



METODOLOGIA DE PROJETOS INTEGRADORES EVOLUTIVOS PARA O CURSO DE ENGENHARIA MECATRÔNICA

José Antonio Dias de Carvalho – jose.carvalho@eniac.com.br

Faculdade Eniac

Rua Força Pública, 89, Centro

07012-030 – Guarulhos - SP

Marcus Valério Rocha Garcia- marcus.valerio@eniac.com.br

Ruy Guérios - ruy.guerios@eniac.com.br

Francisco Lameiras Junior- francisco.lameiras@eniac.com.br

Marcones Cleber Brito da Silva – marconeseng@gmail.com.br

Neide Oliveira da Silva – neide.oliveira@eniac.com.br

***Resumo:** Este trabalho apresenta a metodologia utilizada no curso de Engenharia Mecatrônica da Faculdade Eniac, para o desenvolvimento dos Projetos Integradores dos módulos profissionais. Na concepção de cada módulo são mapeadas as competências profissionais necessárias para que o egresso obtenha ao concluir o curso o sucesso profissional. O projeto integrador visa aplicar, integrar e avaliar os conceitos apresentados nas disciplinas de cada módulo. O Trabalho de conclusão de módulo demonstra ao aluno, de forma multidisciplinar e evolutiva na mesma aplicação, as vantagens de se utilizar técnicas e equipamentos mais sofisticados. O projeto baseia-se numa mesa de coordenadas que inicia numa primeira fase com o emprego de conceitos básicos de mecânica e eletricidade, evoluindo até uma quarta fase com a aplicação de microcontrolador. O reaproveitamento dos materiais entre as diversas fases dos projetos é o diferencial que permite maximizar a relação custo-benefício. O detalhamento dos procedimentos aplicados durante a implementação são apresentados no artigo. Os excelentes resultados obtidos pelos alunos são demonstrados pelo aumento do desempenho no aprendizado.*

***Palavras-chave:** Interdisciplinaridade, Engenharia, Mecatrônica, Metodologia, Ensino, Projeto.*

1. INTRODUÇÃO

O principal objetivo dos projetos integradores é promover a interdisciplinaridade, e se possível a transdisciplinaridade, permitindo ao estudantes a identificação de pontos comuns e das relações existentes entre os conteúdos ministrados, ao mesmo tempo contextualizando-os e associando-os à prática do cotidiano profissional. Estas ligações podem facilitar o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que constroem o conhecimento de forma prazerosa e participativa (DESCHAMPS, 2011). Entretanto algumas experiências ditas interdisciplinares são conduzidas de forma simplista, sem a preocupação em orientar ou estimular a participação dos professores na escolha do tema. Os conceitos, ações, atitudes e resultados estão longe dos



obtidos nos verdadeiros projetos interdisciplinares (ALBUQUERQUE,2007, NOGUEIRA, 1998, NOGUEIRA 2001).

O trabalho interdisciplinar deve oferecer aos estudantes de Engenharia a oportunidade de trabalhar em equipe e buscar a solução de problemas práticos. Muitas vezes são necessários conteúdos ainda não estudados no módulo em questão e, eventualmente, não são contemplados no programa de disciplinas futuras do curso. Desta forma, é plantada nos estudantes a semente da descoberta e da inovação (ALBUQUERQUE,2007).

Na Faculdade Eniac, desde a sua fundação em 2001, a metodologia de Projetos constitui o alicerce da proposta pedagógica de todos os cursos superiores. Denominado tradicionalmente de “Projeto Integrador” ou “Trabalho de Conclusão de Módulo (TCM)”, o método é obrigatoriamente aplicado na construção dos projetos pedagógicos dos cursos. Partindo-se do objetivo do Projeto Integrador de cada módulo do curso, são definidas as competências e habilidades, e posteriormente elaborada a matriz curricular para atender aos objetivos e competências profissionais. O Projeto integrador também é parte fundamental do sistema de avaliação, pois possibilita ao docente verificar, através do conhecimento explícito demonstrado pelo discente e pela equipe, se os atributos elementares dos projetos contidos na proposta pedagógica estão contemplados e contextualizadas nas demonstrações práticas.

Segundo Leme (2007), os projetos integradores propiciam novos objetos de conhecimento, transformando a escola em centro de pesquisa e o aluno em pesquisador. Há uma preocupação ainda em atender às propostas das empresas em resolver problemas do cotidiano, preparando os alunos para analisar e resolver problemas de características múltiplas, tendo uma visão sistêmica, fazendo o aluno interagir com o grupo e trabalhar em equipe.

Com a implantação dos cursos de Engenharia na Faculdade Eniac a partir de 2009, buscaram-se oportunidades de renovar as características do Projeto Integrador. Tal necessidade deve-se ao fato que os estudantes de Engenharia anseiam pelo desenvolvimento de projetos práticos e aplicado a casos reais. Porém normalmente estes projetos implicam em situações de alto custo para os estudantes. Além disso, a IES deve oferecer a infraestrutura necessária e recursos humanos para orientação e acompanhamento dos alunos.

