

METODOLOGIAS DE ENSINO EM ROBÓTICA INDUSTRIAL E PROPOSTA DE APRENDIZAGEM VIVENCIAL

José Antonio Dias de Carvalho; Roberto Grechi²

CETEC - ETEP Faculdades
Av. Barão do Rio Branco, n. 882, J. Esplanada
12242-800 – São José dos Campos – SP
¹jose.carvalho@etep.edu.br
²roberto.grechi@etep.edu.br

***Resumo:** Diversas instituições de ensino superior vêm descobrindo nos últimos anos através da utilização de kits didáticos de robótica, um enorme potencial para implementação de desafios motivadores aos alunos do ciclo básico de cursos de Engenharia. As diretrizes curriculares dos cursos de Engenharia explicitam a necessidade que os currículos devam dar condições aos egressos de adquirir um perfil profissional que englobe competências e habilidades para conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; identificar, formular e resolver problemas de engenharia; atuar em equipes multidisciplinares. Além disso, o profissional que atua no campo da Robótica Industrial deve apresentar competências específicas que o habilitem ao sucesso neste ramo. Este artigo discute e compara as metodologias disponíveis para o ensino de robótica industrial focando no atendimento destas competências. Como exemplo prático é apresentado um método de aprendizagem utilizando um sistema didático de baixo custo para aulas práticas de Robótica Industrial do ciclo avançado. São discutidos também os resultados alcançados na formação profissional dos estudantes de Engenharia.*

***Palavras-chave:** Robótica Industrial, Metodologia de Ensino, Aprendizagem vivencial.*

1. INTRODUÇÃO

Uma dificuldade operacional nos cursos de Engenharia Mecânica, Elétrica e Mecatrônica é o oferecimento de aulas práticas nas disciplinas relacionadas ao aprendizado de Robótica Industrial. O alto custo dos equipamentos e sistemas de simulação de processos industriais automatizados, incluindo robôs manipuladores e células flexíveis de manufatura, adaptadas aos ambientes didáticos dos laboratórios, é um fator impeditivo para utilização na maioria das escolas de Engenharia do Brasil.

A oferta de *kits* didáticos de robótica no mercado proporciona condições para a montagem de sistemas e experimentos que desenvolvam as competências básicas e forneçam as bases tecnológicas necessárias ao aprendizado da Robótica em geral. Normalmente estas ferramentas são utilizadas no ensino fundamental, médio e técnico para introdução aos conceitos de Mecânica, incluindo assuntos relacionados a sistemas de transmissão e movimento, equilíbrio, cinemática, energia, sensores e lógica de programação.

Em ZILLI (2004), é apresentado um estudo detalhado analisando o uso da Robótica Educacional como recurso pedagógico, apontando as diversas formas como essa tecnologia é utilizada nas escolas e avaliando as perspectivas em relação ao processo cognitivo. O trabalho compara os produtos comercialmente disponíveis, tais como os *kits* Lego *MindStorms*®,

Super Robby®, *Cyberbox*®, *DWS Robotics*®, *Robokit*®, e os respectivos suportes computacionais: *Robolab*®, *Logo*®, *Megalogo*®, *LogoWriter*®, entre outros.

Diversas instituições de ensino superior vêm descobrindo nos últimos anos através deste material, um enorme potencial para implementação de desafios motivadores aos alunos do ciclo básico de cursos de Engenharia.

Em VIANNA (2007) é apresentado como a PUC-RJ desenvolve uma competição cooperativa de robôs telecontrolados entre os alunos do primeiro ano do curso de Engenharia, visando a motivação na disciplina “Introdução a Engenharia”. Os robôs são construídos usando a plataforma básica do kit Vex, composto de engrenagens, motores com caixa de redução, sensores e um controlador dedicado, além de perfis metálicos e elementos de fixação. Esta experiência incentiva a criatividade dos alunos e prepara uma série de competências fundamentais para a formação do engenheiro.

Outro exemplo interessante é mostrado em CO e CO (2007). Os estudantes de Engenharia Elétrica dos ciclos intermediários são motivados a participar de um desafio de robôs construídos a partir da plataforma *Gogo* ®. Este recurso foi idealizado e desenvolvido pelo grupo *Future of Learning* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) para aplicação em projetos educacionais por meio de um hardware composto por dispositivos eletrônicos de código aberto, sendo basicamente constituído por portas de entrada e saída capazes de monitorar sensores e alimentar circuitos atuadores de pequena potência. Além disso, por meio de uma porta serial de um PC, mantém comunicação com um programa monitor, no qual as rotinas que o sistema deve executar de modo autônomo são transferidas.

Os resultados alcançados, segundo os autores, comprovam a eficiência deste tipo de atividade lúdica e interdisciplinar, como a utilização de conhecimentos adquiridos nas disciplinas curriculares, o desenvolvimento de competências atitudinais, o reforço da importância do trabalho em equipe e principalmente a visualização da interdisciplinaridade.

Embora a grande maioria dos casos de aplicações encontradas no ensino de Engenharia seja relacionada somente à utilização da robótica móvel, estas se constituem em experiências inovadoras e atraentes, tornando-se uma aplicação fascinante aos jovens.

