Figura 1.

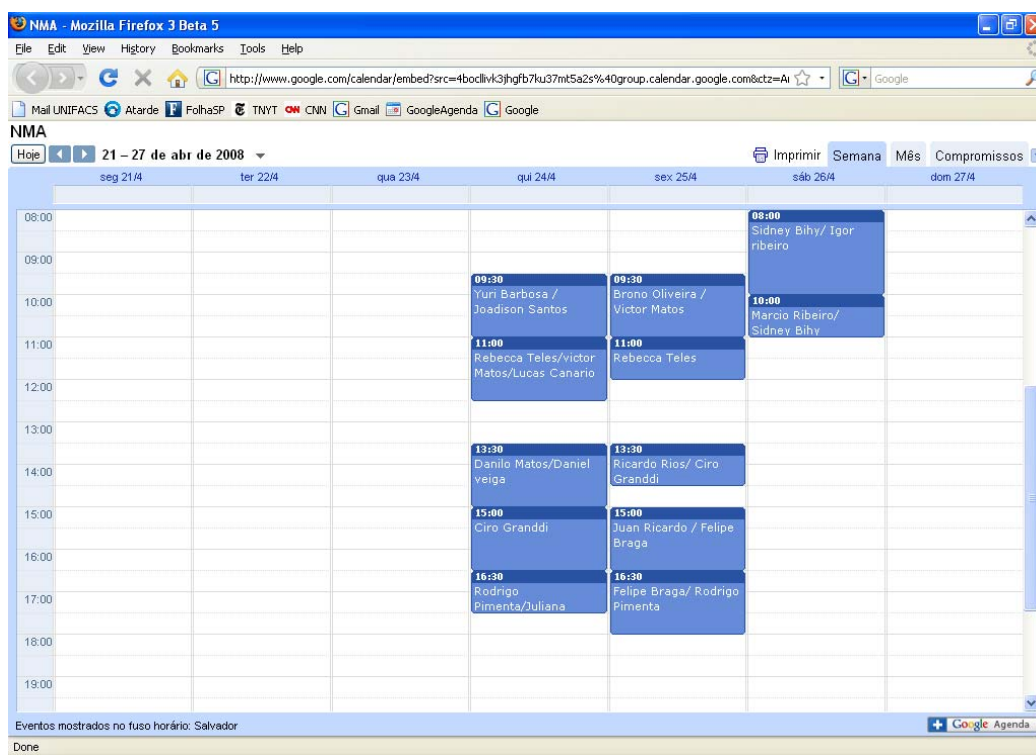


Figura 1 - Agendamento via *internet* de acesso aos laboratórios. Fonte: *Google Calendar*.

Nos laboratórios foi disponibilizado pessoal capacitado para acompanhamento e orientação no uso dos equipamentos, inicialmente os próprios alunos foram contratados através da estrutura de monitoria da universidade, posteriormente este processo veio a ser reforçado por técnico contratado especificamente para tal função.

Esta disponibilidade ampliou o envolvimento dos alunos com os cursos, aumentando a permanência dos mesmos na instituição nos horários opostos às suas aulas, bem como seu envolvimento com o mercado, através do contato com empresas e fornecedores diversos, visitas a ferro-velho, dentre outros.

## Temas de Projetos

Visando a avaliação das disciplinas relacionadas com o programa, o regulamento define quais projetos os estudantes devem realizar, de acordo com o semestre matriculado da maioria de seus componentes. As disciplinas da Física (Física I, Física II e Física III), na qual a maioria dos componentes da equipe participante esteja matriculada definirá qual protótipo a equipe deve desenvolver. Para casos em que alunos da mesma equipe estiverem matriculados em disciplinas de Física distintas, prevalecerá a de maior semestre. As propostas de projetos

são atualizadas a cada ano e os mesmos foram idealizados de forma a utilizar os conceitos estudados, em estudo ou a serem estudados nos semestres dos cursos de engenharia, listados abaixo conforme proposta de 2007:

- **1º semestre: Braço mecânico.** O braço mecânico deve possuir pelo menos dois graus de liberdade com utilização de motor(es) de passo. O braço mecânico deve ter entre 50 e 70 centímetros de altura e possuir um objetivo específico (os estudantes devem consultar os professores orientadores para definição do objetivo à sua escolha). O projeto de braço mecânico deve conceber as seguintes comprovações teóricas e experimentais:
  - Quanto ao desenho técnico do projeto: Esboço; Desenho técnico do projeto; Esboço 3D do projeto;
  - Quanto ao motor de passo: Especificações do fabricante, tais como resistência elétrica interna das bobinas, ângulo do passo, tipo de motor, número de fios, etc.;
  - Quanto ao projeto mecânico: Velocidades angulares e lineares; Cálculos referentes a polias e engrenagens;
  - Quanto aos materiais utilizados: Lista de materiais aplicados; Características dos materiais aplicados (densidade, módulo de elasticidade, resistência mecânica, tenacidade e propriedades térmicas);
  - Quanto à automação: Algoritmo conceitual de controle do projeto (a automação do braço mecânico é facultativa);
  
- **2º semestre: Foguete pressurizado.** O Foguete pressurizado deve ser feito com garrafa PET sem combustão, controlado via sistema computacional. O software de controle (desenvolvido pela equipe) deve viabilizar o posicionamento, vertical e horizontal, e o acionamento do gatilho de lançamento com base em alcance desejado. A base de lançamento deve ser robusta, construída em metal de modo a permitir estabilidade do lançamento. O projeto de foguete pressurizado deve conceber as seguintes comprovações teóricas e experimentais:
  - Todas as comprovações experimentais do projeto do 1º semestre (que se apliquem a este projeto) acrescidas dos seguintes tópicos;
  - Quanto ao lançamento do foguete: Conceitos e características aerodinâmicas; Cálculos de trajetória; Resultados de lançamentos experimentais e comparação com resultados teóricos;
  - Quanto à automação: Código fonte devidamente comentado de controle do projeto através da porta paralela; O software de controle deve estimar resultado do lançamento tendo em vista parâmetros de entrada baseado nos cálculos e ajustes experimentais; (a automação micro-processada dos projetos é obrigatória e requisito mínimo a partir do 2º semestre);
  
- **3º semestre: Envasadora de materiais viscosos.** A envasadora deve possuir um sistema rotativo controlado via sistema computacional, concebido para envasar no mínimo 7 (sete) recipientes de forma seqüencial e autônoma. O projeto de envasadora de materiais viscosos deve conceber as seguintes comprovações teóricas e experimentais:
  - Todas as comprovações experimentais dos projetos dos 1º e 2º semestres (que se apliquem a este projeto) acrescidas dos seguintes tópicos;
  - Quanto ao envasamento: Taxa de variação do conteúdo (fluxo);



- Quanto à automação: Utilização de sensores digitais para detecção de posicionamento dos recipientes; O software de controle (desenvolvido pela equipe) deve viabilizar a quantidade de recipientes e de material a ser envasado em cada recipiente. Deve ser possível predeterminar quantidades de 40 (quarenta), 50 (cinquenta) e 60 (sessenta) gramas ou mililitros a serem envasados.
- **4º semestre: Máquina térmica.** A máquina térmica deve realizar um trabalho mecânico controlado via sistema computacional, sendo capaz de manter o sistema em equilíbrio conforme parâmetros de *preset* de temperatura previamente especificados. O projeto de máquina térmica deve conceber as seguintes comprovações teóricas e experimentais:
  - Todas as comprovações experimentais dos projetos de 1º, 2º e 3º semestres (que se apliquem a este projeto) acrescidas dos seguintes tópicos;
  - Quanto ao processo: Rendimento/eficiência; Características dos materiais quanto às trocas térmicas;
  - Quanto à automação: Utilização de sensores analógicos para detecção da temperatura, conversão A/D e retro-alimentação do sistema; O software de controle (desenvolvido pela equipe) deve viabilizar a inserção das temperaturas inferior e superior de monitoramento do sistema, acionando um aquecedor quando a temperatura do sistema estiver abaixo da temperatura mínima e um dissipador de calor quando a temperatura do sistema estiver acima da temperatura máxima.