A coordenação, com o apoio da direção e envolvimento dos professores, realizou algumas experiências durante a implantação dos cursos, e após alguns anos, atingiu-se um resultado altamente satisfatório, atendendo as expectativas de ambas as partes.

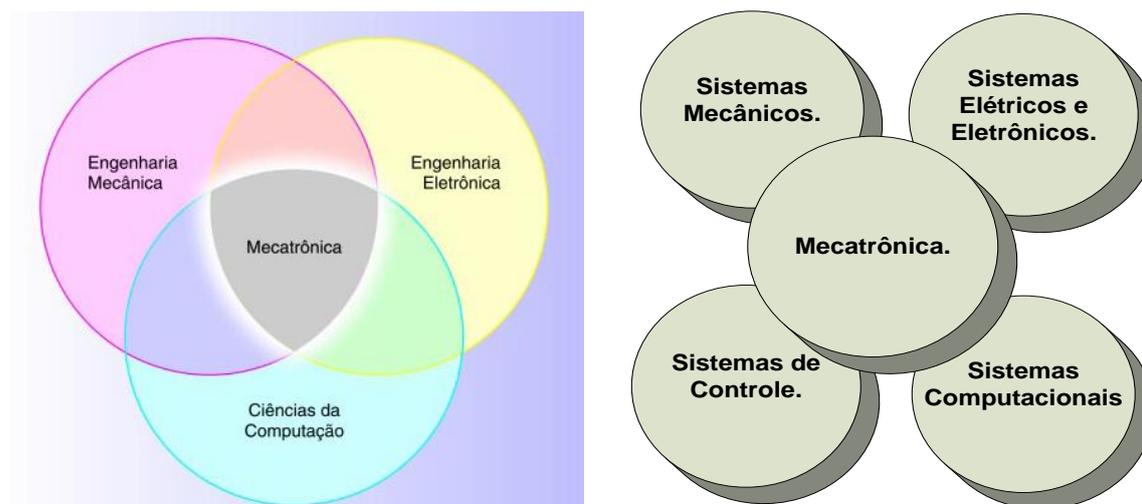
O presente artigo encontra-se organizado da seguinte forma: a seção 2 revisa alguns conceitos fundamentais da metodologia de projetos. Além disso, são tratados os aspectos que cercam o ensino de Engenharia Mecatrônica, tais como a necessidade de sinergia entre conteúdos de áreas diversas e os currículos em permanente evolução. A seção 3 detalhará a metodologia aplicada, descrevendo cada uma das quatro fases do projeto da mesa de coordenadas. Finalmente, na seção 4 são mostrados e analisados os resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Mecatrônica é entendida como uma ciência relacionada à aplicação combinada de conhecimentos de áreas tradicionais como a Engenharia Mecânica, Eletrônica e Computação de forma integrada e concorrente, conforme mostra a Figura 1a. Uma combinação para ser concorrente deve utilizar o que existe de mais adequado em cada uma das áreas, de tal forma que o resultado final é mais do que a simples soma de tais especialidades, mas sim uma sinergia entre elas (ADAMOWSKI & FURUKAWA,2001).

A integração das três áreas, formando um conhecimento interdisciplinar, é essencial para a formação do Engenheiro Mecatrônico. O termo *Mechatronics* foi idealizado pelos japoneses e a maioria dos engenheiros se surpreende ao descobrir que o termo foi usado pela primeira vez há mais de quarenta anos, em 1969 por Tetuso Mori e Koh Kikuchi (LENGERKE & DUTRA,2010).

Com a evolução da Mecatrônica, alguns autores passaram a incluir os sistemas de controle neste quadro, como mostrado na Figura 1b, visto que a grande maioria das aplicações são direcionadas para a área de controle, automação e manufatura industrial.



Figuras 1 a e 1b - Representações esquemáticas da Mecatrônica
(adaptado de ADAMOWSKI & FURUKAWA,2001- LENGERKE & DUTRA,2010).

Baseado em exemplos de projetos de sistemas mecatrônicos, a metodologia empregada usualmente consiste dos seguintes passos: (i) Definição das especificações do sistema, (ii) Divisão do sistema em sub-sistemas, (iii) Geração de opções de implementações dos sub-sistemas, (iv) Modelagem e simulação das opções, (v) Escolha da melhor opção, (vi) Construção dos protótipos, (vii) Programação e depuração do software, (viii) Construção do protótipo do controlador, (ix) Testes do protótipo (LENGERKE & DUTRA,2010).

Um projeto mecatrônico deve ser capaz de simplificar os sistemas mecânicos, ter custo e tempo cada vez menores de desenvolvimento, além de comparado com outros tipos de sistemas, serem simples e flexíveis afim de incorporar modificações.