A facilidade que a robótica móvel proporciona na exploração de conceitos matemáticos, projeto em equipe, ambientes de *software*, dispositivos eletrônicos, sensores, motores elétricos, conversão de sinais analógico-digitais e digital-analógicos, projeto de *hardware*, microprocessadores, inteligência artificial, metodologias de controle avançado, entre outras, de forma, muitas vezes, lúdica, a torna um catalisador eficiente e motivador para a aquisição de novos conhecimentos.

Como apresentado em PAVÃO e PINHEIRO (2007), o que se observa, em muitas das disciplinas com aulas práticas de cursos de Engenharia, é a aplicação de metodologias baseadas numa estruturação extremamente linear, onde o aluno tem participação passiva no processo. Desta forma, os resultados não são motivadores, pois o aluno apenas verifica determinada lei física ou expressão teórica de um sistema, sem apegar-se à aplicação prática e contextualização.

Conforme o estudante de engenharia avança no curso, observa-se que as competências profissionais tendem a predominar e tornarem-se mais importantes, sobrepondo-se àquelas desenvolvidas na formação básica. Este efeito é natural, devido ao aumento na quantidade de disciplinas específicas da formação, e ao amadurecimento técnico do aluno.

Segundo SIMÕES E RICHETTI (2003), é comum encontrar neste período, particularmente ao final do ciclo básico, um corpo discente desmotivado. As principais razões apontadas estão ligadas a questões como: priorização do ensino das técnicas em detrimento do exercício da criatividade; ensino básico em descompasso com o cotidiano do engenheiro; as ferramentas e soluções são estudadas sem que os problemas sejam detectados. Como se sabe, porém, o grande problema, é a segmentação do ensino nas várias disciplinas, o que leva a uma

discordância com o objetivo principal que é a formação do engenheiro capaz de enfrentar problemas do mundo real.

Conforme mostrado anteriormente, um das estratégias mais eficientes para o aumento da motivação tem sido o incentivo à participação em competições, principalmente aquelas atividades envolvendo a robótica móvel.

A partir de determinado momento na formação do engenheiro, algumas habilidades necessitam ser reforçadas. As Diretrizes Curriculares dos cursos de Engenharia, MEC (2002), explicitam a necessidade que os currículos devam dar condições aos egressos de adquirir um perfil profissional que englobe competências e habilidades para: *i)* conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos, *ii)* identificar, formular e resolver problemas de engenharia; *iii)* atuar em equipes multidisciplinares, dentre outras.

O desenvolvimento destas competências necessita ser encarada pelo corpo docente das disciplinas profissionalizantes como um desafio inerente à função de educador. Observa-se que alguns professores do ensino superior de engenharia praticam somente o dever de ministrar o conteúdo e aplicar suas avaliações, sem atermem-se a esta responsabilidade. Muitas são as razões pelas quais isto acontece no ensino de engenharia no Brasil. Sem entrar no mérito da questão, pois uma discussão aprofundada deste assunto foge ao escopo do artigo, pode-se citar o aspecto financeiro das instituições de ensino, pois para a realização de algumas das ações propostas, são necessários investimentos em infra-estrutura, mão de obra e treinamento.

O presente artigo encontra-se organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve as competências técnicas necessárias para o profissional que pretende atuar no mercado de Robótica Industrial. Desta forma, é construída a base de pré-requisitos para a formação do engenheiro nesta área. A seção 3 aborda de forma pragmática como a Robótica pode auxiliar na formação geral do engenheiro, incluindo o desafio da interdisciplinaridade. As opções tecnológicas para o ensino de robótica serão apresentadas e discutidas. Finalmente na seção 4 serão descritas as ferramentas educacionais e a metodologia para aulas práticas utilizada na disciplina de Robótica Industrial e os resultados alcançados são apresentados.

2. COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS EM ROBÓTICA INDUSTRIAL

O profissional engenheiro, que atua em processos de automação industrial com robôs industriais deve ser provido de algumas características peculiares. A estas características obtidas inicialmente durante a sua formação acadêmica, e posteriormente completada com anos de experiência no campo, denominamos de competências profissionais. Neste caso podemos identificar algumas principais:

- a) Analisar os processos de produção automatizados que necessitam de modernização, atualização ou melhoria de rendimento através da utilização de robôs.
- b) Identificar e apontar falhas ou situações de baixo desempenho dos processos.
- c) Propor melhorias nos sistemas de automação.
- d) Participar das equipes de planejamento e desenvolvimento de projetos de automatização.
- e) Participar das equipes de especificação de equipamentos, materiais e da infra-estrutura necessária para implantação de um projeto de robotização.
- f) Pesquisar soluções de sistemas integradas no mercado, mantendo-se permanentemente atualizado com as tendências.
- g) Pesquisar fornecedores de sistemas.
- h) Levantar custos do projeto e analisar fatores de custo x desempenho.
- i) Trabalhar em equipe redigindo propostas de projeto, utilizando-se das ferramentas computacionais disponíveis.