É permitido a equipes que possuem projetos em desenvolvimento, por iniciativa própria, inscrever seus planos de negócio para participar do programa interdisciplinar ARHTE. O professor orientador deverá avaliar o plano de negócio, definindo se o projeto está apto a participar do programa e informar quais as comprovações teóricas e experimentais que serão cobradas. Para essas equipes o plano de negócio substitui o anteprojeto. Contudo, a equipe deve seguir o restante do cronograma e exigências do programa ARHTE.

A proposta prevê grande aderência às novas tecnologias da *internet*. Além dos agendamentos on-line, recursos como *website* e grupo de discussão foram criados para dar suporte ao projeto, com o objetivo de ser canal aberto para comunicação, proporcionando maior interatividade e permitindo a troca de idéias e conhecimento entre todos os alunos e professores envolvidos. Toda a documentação referente ao trabalho é disponibilizada em *site* oficial específico (<http://arhte.unifacs.br>), onde se encontram o regulamento e formulário para inscrição on-line do programa, *links* para os demais recursos disponibilizados e edições anteriores do programa com materiais gerados pelos próprios alunos.

A cada semestre, as equipes são orientadas, como parte do processo de avaliação, a disponibilizar todo o material produzido, tais como fotos, vídeos e relatórios do projeto em sites próprios, *blogs*, comunidades do *Orkut*, *Youtube* e demais ferramentas de suporte à comunicação on-line. Para o processo de avaliação são considerados aspectos quanto ao volume e periodicidade das publicações, objetividade e precisão das informações fornecidas, dentre outros. A cada semestre, os links para o material produzido são condensados no site oficial do projeto, estando disponível livremente para consulta.

O objetivo principal deste tipo de iniciativa é aproveitar o potencial latente destas tecnologias, que já fazem parte da vida dos alunos, de forma a incentivar a aplicação funcional destas, motivando-os a fazer com que o curso de Engenharia faça parte do seu “dia-a-dia virtual”.

O resultado deste processo traz consigo índices ainda difíceis de mensurar, além de potencializar o uso útil de tais tecnologias já presentes na vida dos alunos, em outras vertentes constituem também ferramenta informal de divulgação e *marketing* das atividades realizadas na Instituição. Os projetos desenvolvidos durante o programa ARHTE passam a ser divulgados a nível nacional, havendo troca de informações dos estudantes com outros ao redor do país, bem como há incidência de novos alunos que chegam à Instituição, atraídos inicialmente por conteúdos de divulgação das atividades vistos na *internet*. Conteúdos estes publicados pelos próprios alunos em edições anteriores do projeto.

Tais atividades agitam o meio acadêmico, permitem maior interação entre estudantes de cursos e semestre diferentes e fazem circular as informações, criando uma atmosfera propensa ao fomento e aplicação do conhecimento.

### **Processo de avaliação**

O processo de avaliação é realizado em 3 etapas: anteprojeto; apresentação para banca avaliadora e relatório escrito, onde os melhores resultados são classificados para apresentação em modalidade feira, aberta à visitação pública.

A coordenação dos cursos reserva um total de 4 dias do calendário acadêmico exclusivamente para avaliação e apresentação dos resultados do programa, destes, 3 dias são reservados ao processo de avaliação pelas bancas e 1 dia reservado para a apresentação em formato feira.

Um sorteio define dia e horário específico da apresentação de cada equipe à banca. De acordo com o grande número de projetos a cada semestre ocorrem 3 bancas simultâneas a cada dia de avaliação, cada banca é constituída por 3 professores dos cursos. As equipes dispõem de 20 minutos para realizar o embasamento teórico, a apresentação do seu projeto, os resultados obtidos, suas justificativas e conclusões, deixando espaço aberto para perguntas da banca e do público.

A avaliação em formato banca visa capacitar e familiarizar o aluno com este processo de avaliação comum em apresentações de congressos, monografias e dissertações. Inúmeros aspectos da comunicação são abordados e avaliados tendo em vista a postura profissional a ser adotada pelo aluno perante o mercado, desde a forma de se vestir e falar até a forma de como conduzir a apresentação e convencer o público da qualidade do seu “produto”. Trajes sociais são exigidos, e por quatro dias o que se vê são profissionais “vendendo” suas soluções. A ficha utilizada para avaliação durante a banca é apresentada na Tabela 3.