Enfim, a estrutura do curso de Engenharia Mecatrônica deve ser capaz de atingir estas premissas fundamentais para a formação de um profissional, levando em conta os paradigmas da inter(multi)disciplinaridade. A Figura 2 ilustra o quão complexo é a montagem de um currículo que atenda a busca da motivação, interesse, pensamento crítico e pró-atividade para aprender, solucionar problemas e realizar análises críticas. Trata-se de um mistura de aspectos cognitivos e afetivos. Determinados objetivos são mais tangíveis para serem avaliados e medidos do que outros (LENGERKE & DUTRA,2010).

O método apresentado neste artigo tenta trabalhar nos estudantes as características apontadas na Figura 2, tais como: alcançar as metas e objetivos, tomada de decisão na escolha de recursos, responsabilidade no cumprimento do cronograma e divisão de tarefas. Ressalta-se

que os estudantes contam com o apoio e motivação dos professores, coordenação e direção, para que os resultados sejam os melhores possíveis.

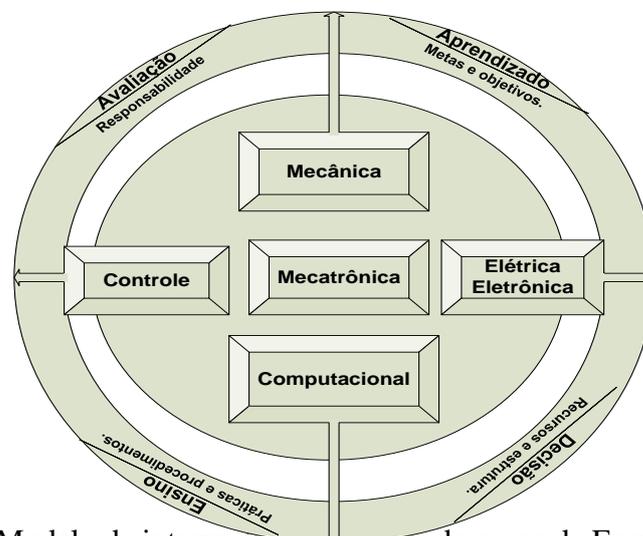


Figura 2 – Modelo de integração e formação do curso de Engenharia Mecatrônica

3. METODOLOGIA

O pensar interdisciplinar parte da premissa de que nenhuma forma de conhecimento é em si mesma exaustiva. Tenta, pois, o diálogo com outras fontes do saber, deixando-se irrigar por elas (FAZENDA, 1993). Assim, para a realização de uma atividade de caráter interdisciplinar como o projeto integrador nos cursos de Engenharia, deve-se ter em mente alguns critérios que viabilizem a sua construção.

Alguns critérios tais como: aplicabilidade na indústria, custo para implantação e aproveitamento de recursos utilizados em módulos anteriores, que visam a formação de um profissional capaz de aplicar os conceitos apresentados durante o curso na indústria.

Por isto os TCMs do curso de Engenharia Mecatrônica da Faculdade Eniac tem o objetivo de articular teoria e prática, valorizando a pesquisa individual e coletiva, funcionando como espaço interdisciplinar na formação dos futuros profissionais. A interdisciplinaridade surge como uma tentativa de romper o percurso atual de fragmentação dos objetos do conhecimento nas diversas áreas, através da contrapartida do incremento de uma visão de conjunto do saber instituído (PRADO,2011, NOGUEIRA,2001).

Assim sendo, os estudantes têm horários de aula nos quais, com a orientação de professores, desenvolvem estudos acerca da construção de projetos que integrem os conhecimentos relativos às disciplinas estudadas no semestre em curso.

A Tabela 1 apresenta os quatro módulos do curso de Engenharia Mecatrônica em que os projetos integradores são desenvolvidos usando a metodologia evolutiva com as respectivas disciplinas.

A seguir serão descritos resumidamente os projetos integradores de cada módulo.

3.1 Projeto do Módulo Mecatrônica

Neste módulo o aluno recebe as primeiras noções sobre Mecânica e Eletricidade. O objetivo do TCM deste módulo é o desenvolvimento do projeto de uma mesa de coordenadas (robô Gantry) com 2 graus de liberdade XZ, cuja finalidade é o transporte de uma peça do ponto A ao ponto B no menor tempo, conforme ilustra a Figura 3.