- j) Apresentar às gerências os projetos de soluções ou melhoria dos processos produtivos.
- k) Realizar adequações nos projetos quando solicitado.
- l) Acompanhar e auxiliar no processo de aquisição dos equipamentos.
- m) Realizar ou acompanhar o recebimento de equipamentos, máquinas e conferência de acordo com as especificações.
- n) Participar de treinamentos para instalação, operação e manutenção dos sistemas.
- o) Realizar teste e ensaios de funcionamento de novos equipamentos.
- p) Implantar e acompanhar a instalação da infra-estrutura necessária ao funcionamento dos sistemas robóticos.
- q) Implantar e acompanhar a montagem e instalação dos sistemas robóticos.
- r) Realizar e acompanhar o *start-up* dos sistemas e equipamentos.
- s) Multiplicar o treinamento recebido para operários qualificados.
- t) Acompanhar a operação dos sistemas, participando da garantia da qualidade dos produtos.
- u) Supervisionar equipes de operação e manutenção.

De acordo com PIRES (2003), a utilização de robôs em ambiente industrial não é, ao contrário do que muita gente pensa, um assunto resolvido ou uma mera questão de integração, mas coloca desafios muito interessantes que constituem uma vasta área de investigação e desenvolvimento.

Um enorme desafio é o da agilidade, ou seja, tirar partido de forma eficiente, da flexibilidade inerente aos equipamentos modernos de automação industrial. Isto não é uma tarefa fácil, pois exige que se explorem os vários equipamentos à disposição, distribuindo tarefas e coordenando seu desempenho.

Voltando ao ambiente acadêmico, normalmente a disciplina de Robótica Industrial básica, tem uma ementa “engessada” que com poucas modificações, pode ser resumida nos seguintes tópicos: Introdução à robótica industrial: classificação de robôs; Robôs Manipuladores: características construtivas e funcionais, tipos de juntas, graus de liberdade, espaço de trabalho; Seleção de robôs em função da aplicação; Especificações de robôs industriais; Principais tipos de sensores e atuadores utilizados em robótica; Efetadores: tipos e características; Programação de robôs.

Adicionalmente, um curso avançado também poderia incluir os aspectos relacionados ao controle de manipuladores: Descrição de posição e orientação e transformações no espaço tridimensional; Cinemática direta de manipuladores; Cinemática inversa de Manipuladores; Introdução a Dinâmica de Manipuladores; Modelo global e simulação de um sistema robótico; Planejamento e geração de Trajetórias; Controle de movimento de manipuladores.

Como a grande maioria dos engenheiros formados no ensino privado que seguem para área de Automação Industrial, e particularmente em robótica, irá atuar somente na implantação dos sistemas robóticos nas linhas de produção, o foco maior na formação deveria estar concentrado no curso básico, deixando os tópicos relacionados à análise cinemática e dinâmica dos sistemas robóticos para os estudantes que normalmente seguem a carreira acadêmica. Normalmente esses assuntos são apresentados como disciplinas optativas ou de pós-graduação.

A forma mais eficiente para que os conceitos básicos de Robótica sejam adquiridos pelos estudantes é através de atividades práticas. Diversas opções de metodologias serão apresentadas na próxima seção, porém aquela que mais se aproxima das necessidades que auxiliam o estudante de engenharia a adquirir as competências profissionais citadas anteriormente é a proposta construtivista, baseada no método “*self-made*”.

3. A ROBÓTICA NO ENSINO DE ENGENHARIA

De acordo com WEINBERG (2001), a robótica fornece uma visão integrada de um sistema completo de engenharia, ilustrando a conexão entre componentes mecânicos, elétricos e de computação. Devido a sua natureza interdisciplinar, o estudo de robótica em sala de aula pode ser uma ferramenta valiosa para a prática e aplicações dos conceitos vistos nos tópicos de ciências básicas (física e matemática) e de engenharia. Além disso, fornece um meio para que estudantes experimentem esta integração e analisem a interação entre os vários tipos de sistemas.

A questão maior é que robôs industriais reais apresentam um custo proibitivo para os orçamentos modestos de instituições menores de ensino. Porém, com o advento de sistemas robóticos educacionais mais baratos, estas plataformas tem-se tornado mais acessíveis às escolas.

As metodologias atualmente utilizadas no ensino de robótica industrial nos cursos de engenharia podem ser classificadas em:

- Simuladores
- Robôs construídos pelos estudantes (“*self-made*”)
- Robôs reais
- Robôs *on-line*

A “Tabela 1” resume a comparação entre os métodos, destacando as vantagens e desvantagens de cada um.

Naturalmente na escolha do método também deve ser levado em conta, qual se adapta melhor aos pré-requisitos dos estudantes e aos objetivos do curso.

Tabela 1.Comparação entre as metodologias para o ensino prático de Robótica Industrial.

METODOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Simuladores	Alternativa mais barata em relação aos robôs reais. Permite testar novos algoritmos de controle.	Visualização em 2D de ambiente 3D prejudica a realimentação visual. Simuladores com recursos avançados podem tornar-se economicamente inviáveis.
Robôs construídos pelos estudantes (“ <i>self-made</i> ”)	Boa solução para objetivos educacionais. Solução com melhor relação custo x benefício. Permite re-utilização de peças e flexibilidade.	Não fornece visão do ambiente industrial completo. Não permite treinamento em programação com linguagens reais de indústria.
Robôs reais	Permite treinamento em programação com feedback visual em tempo real. Permite simulação de ambiente industrial real	Solução mais cara. Não permite projetos flexíveis.
Robôs <i>on-line</i>	Solução econômica e mais realística que simuladores. Compartilhamento de recursos didáticos através da Internet facilita o aprendizado.	Possíveis atrasos na resposta. Permite somente treinamento em programação. Necessita agendamento de horário.

Se o objetivo é fornecer ao estudante a contextualização dos conceitos relacionados a construção do robô, envolvendo as parte mecânicas, graus de liberdade, acionamentos, especificação, desenvolvimento de uma aplicação em função de uma tarefa específica,

definição de tipos de sensores e as respectivas interações com o software, recomenda-se a metodologia utilizando os kits existentes no mercado (“*self-made*”) e comentados na seção 1.

Para outro nível, onde o foco é o desenvolvimento do programa de controle, partindo de um determinado tipo de manipulador industrial disponível, as outras metodologias seriam indicadas. Sugere-se que neste caso, os estudantes tenham adquiridos os pré-requisitos relacionados à construção e projeto mecânico, elementos eletro-eletrônicos, sensores e atuadores em outras disciplinas do curso.

Especificamente, o objetivo do autor é utilizar uma ferramenta educacional de robótica que possa aliar a aplicação da metodologia “*self-made*”, mas que ao mesmo tempo, introduza os conceitos de robótica aplicando a um caso real de implantação de um sistema de automação na indústria.

A utilização de simuladores, robôs reais ou acesso a robôs *on-line*, segundo CASALS e ARANDA (2002), podem trazer algumas restrições, como a falta de flexibilidade para utilização em projetos reais de implantação em sistemas de automação. Porém para treinamentos específicos, como aqueles relacionadas a programação e operação de robôs industriais, tais soluções são muito eficientes.

Tem-se observado que na maioria dos cursos de Engenharia que possuem a disciplina de Robótica Industrial no currículo, dá-se grande ênfase nos assuntos relacionados à teoria envolvendo a Cinemática de manipuladores. Deve-se enfatizar que não há objeção a isso, porém ao analisarmos as competências dos profissionais da área, apresentadas na seção 2, nota-se que estes conhecimentos serão raramente utilizados no dia a dia da indústria e, portanto são de pouca valia na prática cotidiana.

Um caso típico vivenciado pelo autor, é o de uma grande indústria que produz rodas para veículos de passeio e caminhões localizados no município de Guarulhos, São Paulo. A linha de produção está passando por uma mudança radical com a necessidade urgente de implantação de robôs manipuladores em diversos processos. Os robôs foram recebidos da matriz no exterior e um dos maiores problemas é a falta de mão de obra especializada para auxiliar na implantação dos mesmos, passando pelas fases de especificação da infra-estrutura necessária até a definição dos tipos de órgãos terminais a serem adaptados, e posteriormente a programação. Neste caso, há um outro desafio: os robôs foram desativados em fábricas no exterior e devem obrigatoriamente ser instalados nesta unidade fabril, ou seja, não foram adquiridos em função da necessidade específica.

A questão é: Como formar engenheiros que possam efetivamente colaborar na solução deste tipo de problema? A próxima seção aborda a metodologia empregada pelo autor na disciplina de Robótica Industrial, cuja característica é a de utilizar ferramentas educacionais de baixo custo para tentar auxiliar na solução desta questão.

4. METODOLOGIA PROPOSTA

4.1 Material utilizado

A metodologia utilizada na prática da disciplina é baseada no material disponível no *kit* “Vex Robotics Design System”, comercializado no Brasil pela empresa *Index Robotics*, ao custo aproximado de três mil reais (versão básica).

Conforme apresentado em INNOVATION ONE (2005), o sistema basicamente consiste de: peças estruturais; motores e engrenagens; conjunto opcional de tração: esteiras e correntes; Sensores: chave de limite, sensor de luz, chave de pressão, codificador de eixo, ultrassom; Microcontrolador com 16 entradas/saídas digitais, 16 entradas analógicas, 8 saídas PWM; Receptor de RF e Transmissor de rádio controle; Software de programação em ambiente easyC[®] ou compilador C Microchip MPLAB C18, com interface USB –serial RS232C.

- c) Somente após o término do empilhamento, o robô recebe a informação automaticamente para iniciar a tarefa (através de algum sensor);;
- d) As peças devem ser posicionadas sob uma prensa nas posições indicadas na planta;
- e) Após a colocação da terceira peça, o robô posiciona-se fora do raio de segurança de 50 mm da prensa.
- f) Depois de dez segundos, o robô retira as peças prensadas (supondo as mesmas dimensões) e posiciona as mesmas num *palete*, conforme as dimensões mostradas na planta”.

O objetivo do problema é simular a tarefa numa célula de manufatura, de forma bem simplificada e que possa ser montada em maquete para melhor visualização e estudo das questões relacionadas. Além disso, as dimensões propostas são compatíveis com as dimensões das peças estruturais do *kit*, ou seja, a solução robótica deverá operar dentro da maquete construída.