Após a apresentação, os projetos são classificados, e as equipes que obtiveram os melhores resultados participam da apresentação em formato feira de projetos, quando é feito convite formal às escolas secundaristas, famílias dos alunos, empresas de mercado e profissionais da área para visitação ao evento. A feira de projetos é um evento que atualmente toma proporções ao sabor da disponibilidade de seus patrocinadores, que investem diretamente nas equipes e no evento em si. Os alunos são incentivados a buscar patrocínios para suas equipes e para o evento. Tipicamente, empresas privadas, interessadas na associação de suas marcas ao fomento da ciência e tecnologia no Estado, na fixação de suas marcas frente ao mercado de futuros Engenheiros que muito em breve virão a especificar suas soluções, bem como interessadas na penetração em um mercado consumidor de alto poder aquisitivo e ávido por novas tecnologias.

Tabela 3 - Ficha de avaliação da banca examinadora. Anexo 4 do regulamento.

<b>Equipe:</b>	
<b>Componentes:</b>	
<b>Feira Tecnológica</b>	SIM ( ) NÃO ( )

Critérios	Pontuação	Observações
<b>FICHA DE DESEMPENHO TÉCNICO</b>		
<b>Quanto ao projeto. (máximo 6 pontos)</b>	1. Funcionalidade. Automação do protótipo (utilização de linguagens de programação ou outro recurso). <b>Máximo 2 pontos.</b>	
	2. Criatividade e Inovação da proposta. Estética e acabamento do produto. <b>Máximo 2 pontos.</b>	
	3. Aprofundamento das teorias empregadas na execução do trabalho. Capacidade de analogia da proposta do trabalho e dos temas relacionados com o curso. Domínio técnico dos temas relacionados. <b>Máximo 2 pontos.</b>	
<b>FICHA DE DESEMPENHO METODOLÓGICO</b>		
<b>Anteprojeto (máximo 2 pontos)</b>	4. Computar nota atribuída ao anteprojeto corrigido pelo professor orientador. <b>Máximo 2 pontos.</b>	
<b>Quanto à apresentação do trabalho e apresentadores. (máximo 1 ponto)</b>	5. Organização e gerência do tempo durante apresentação. Postura e aparência profissional da equipe. <b>Máximo 1 ponto.</b>	
<b>Quanto ao relatório de atividades. (máximo 1 ponto)</b>	6. Organização, apresentação e ortografia. Conteúdo e aprofundamento das teorias empregadas. <b>Máximo 1 ponto.</b>	
	<b>Média final:</b>	

Obs.: Pontuação em múltiplos de 0,5 pontos.

#### 4. RESULTADOS

Foram realizadas quatro edições do programa ARHTE, desde sua implantação em 2006. As Feiras Tecnológicas foram realizadas nas dependências do prédio de aulas 7 (PA7) da UNIFACS. Em seu primeiro semestre de funcionamento, fizeram inscrição no programa 151 estudantes, totalizando 49 equipes. A primeira feira tecnológica teve 100 visitantes externos (número estimado por contagem parcial dos colaboradores). Neste semestre foi feita a

primeira experiência com o trabalho interdisciplinar, tendo resultados expressivos de interesse e motivação entre os estudantes de engenharia mecânica e mecatrônica da universidade. A partir deste trabalho inicial surgiram diversos grupos que continuaram trabalhando nos projetos propostos no programa dos semestres subsequentes e propondo tantos outros para trabalharem durante as férias.

No primeiro semestre de 2007 fizeram inscrição no programa 346 estudantes, totalizando 95 equipes. A segunda feira tecnológica teve 300 visitantes externos (número estimado por contagem parcial dos colaboradores). Nesta edição houve um concurso para premiação dos melhores projetos. A UNIFACS contou com o patrocínio da empresa *ATA Serviços* que premiou os melhores projetos através de troféus, certificados, 1 computador (*Desktop BITWAY*) e 3 mochilas para *notebook*.

No segundo semestre de 2007 fizeram inscrição no programa 238 estudantes, totalizando 71 equipes. A III feira tecnológica teve 200 visitantes externos (número estimado por contagem parcial dos colaboradores). Importante ressaltar que no segundo semestre o número de vagas oferecidas para o vestibular é menor, refletindo na diminuição da quantidade de inscritos no programa.