Tabela 1 – Módulos dos cursos de Engenharia Mecatrônica com Projetos integradores

MECATRÔNICA	INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL	INSTALAÇÃO INDUSTRIAL	CONTROLE DE PROCESSOS
Cálculo Diferencial	Des. Aux. por Comp. – CAD	Eletrônica Aplicada	Redes Industriais
Mecânica Básica	Eletrônica Analógica	Máquinas Elétricas	Controladores Lógicos
Eletricidade Aplicada	Eletrônica Digital	Algoritmos e Programação de Computadores	Microcontroladores
Desenho Técnico	Sensores Industriais	Instalações Industriais	Gestão da Manufatura
Fundamentos de Mecatrônica	Elementos de Máquinas	Acionamentos Eletrônicos	Processos Industriais
Projeto de Mecatronica	Projeto de Instr. Industrial	Projeto de Instalação Industrial	Projeto de Controle de Processos

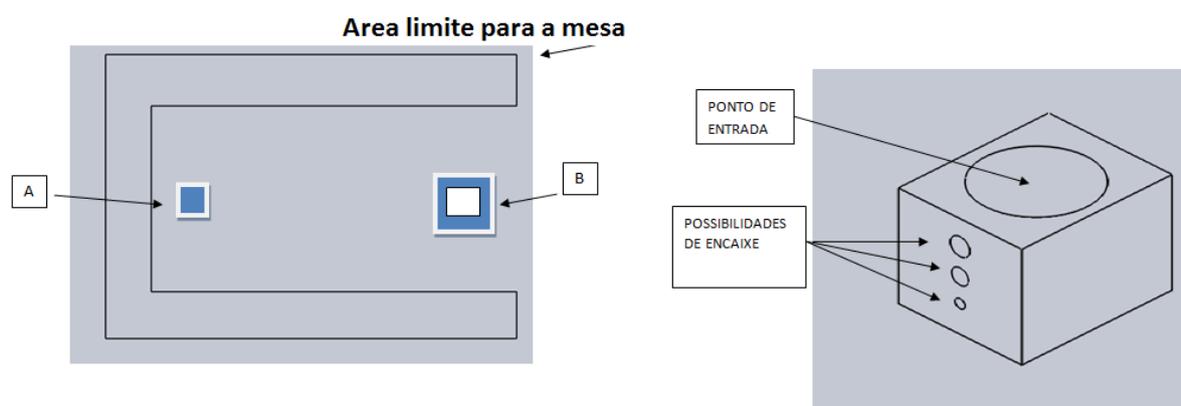


Figura 3 - Vista da Arena e da peça a ser transportada

No ponto B existe uma caixa onde a peça do ponto A deverá ser colocada, desta forma surge a necessidade de elevar a peça para colocá-la nesta caixa, motivo pelo qual o aluno deverá projetar a mesa com dois graus de liberdade X e Z.

A garra deverá ser mecânica sem acionamento elétrico. A equipe deverá pesquisar, projetar, usinar e montar uma garra que seja capaz de capturar a peça em menor tempo e colocá-la na caixa com perfeição.

Na disciplina de Desenho Técnico o aluno aprende a ter uma visão tridimensional e elabora os primeiros croquis do projeto da Mesa, da fixação dos motores e da garra.

Os motores devem ser de corrente contínua e o acionamento e controle de direção realizado por uma ponte HH com chaves manuais, sendo que a alimentação é feita através de baterias. Na disciplina de Eletricidade Aplicada o aluno aprende a dimensionar a bateria e o princípio de funcionamento da Ponte HH com Chaves Manuais, conforme apresentado na Figura 4. Na disciplina de Engenharia e Tecnologia o aluno é instruído sobre o princípio de funcionamento dos motores CC e recebe orientação para elaboração do trabalho de iniciação científica.

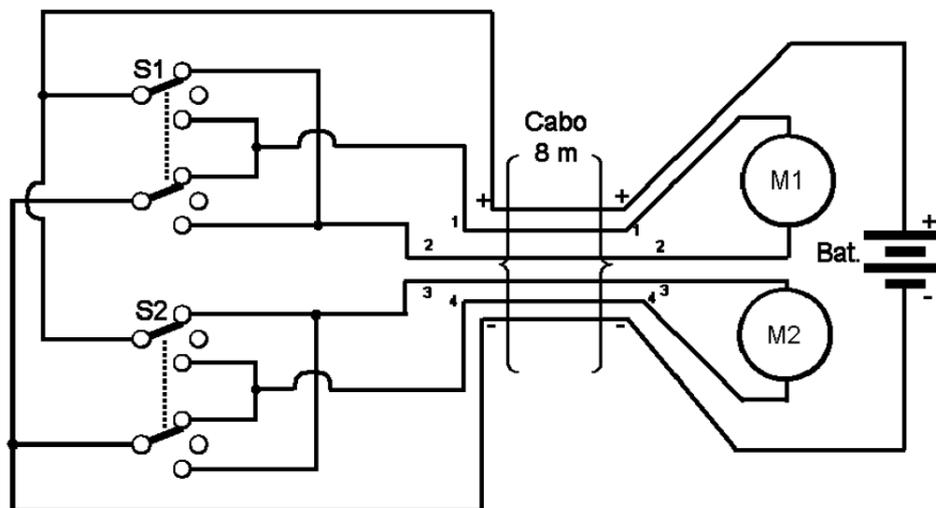


Figura 4 – Circuito da Ponte H com Chaves Manuais

A estrutura da mesa deve ser construída com perfil HYSPEX REF 74300, a escolha deste perfil levou em conta a facilidade de usinagem e fixação dos elementos do projeto. O sistema de transmissão deve ser por correia e polia, as partes móveis devem deslizar em mancais de deslizamento. Nas aulas de projeto o aluno aprende as noções básicas de usinagem e utilização do arco de serra, lima, torno e fresa.

Nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Mecânica Básica os alunos desenvolvem os cálculos de rotação, potência e reações de apoio, necessários para o dimensionamento dos motores, para a estrutura da mesa, e para as demais considerações que devem ser analisadas na escolha do tipo de correia e polia (SARKIS, 2005).

Na Figura 5 é apresentada uma das mesas desenvolvidas pelas equipes. Observa-se que a garra desenvolvida pela equipe deste projeto utiliza acionamento pneumático.

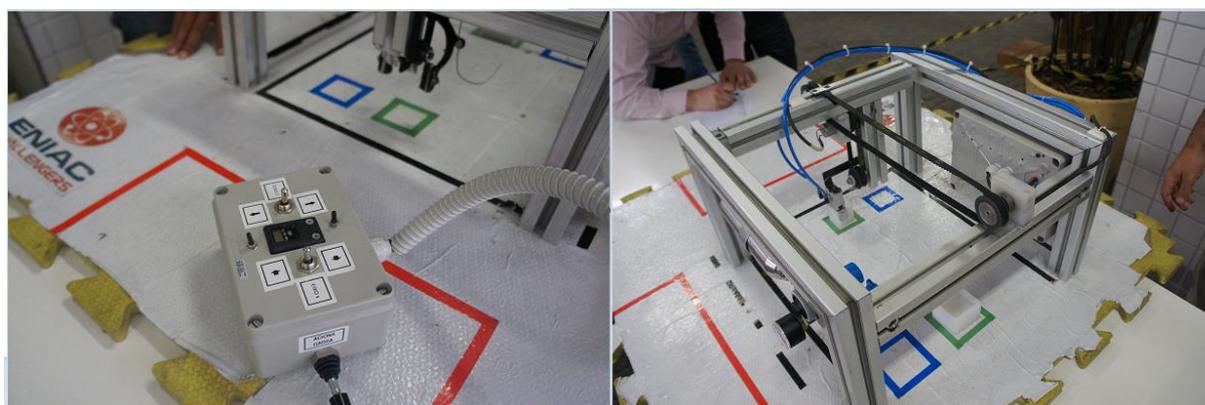


Figura 5 – Projeto Mesa de Coordenadas do Módulo Mecatrônica

3.2 Projeto do Módulo Instrumentação Industrial

O objetivo do projeto do módulo Instrumentação industrial é ampliar o projeto da mesa de coordenadas passando de dois para três graus de liberdade. Na figura 2 é possível observar que

existem áreas demarcadas para o posicionamento da peça a ser transportada e da caixa em verde (alinhadas na coordenada X) e azul (deslocada em Y). A partir deste módulo o desafio aumenta e as equipes devem projetar a mesa com a terceira coordenada no eixo Y.

Além disso, deve-se implementar o projeto introduzindo sensores “fim de curso” ópticos nos três eixos, assunto que é apresentado na disciplina de Instrumentação Industrial. A ponte H passa a ser transistorizada (aplicação da disciplina Eletrônica Analógica) e serem desenvolvidos cálculos para dimensionamento e polarização dos transistores.

O sistema de transmissão deve utilizar fuso (aplicação da disciplina Elementos de Máquina) e o dimensionamento do sistema de transmissão é obrigatório (SARKIS, 2005). A Figura 6 apresenta um projeto desenvolvido neste módulo, com destaque para o sistema de transmissão por fuso.

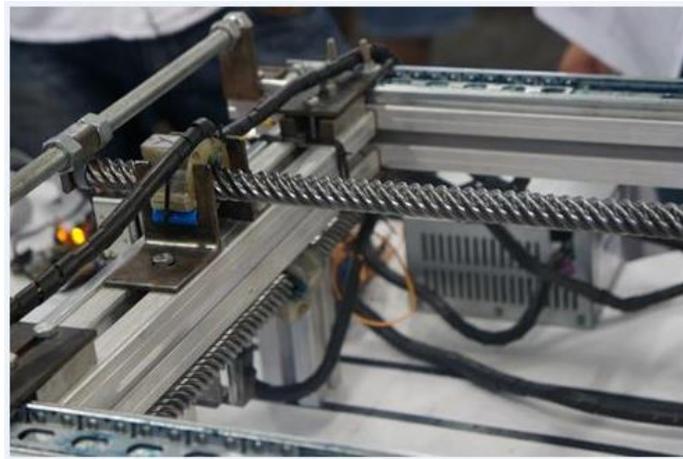


Figura 6 - Projeto Mesa de Coordenadas do Módulo Instrumentação Industrial

3.3 Projeto do Módulo Instalação Industrial

O desafio aumenta conforme o aluno vai adquirindo maiores competências e habilidades, neste módulo o aluno deve implementar mancais de rolamento, para auxiliar na movimentação de cada eixo que passará a ser movimentado por motores de passo substituindo os motores CC dos módulos anteriores.