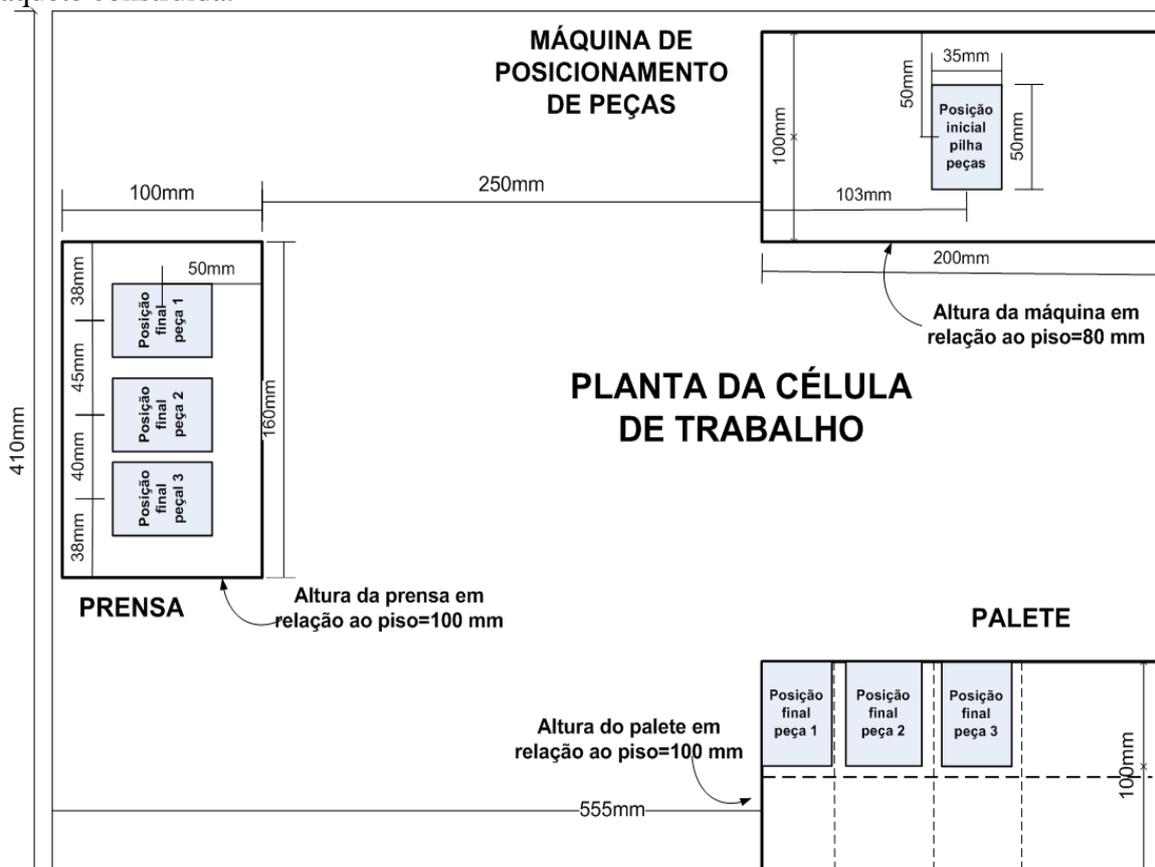


Figura 3. Planta da célula de trabalho, com as dimensões e posições das peças.

A princípio, a tarefa proposta pode ser desenvolvida sem maiores problemas. Porém, o diferencial neste caso é o desafio relativo aos requisitos definidos nas especificações do sistema: acuidade de ± 3 mm na colocação da peça na prensa; acuidade de ± 5 mm na colocação da peça no *palete*; tempo máximo de transferência das três peças da máquina de empilhamento para a prensa: 20 s; tempo máximo de transferência das três peças da prensa para o *palete*: 25 s; dimensões da peça: 50 mm x 30 mm x 10 mm; repetibilidade: ± 1 mm (após 10 repetições); peso aproximado da carga: 100 g.

4.3 Divisão de equipes e organização das tarefas

Os alunos são informados que, em função da tarefa proposta, devem-se organizar nos moldes de uma pequena empresa de consultoria. O professor executa o papel do gerente de

relações empresariais, o qual apresenta as informações do cliente que deseja automatizar o processo descrito na seção 4.2.

Após a apresentação do problema, a turma de aproximadamente vinte alunos divide-se em três equipes: “projeto mecânico”, “projeto do sistema de controle e sensoriamento” e “equipe de programação”. Dentro de cada equipe, há um elemento responsável pela interface entre as mesmas.

O período de execução do projeto é de seis semanas, com quatro horas aula semanais. Os estudantes devem neste prazo, organizarem-se em equipes, realizar o planejamento com apoio de um cronograma, analisar detalhadamente o enunciado do problema, descobrir os “gargalos”, propor soluções, discutir viabilidade, estudar o material disponível no kit, montar o protótipo, desenvolver o algoritmo do programa de controle do robô, testar as partes, realizar a integração dos sistemas e verificar se atende às especificações solicitadas.