Na mais recente edição do programa ARHTE, no primeiro semestre de 2008, fizeram inscrição no programa 419 estudantes, totalizando 118 equipes. A quarta edição da feira tecnológica teve 500 visitantes externos (número estimado por contagem parcial dos colaboradores), e contou com ampla visitação de escolas e estudantes de ensino médio, profissionais da área de engenharia, entusiastas e familiares dos estudantes feiristas.

Os resultados obtidos vão além das apresentações para avaliação dos projetos. No ano de 2007 foram publicados seis artigos no Seminário Estudantil de Produção Acadêmica - SEPA da Universidade Salvador. Esses artigos foram resultados exclusivos do progresso dos estudantes dentro do âmbito do programa ARHTE. Os seis artigos foram publicados por estudantes do primeiro ao quarto semestre, todos sem exceção, participaram das 4 edições do programa. Os artigos estão disponíveis on-line através da url: <http://www.revistas.unifacs.br/index.php/sepa>. Abaixo estão relacionados os títulos dos artigos supracitados.

1. Robô de inspeção tubular protótipo PIC – Pipeline Inspection Crawler;
2. Projeto eletrônico para construção de robô autônomo de sumô;
3. Desenvolvimento de robô humanóide a partir do estudo e aplicação do kit *Bioid*;
4. Robótica autônoma – sumô de robôs;
5. Projetos mecânico e lógico para a construção de robô de sumô autônomo;
6. Projeto dotBUS: Sistema de automação para transporte público.

Ademais, o artigo "Robô de inspeção tubular, protótipo PIC - *Pipeline Inspection Crawler*" é patrocinado por empresas do setor privado que possuem interesse em comercializar o produto. O mesmo artigo participou do Prêmio BAHAGÁS de Inovação, durante a Conferência da Indústria do Gás Natural 2008 e o Seminário Nacional de Energia e Ambiente que aconteceram entre os dias 9 e 11 de abril de 2008. Atualmente existem dois protótipos com grande possibilidade de geração de patente, oriundos do programa ARHTE.

Equipes interessadas no desenvolvimento de projetos de robótica autônoma são incentivadas a participar de eventos e competições no âmbito regional e nacional tais como o Campeonato Baiano de Robôs Autônomos – CBRA. A UNIFACS já conta com 4 projetos de robôs autônomos da modalidade *Sumô de Robôs*, desenvolvidos por seus estudantes sob orientação de professores como parte das atividades do programa ARHTE.

Com o encerramento de sua quarta edição, o depoimento dos professores corrobora a previsão dos idealizadores do programa ARHTE. Há a indicação que os alunos ingressam em

semestres posteriores amadurecidos, com interesses profissionais, resultado das pesquisas e aplicação de conteúdos de eletrônica, programação, mecânica, materiais e automação realizados previamente. Os professores relatam que as aulas formais tornaram-se mais interessantes e dinâmicas, pois a responsabilidade de trazer conteúdos do mercado de trabalho deixa de ser responsabilidade exclusiva do professor da disciplina, passando a compartilhar essa responsabilidade com o aluno.

A proposta pedagógica do programa limita os requisitos mínimos dos projetos a cada semestre, no entanto não há limite máximo para o aprofundamento teórico e prático que será dado pelo aluno aos conceitos aplicados na execução de seus projetos com base em suas habilidades, vertentes de atuação e seus interesses pessoais.

Sendo assim, para os projetos de robôs citados anteriormente, todos foram desenvolvidos por estudantes até o quarto semestre e necessariamente fazem uso de recursos de micro-controladores PIC e/ou 8051 para controle autônomo dos mesmos, no entanto, a disciplina de micro-controladores só está presente formalmente na grade curricular dos alunos no oitavo semestre do curso, evidenciando que para serem capazes de realizar seus projetos fez-se necessários que os alunos interessados nesta área do conhecimento buscassem ir além dos conteúdos ministrados em sala, participando de cursos extracurriculares, buscando livros e orientação de professores, profissionais de mercado e alunos de semestres mais avançados.