Deste módulo em diante, a equipe deverá implementar um motor elétrico na garra, que poderá ser aproveitado de um dos motores dos eixos que foram substituídos por motores de passo.

Para controlar os motores de passo necessita-se projetar e montar um drive transistorizado para motores de passo unipolar, que serão controlados por porta paralela de computador, assunto que é discutido nas aulas de Acionamentos Eletrônicos.

O aluno inicia o desenvolvimento de algoritmos programação, aprendendo a fazer um fluxograma, que será transformado em programa. O objetivo final deste módulo é que ao acionar um único botão *start*, a mesa realize a movimentação dos três eixos e da garra em modo automático.

A Figura 7 apresenta uma mesa projetada por uma equipe do módulo Eletrônica Industrial.

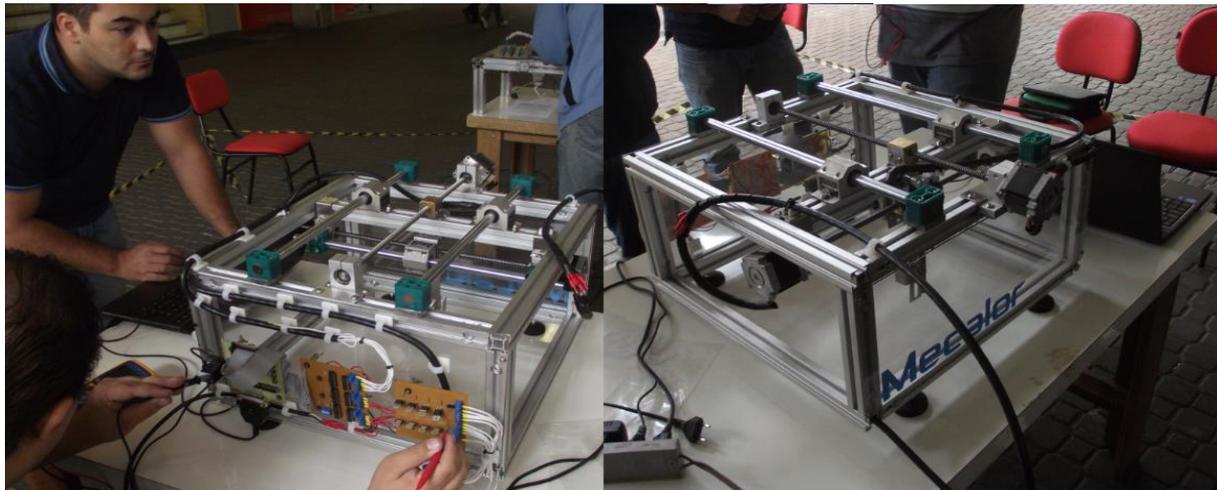


Figura 7 - Projeto Mesa de Coordenadas do Módulo Instalação Industrial

3.4 Projeto do Módulo Controle de Processos

Neste módulo a equipe deve desenvolver uma placa microcontrolada utilizando um microcontrolador PIC 16F877A para controlar e armazenar a programação dos movimentos das três coordenadas da mesa. A programação deve utilizar Linguagem C ou PIC Basic (aplicação da disciplina Microcontroladores). A comunicação serial da placa microcontrolada com o computador utiliza o padrão RS 232 ou USB.

Na disciplina de Processos Industriais a equipe é orientada a melhorar o projeto mecânico da mesa com o intuito de melhorar os tempos de movimentação de cada eixo e aplicar a mesa a uma processo industrial real, como por exemplo: ponte rolante ou robô *Gantry* para movimentação de peças num célula de manufatura.

Os sinais enviados pelos sensores e enviados para os motores, são também utilizados por um CLP – Controlador Lógico Programável que supervisiona toda a movimentação da mesa e se comunica com uma IHM – Interface Homem Máquina.

Na figura 8 é apresentado um projeto desenvolvido por um grupo deste módulo. Observe em destaque a placa microcontrolada acoplada à estrutura da mesa.