O planejamento da integração entre as três equipes foi realizado pelos alunos responsáveis com a ajuda do professor, utilizando o programa MS Project para tal finalidade.

Ressalta-se que na fase inicial do projeto, podem-se utilizar os softwares de modelamento 3D Inventor® ou SolidWorks®, que disponibilizam bibliotecas com as peças estruturais, motores, engrenagens, etc.

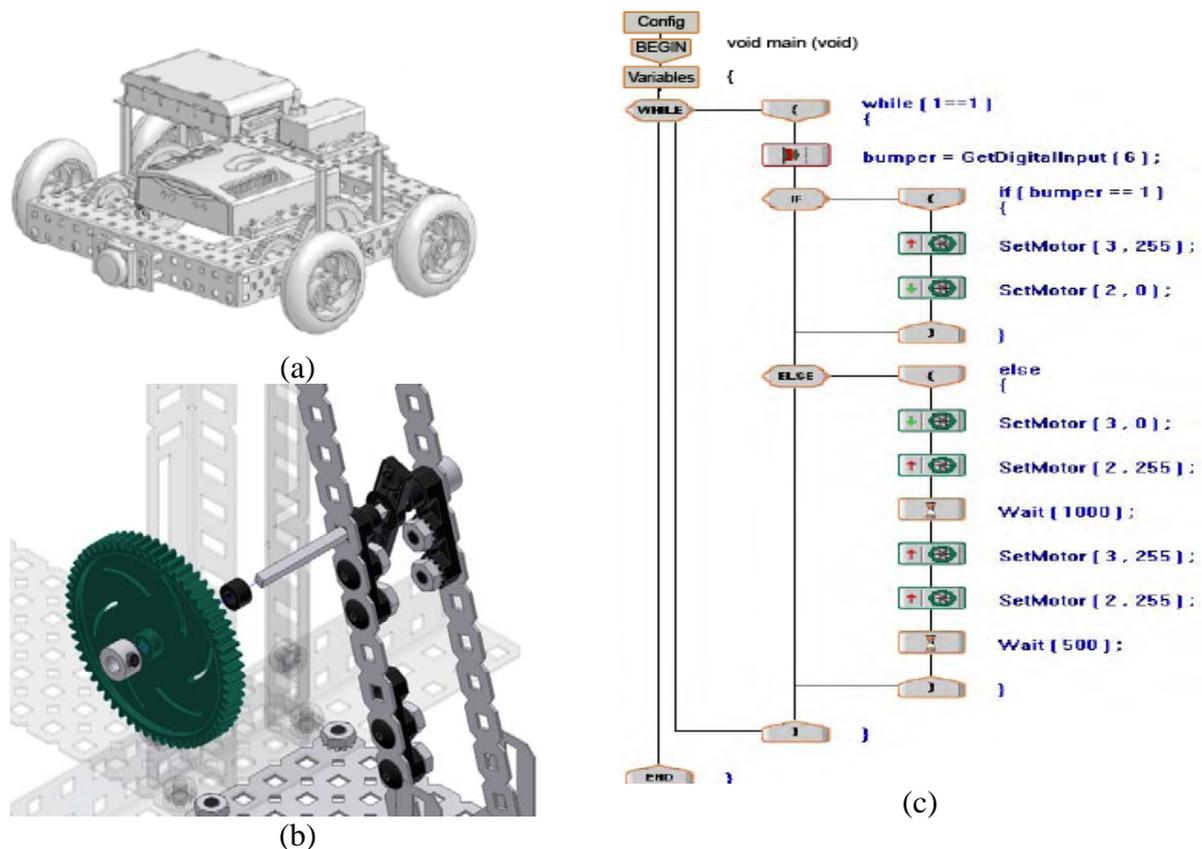


Figura 4. (a) Montagem do protótipo para testes das funcionalidades do kit ; (b) detalhe de desenho 3D usando software SolidWorks®; (c) programa exemplo em ambiente easyC® para controle autônomo do robô móvel

Antes dos alunos iniciarem o projeto, é necessária uma familiarização com os componentes do *kit*, e isto pode ser feito através da montagem de um robô autônomo na configuração proposta pelo manual do usuário do sistema.

Um robô móvel com quatro rodas é programado para locomover-se para frente até que um sensor tipo *bumper* (chave de pressão) seja acionado; então o robô realiza uma rápida

parada e desvia cerca de noventa graus para a direita. Na “Figura 4” é mostrado o protótipo básico para execução da tarefa e um exemplo do programa implementado no ambiente easyC®.

Desta forma, os estudantes adquirem os conhecimentos e as seguintes competências básicas: escolha do motor adequado, configuração da velocidade e sentido de rotação do motor, escolha do sensor adequado, utilização do sensor, utilização do ambiente de programação, desenvolvimento e teste de programas, estratégias de programação.

4.4 Desenvolvimento

Durante as duas primeiras semanas, as equipes organizam o cronograma de trabalho e fazem os primeiros contatos com o material do *kit*, montando e testando o protótipo mostrado na “Figura 4”.

Em seguida, os alunos transformam a tarefa solicitada no problema, num fluxograma com os passos necessários para a execução da mesma. À medida que o projeto caminha, o fluxograma é detalhado, até que em determinado nível, torna-se imprescindível especificar os comandos de cada comportamento (leitura de sensor, tempos de espera, acionamento de motores etc.).