Para o ano de 2008 estão programadas iniciativas de aplicação de questionários de pesquisa e enquetes entre os estudantes, de forma a realizar levantamento formal de aspectos qualitativos e quantitativos com base no ponto de vista dos mesmos. Os resultados obtidos levarão em consideração todo o universo de alunos dos cursos envolvidos e serão decisivos na melhoria contínua do processo

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como observado no IEL/SENAI Inova Engenharia (2006), as engenharias se desenvolveram sob influência do processo de industrialização. Inicialmente, a competência exigida do engenheiro era eminentemente *técnica*. Conforme os processos industriais se tornavam cada vez mais variados e sofisticados, passou a ser requerida a qualificação *científica*. Atualmente, as indústrias e o mercado exigem, além das anteriores, as chamadas competências *gerenciais*.

Para atender a estas exigências, a educação da engenharia necessita de mudanças radicais e imediatas. As disciplinas tradicionais previstas nas matrizes curriculares devem ser, sempre que possível e cada vez mais, suplementadas com conteúdo interdisciplinar. Além disso, é fundamental que a teoria abordada em sala de aula esteja acoplada à solução de problemas reais, onde se possam trabalhar as habilidades requeridas da nova geração de engenheiros: criar e produzir ("fazer acontecer"); trabalhar em equipe gerenciando prazos e recursos financeiros e humanos, e exercitando liderança; saber se comunicar por escrito e oralmente; e, por fim, saber pesquisar ("aprendendo a aprender").

O Programa ARHTE aqui descrito é uma iniciativa nesta direção. Os resultados obtidos indicam uma modificação nas abordagens didáticas e comportamentais de discentes e docentes nos cursos de engenharia mecânica e engenharia mecatrônica da UNIFACS. Associado aos conteúdos técnicos, o referido programa tem se mostrado eficaz na formação do engenheiro para o século XXI, com o processo de ensino-aprendizagem prazeroso, efetivo e de qualidade.

### ***Agradecimentos***

Os autores gostariam de agradecer aos professores e estudantes de Engenharia Mecânica e Engenharia Mecatrônica pela ampla participação e dedicação na execução dos projetos, bem como pelos excelentes resultados obtidos. Um agradecimento especial aos colaboradores do PA-7, próprios e terceirizados, pela dedicação e apoio na realização das Feiras Tecnológicas.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

DALLABONA, Carlos Alberto. **Interdisciplinaridade: uma questão ainda pouco conhecida e praticada nos cursos de Engenharia.** XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 2005. Campina Grande - Paraíba.

IEL/SENAI. **Inova Engenharia: propostas para inovação da educação em engenharia no Brasil.** Brasília, 103p. 2006.

KUEHN, Adriana. et al. **Qual é o papel da matemática nos cursos de Engenharia? Reflexões de um professor de matemática.** XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 2005. Campina Grande - Paraíba.

LAUDARES, J. B. e RIBEIRO, S. **Trabalho e formação do engenheiro,** Rev. Bras. Est. Pedag., Brasília, v. 81, n. 199, p. 491-500, set./dez. 2000.

PIRRÓ E LONGO, W. "Reengenharia" do Ensino de Engenharia: Uma Necessidade", disponível [www.engenheiro2001.org.br/programas/971207a.doc](http://www.engenheiro2001.org.br/programas/971207a.doc) (acesso em 01/08/2008)

SCHNAID, Fernando. et al. **Ensino da engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI.** Porto Alegre – Rio Grande do Sul. Editora da UFRGS, 2006.

## **INTERDISCIPLINARY TEACHING OF MECHANICS AND MECHATRONICS ENGINEERING**

***Abstract:*** *Intending to increase practical use of the theory studied on class rooms, trying to make engineering courses become fun and challenging for the students, in order to increase their interest and reduce evasion indices, by the year of 2006 a interdisciplinary program, tightly bounded to the discipline grids and pedagogical plans, was proposed and has been applied in a gradual, guided and continuous way to Mechanics and Mechatronics Engineering curriculums of University Saalvador (UNIFACS). This interdisciplinary program, codename ARHTE, stands for a paradigm where the student since its very first semester is supposed to work on activities related to real needs of the market, stimulating entrepreneurship, increasing learning results and ending with innovative and professional automation and robotics solutions being developed by each one of them. This article presents the project, its concepts and brings UNIFACS case study of experienced results.*

***Key-words:*** *Interdisciplinarity Student Interest and Retention, Continuous Education, Technological Innovation and Entrepreneurship.*