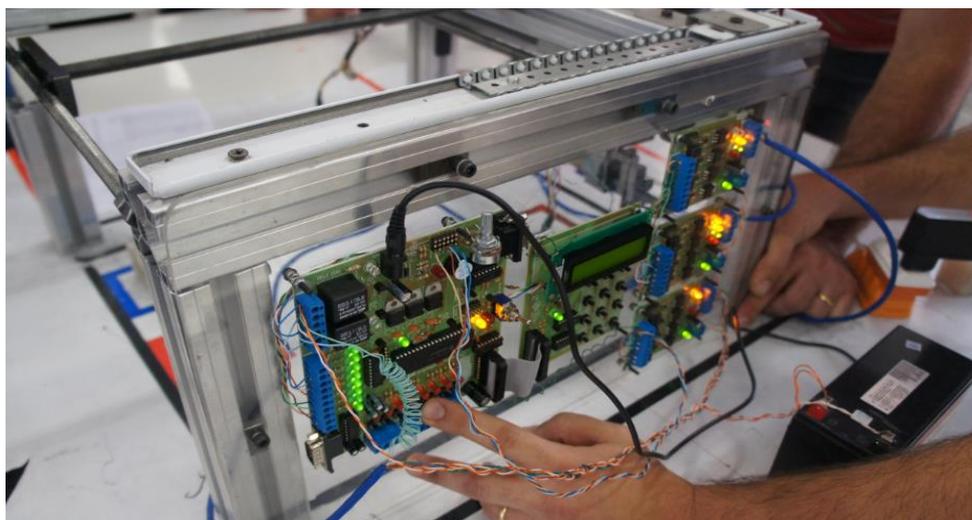


Figura 8 - Projeto Mesa de Coordenadas do Módulo Controle de Processos

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em pesquisa realizada pela CPA (Comissão própria de avaliação) da Faculdade Eniac em abril de 2013, cerca de 80% dos alunos consideraram que o Projeto integrador contribuiu de forma muito boa ou boa para o seu aprendizado e formação profissional. Os demais dividem-se em 14% regular e 6% fraca.

Outro dado interessante é que após a introdução da metodologia apresentada, o índice da questão da pesquisa relativo a integração dos conteúdos das disciplinas do módulo subiu de 75% em 2010 para 84% em 2013

Os custos de material estimados envolvidos no projeto da mesa em cada fase variam entre R\$ 160,00 na 1ª etapa a R\$250,00 na 4ª etapa, considerando que diversas peças e a estrutura mecânica é reaproveitada. Entre a 1ª fase e a 2ª fase aproveitam-se os motores e a estrutura mecânica, sendo que o único custo é o do sistema eletrônico. A partir da 3ª fase os motores devem ser trocados por motores de passo, sendo adicionados os *drivers*. O custo da 4ª fase deve-se a montagem da placa microcontrolada, já que o sistema mecânico e acionamento são mantidos da 3ª fase. A Figura 9 resume a evolução das quatro fases do Projeto integrador apresentado neste artigo. Ressalta-se que, para o perfeito desenvolvimento da metodologia é necessário que o projeto em cada fase seja aprovada pela banca examinadora composta por professores do módulo. Percebe-se claramente que os alunos evoluem de forma significativa a cada novo projeto. Além dos resultados práticos, nota-se uma diferença abrupta, entre o primeiro e o último módulo, na forma de expressar os conceitos absorvidos ao longo da execução do projeto.

A eficiência constatada da metodologia apresentada neste artigo, levou a sua aplicação em outros cursos superiores da Faculdade Eniac, tais como Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Engenharia de Controle e Automação, e Engenharia de Produção.

O método de acompanhamento e avaliação das equipes não foi apresentado neste trabalho, porém contribuiu de maneira significativa para o seu sucesso, e será alvo de um artigo futuro.

A Figura 9 resume a evolução das quatro fases do Projeto integrador apresentado neste artigo. Ressalta-se que, para o perfeito desenvolvimento da metodologia é necessário que o projeto em cada fase seja aprovada pela banca examinadora composta por professores do

módulo. Percebe-se claramente que os alunos evoluem de forma significativa a cada novo projeto. Além dos resultados práticos, nota-se uma diferença abrupta, entre o primeiro e o último módulo, na forma de expressar os conceitos absorvidos ao longo da execução do projeto.

A eficiência constatada da metodologia apresentada neste artigo, levou a sua aplicação em outros cursos superiores da Faculdade Eniac, tais como Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Engenharia de Controle e Automação, e Engenharia de Produção.

O método de acompanhamento e avaliação das equipes não foi apresentado neste trabalho, porém contribui de maneira significativa para o seu sucesso, e será alvo de um artigo futuro.