Outro fator importante é a definição dos tipos de sensores e seu posicionamento no robô. O manipulador começa sua operação de agarramento das peças e movimentação a partir da colocação do terceiro objeto metálico. Portanto o sistema deve monitorar através de um sensor o instante exato do início do processo. As opções utilizando o sensor de ultra-som, óptico ou de pressão são analisadas, e optou-se pelo primeiro tipo devido a sua característica de precisão, tamanho e independência da iluminação externa.

Conforme os subsistemas mecânicos vão sendo projetados e montados, os alunos percebem que através das peças estruturais originais do *kit* não é possível a montagem de alguns elementos. Desta forma, autoriza-se o dobramento de alguns trilhos e barras, sem danificar os mesmos, de tal forma que possam ser reutilizados posteriormente.

Os estudantes apresentaram ao professor a necessidade da construção de uma maquete provisória relativa à planta mostrada na “Figura 3” para simular o ambiente de trabalho do robô, de tal forma que os testes reais possam ser realizados nas dimensões exatas.

À medida que os subsistemas mecânicos vão sendo testados quanto à sua funcionalidade, a equipe de eletrônica realiza a integração com os motores, sensores e respectivos cabeamentos.

Em seguida, a equipe de programação realiza os testes das rotinas de controle de cada subsistema individual. Como o robô normalmente apresenta de três a quatro subsistemas: base móvel ou fixa, e de dois a três graus de liberdade na forma de manipulador, com juntas lineares ou rotacionais, as equipes podem trabalhar em paralelo.

É claro que, em determinados momentos, ocorre a necessidade de interromper o trabalho das três equipes para uma revisão do planejamento do projeto, pois podem ocorrer alguns problemas de integração.

Alguns testes devem ser realizados nos servo motores para verificar se a precisão dos mesmos é suficiente para garantir a acuidade e repetibilidade das especificações. Os alunos notam que somente este estudo não basta, e partem para o dimensionamento detalhado dos mecanismos de transmissão de potência.

Um dos desafios mais interessantes é a definição e projeto do órgão terminal, visto que, devido ao objeto ser metálico, a equipe pode resolver utilizar uma garra com eletroímã. O acionamento do eletroímã pode ser montado como um circuito adicional ao kit Vex, e acionado por uma saída digital do Microcontrolador.

Na “Figura 5” ilustra-se uma equipe de estudantes trabalhando na montagem do projeto.

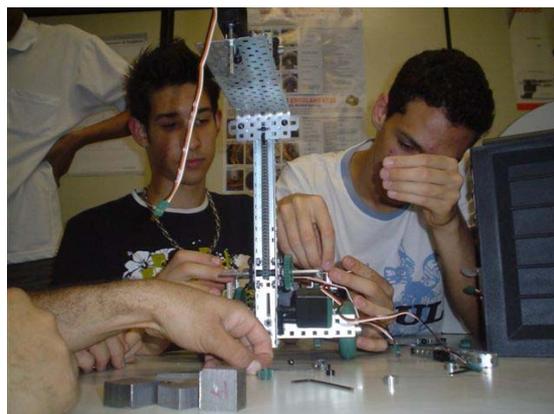


Figura 5. Equipe de alunos realizando a montagem do projeto.

4.5 Resultados e desenvolvimento futuro

Como esta metodologia foi aplicada pelo autor em 2007 no curso de Engenharia, os resultados esperados foram parcialmente atingidos. O robô foi montado dentro do prazo, executando todas as fases especificadas no processo, porém os valores mínimos de acuidade e repetibilidade não foram alcançados. Em relação aos tempos máximos de execução, ocorreram algumas não conformidades em determinados testes. As diferenças encontradas serão objetos de estudo em outras etapas do curso.

Os estudantes puderam notar a dificuldade em projetar um sistema atendendo não somente a seqüência de passos do processo, mas também considerando todas as especificações relacionadas aos robôs industriais, como as de precisão, velocidade, graus de liberdade, envelope de trabalho, além das restrições de dimensões e materiais. As questões práticas relacionadas ao funcionamento dos sensores e motores puderam ser estudadas em detalhes e aplicadas.

Um bom exemplo de que a metodologia apresentada tem alcançado excelentes resultados é a sua utilização em universidades renomadas, como *Carnegie Mellon University*, conforme apresentado em ROSENBLAT e CHOSSET (2000).

A possibilidade de implantar esta metodologia torna-se sedutora, na medida em que o custo é muito menor do que as outras ferramentas de aprendizado citadas na seção 3. Com as informações fornecidas pelo fornecedor nacional do equipamento, estima-se o valor de aproximadamente vinte mil reais para se montar um laboratório para vinte alunos, onde equipes de três a cinco integrantes possam desenvolver com tranqüilidade seus projetos.

Para uma fase posterior, serão realizadas algumas complementações na metodologia, tais como: introdução da modelagem cinemática, desenvolvimento de uma plataforma computacional que permita a programação em linguagens de robôs industriais, modelagem dos sensores e motores do kit Vex para conhecimento das suas características e melhor aproveitamento nos projetos, utilização dos componentes pneumáticos também disponíveis para o sistema Vex.