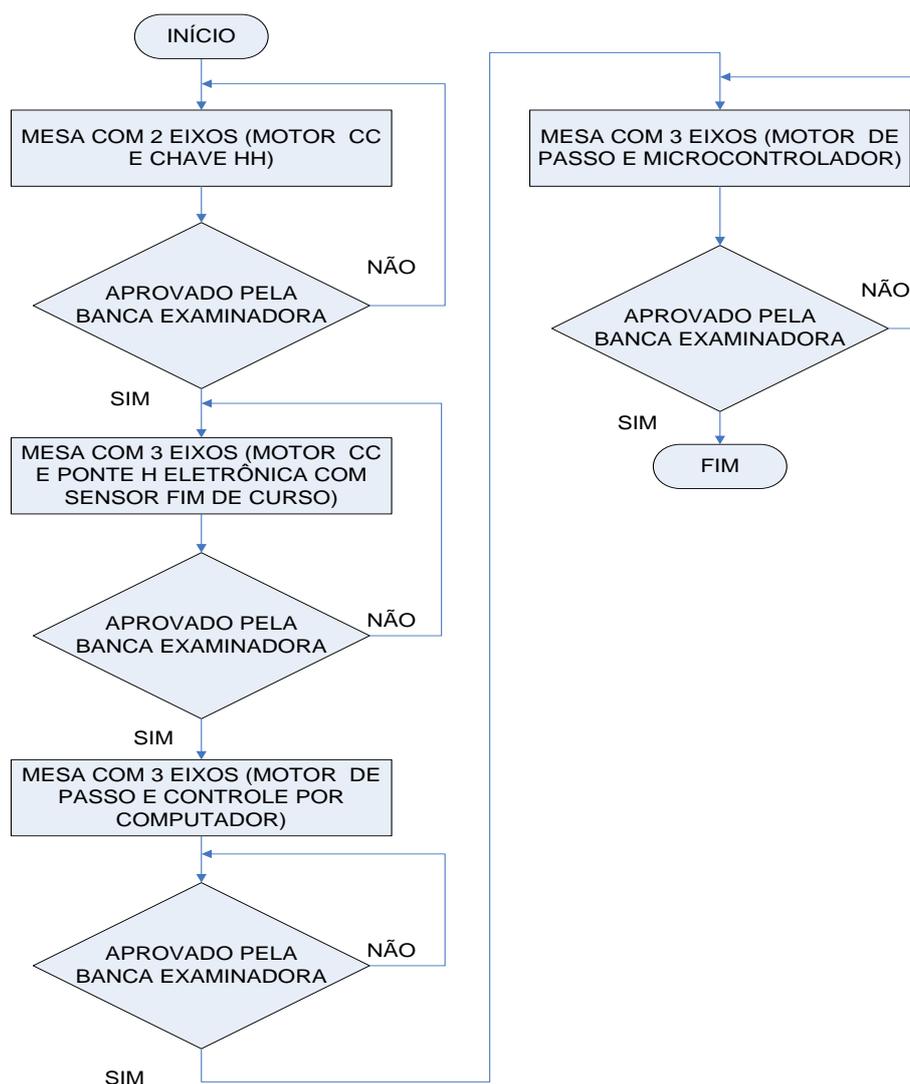


Figura 9 – Sequência dos projetos integradores da mesa de coordenadas durante os módulos do curso de Engenharia Mecatrônica

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ADAMOWSKI, J. C., FURUKAWA, C. M. Mecatrônica, uma abordagem voltada à automação industrial. Revista Mecatrônica Atual, número 1, outubro-novembro 2001, pp 8-11.

ALBUQUERQUE, M. C. & SIMAS FILHO, E. F. Experiência interdisciplinar no ensino de engenharia mecatrônica. Anais: XXXV – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Curitiba: PR, 20007.

DESCHAMPS, Ana Cristina Firmino et all. As disciplinas de Projetos multidisciplinares no curso de Engenharia Elétrica. Anais: XLI – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Blumenau: RS, 2011.

FAZENDA, Ivani C. Arantes. Interdisciplinaridade: um projeto em parceria. São Paulo: Loyola, 1993.

LENGERKE, O., DUTRA, M.S. Mechatronics Education – Synergistic integration of new paradigm for engineering education. Anais: XVI Conem– Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Campina Grande: PB, 2010.

NOGUEIRA, N. R. Interdisciplinaridade Aplicada. Ed. Érica, São Paulo, 1998.

NOGUEIRA, N. R. Pedagogia dos Projetos, uma jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das múltiplas inteligências. Ed. Érica, São Paulo, 2001.

PRADO, Fernando L. Metodologia de Projetos. São Paulo: Saraiva, 2011. 240p.

SARKIS, Melconian. Elementos de Máquinas; São Paulo: Érica, 7ª ed, 2005.

METHODOLOGY OF EVOLUTIONARY INTEGRATOR PROJECTS TO THE COURSE OF MECHATRONICS ENGINEERING

Abstract: *This works presents the methodology used in the course of Mechatronics Engineering of Faculdade Eniac, to the development of Integrator Projects of the professional modules. The integrator project aims to apply and integrate the concepts shown in the disciplines of each module, showing the student in a multidisciplinary and evolutive way in the same application, the advantages of using techniques and more sophisticated equipment. The project starts on a first phase with the use of basic concepts of mechanics and electricity, evolving until a fourth phase with the application of a microcontroller. The reuse of materials among the different phases of the projects is the differential that allows maximizing the cost-benefit relation. The detailing of procedures applied during the implementation are shown in the article. The excellent results obtained by the students are demonstrated by the increase of learning performance.*

Keywords: *Interdisciplinarity, Engineering, Mechatronics, Methodology, Teaching, Projectct*