5. CONCLUSÃO

Após a conclusão da etapa de implantação da metodologia, algumas fases do processo deverão ser reavaliadas para que se obtenha um melhor aproveitamento no trabalho executado pelos alunos. Por exemplo: qual técnica é mais eficiente para obtenção de melhores resultados: as equipes de trabalho devem ser agrupadas em áreas distintas ou não? Percebe-se

que em determinadas etapas, integrantes de determinada equipe ficam ociosos esperando por resultados de outra equipe.

Foi aplicado aos alunos participantes um questionário para medir os resultados alcançados em função das expectativas. Em relação aos objetivos esperados (planejar, projetar, montar e testar o projeto de robótica) aplicando a um caso de processo automatizado industrial, cerca de 80% dos participantes respondeu que o trabalho atingiu satisfatoriamente estes objetivos propostos. Os demais argumentaram que o projeto conseguiu parcialmente satisfazê-los, sugerindo que o manuseio de um sistema real industrial alcançaria plenamente o objetivo em relação ao curso. Como estes alunos já possuem uma boa experiência de vivência industrial, é natural que suas expectativas sejam diferenciadas dos demais.

Alguns alunos que já passaram por esta experiência metodológica estão estagiando em empresas que passam pela fase de implantação de robôs em suas linhas de produção. O retorno fornecido pelos engenheiros supervisores é altamente positivo em relação ao desempenho dos estagiários.

Vale ressaltar que adicionalmente ao método apresentado, foram realizadas visitas técnicas dos alunos às indústrias que utilizam robôs em processos. As visitas fornecem uma visão abrangente das aplicações e complementam o aprendizado na área.

Está sendo estudada uma proposta de parceria com indústrias, para que os problemas a serem apresentados aos alunos durante o curso sejam casos reais fornecidos pelas empresas. Isto poderia motivar ainda mais a sua execução, visto que os resultados obtidos pelas equipes poderiam ser aplicados posteriormente. Além disso, as empresas poderiam adiantar a fase de seleção de futuros estagiários. O conhecimento por parte dos alunos, de detalhes dos processos de produção específicos da empresa facilita a integração dos mesmos ao ambiente produtivo.

A perspectiva de uma maior colaboração entre o mundo acadêmico e as indústrias é outro ponto positivo para a efetividade do método apresentado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASALS, A.; ARANDA, J.et al. Evaluation of Learning Technologies in Robotics. In: Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2002, Washington. **Anais**: vol.2 .

CO, M.A.;CO, F.A.et al. Desafio de robôs: a Robótica Educacional fomentando a interdisciplinaridade, os jogos e as situações de aprendizagem. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia , 2007, Curitiba. **Anais**. Brasil.

INNOVATION ONE. Vex Inventor's Guide 2005. Disponível em <http://www.vexlabs.com/vex-robotics-downloads.shtml>. Acesso em: 20 jan. 2008.

MEC – Ministério da Educação e Cultura. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002.

PAVÃO, A. C.; PINHEIRO, D. M.et al. Uma Reflexão sobre laboratórios didáticos nos cursos de engenharia. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2007, Curitiba. **Anais**. Brasil.

PIRES, J.N. Os Desafios da Robótica Industrial. **Journal Robótica**, Portugal, nº 51, p.14-17, 2003.

ROSENBLATT, M.; CHOSET, H. Designing and Implementing Hands-On Robotics Labs. **IEEE Intelligent Systems**. v. 15, Issue 6, p. 32-39, 2000.

SIMÕES, A. S.; RICHETTI, P. F. Projeto e implementação de um braço robótico de baixo custo: uma plataforma multidisciplinar para motivação do trabalho em grupo. XXXI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Brasil.

VIANNA, M. Robótica na Universidade. **Mecatrônica Fácil**, nº 33, p. 12-14, 2007.

WEINBERG, J. B. A Multidisciplinary Model for Using Robotics in Engineering Education. In: Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 2001.

ZILLI, S. do R. **A Robótica Educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática**. 2004. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

METHODOLOGIES OF TEACHING INDUSTRIAL ROBOTICS AND PROPOSAL FOR EXPERIENCED LEARNING

***Abstract-** Several college institutions have been discovering in the last years through the usage of didactics robotics kits, a huge potential to the implementation of motivating challenges to the students of the basic cycle of Engineering courses. The “Diretrizes Curriculares” of the Engineering courses show the need that the curriculum must give conditions to the graduated students to obtain a professional profile that contains competences and skills to build, project and analyze systems, products and process; identify, formulate and solve engineering problems; act in multidisciplinary teams. Further, the professional that acts in the field of Industrial Robotics must present specific competences that lead him or her to the success in this area. This paper discuss and compares the available methodologies to the teaching of industrial robotics focusing the understanding of these competences. As a practical example is shown a method of full-time learning using a low-cost didactic system for the practical classes of Industrial Robotics of the advanced cycle. The results achieved in the professional formation of the Engineering students are also discussed.*

***Keywords**—Industrial Robotics, Teaching Methodologies, Experienced Learning.*