

# O USO DA AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA COMO FORMA LÚDICA DE CONSOLIDÃO DO CONHECIMENTO NO CURSO DE ENGENHARIA

**Paulo Henrique Cruz Pereira**<sup>1</sup>; **Fernanda F. Maldonado Pereira**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, Campus VIII, Varginha  
Rua Deputado Ribeiro de Resende, 558, Centro  
37000.100 – Varginha – MG  
paulvga@varginha.cefetmg.br

<sup>2</sup> PHP Processos, Automação e Planejamento Industrial Ltda  
Av. Santana, 126, Santana  
CEP : 37048.610 , Varginha, MG  
nandamaldonado@yahoo.com.br

**Resumo:** *Este trabalho visa descrever uma experiência metodológica no processo de concepção, organização e planejamento da disciplina de Automação e Controle, no curso de engenharia mecânica – 10º período. A metodologia de desenvolvimento utilizada foi a de decomposição de problemas e análise de soluções. A mesma encontra aplicação em ampla área da engenharia. A técnica consiste em identificar um problema dentro de uma situação real, decompor o problema geral em partes e analisar detalhadamente os requisitos de cada parte. A partir da definição do problema e de seus requisitos, são então concebidas as possíveis soluções para os subpartes identificadas. A escolha por uma determinada solução é feita com base em critérios preestabelecidos que visam garantir que os requisitos desejados sejam atingidos otimizada. Uma vez escolhida uma alternativa, segue-se a fase de desenvolvimento. Nesta, a solução escolhida é detalhada. A próxima fase consiste na implementação da solução projetada para resolver o problema definido. Finalmente, tem-se a fase de testes, onde se avalia se o projeto implementado atende aos requisitos especificados. A fundamentação teórica para a metodologia utilizada, baseia-se no Construcionismo pois a sua elaboração teórica possui elementos bastante específicos. Em primeiro lugar, o computador é incluído no contexto do mundo como fator de transformação cultural profunda. Em segundo lugar, a elaboração teórica tem sido produzida a partir de uma aplicação prática orientada efetivamente à educação, portanto, caminha no sentido inverso do desenvolvimento de muitas outras teorias metodológicas, no qual as aplicações em sala de aula surgiram posteriormente ao desenvolvimento teórico.*

**Palavras-chave:** *Robótica Educacional, Educação Tecnológica, Automação e Robótica.*

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 O Construcionismo

O Construcionismo teve origem na década de 1960, com o trabalho desenvolvido por cientistas do MIT, liderados por Seymour Papert, matemático e pesquisador da área de Inteligência Artificial. Este trabalho consistiu no desenvolvimento de uma linguagem de

programação chamada de LOGO. O objetivo do LOGO foi tornar o uso do computador acessível às crianças.

A idéia defendida por Papert (1988) como premissa do seu trabalho é que “o computador pode contribuir para o desenvolvimento dos processos mentais, não somente como instrumento mas, mais essencialmente, de maneira conceitual, influenciando o pensamento. Isto porque são portadores de inúmeras ideias e de sementes de mudança cultural, que podem ajudar na formação de novas relações com o conhecimento de maneira a atravessar as tradicionais barreiras que separam a ciência dos seres humanos e os conhecimentos que cada indivíduo tem de si mesmo”.

Papert (1994) define o construcionismo como a sua reconstrução pessoal do construtivismo Piagetiano. Ele trabalhou pessoalmente com Piaget durante quatro anos. Em essência pode-se afirmar que o construcionismo aceita as teses centrais do construtivismo piagetiano. As diferenças estão colocadas por Papert (1988) da seguinte forma: o construcionismo enfatiza o papel do meio cultural no desenvolvimento enquanto o construtivismo não o considera relevante. Amplia o conceito de assimilação, no sentido de incluir o aspecto afetivo. “Rejeita o sequenciamento dos estágios de desenvolvimento proposto por Piaget, em especial a supervalorização do pensamento formal, visto por Papert como impedimento direto à aprendizagem” (PAPERT, 1994). Em síntese, o construtivismo se preocupa mais em explicar como o conhecimento é construído, enquanto o construcionismo se preocupa também em criar ambientes de aprendizagem que possam produzir mudanças no intelecto. É exatamente sobre as diferenças citadas que o construcionismo elabora seus principais conceitos teóricos.

Na visão construcionista o homem é um construtor e como tal ele necessita “materiais” para sua obra. A aprendizagem será mais eficaz se o ambiente onde ela ocorre puder dispor de “materiais” que facilitem a experimentação e a construção de conceitos capazes de auxiliar na estruturação de novos conceitos. Papert chama esses ambientes de micromundos e os materiais, de objetos transitórios ou de objetos-para-pensar-com. A função destes objetos é fornecer um meio concreto para que um conhecimento imediato possa ser construído e ao mesmo tempo estabelecer uma base para nova aprendizagem. Assim são considerados os aspectos culturais.

O aspecto afetivo da assimilação é incluído através do conceito de aprendizagem sintônica. O termo sintonicidade, explica Papert (1988), foi usado por Freud para descrever instintos ou idéias que sejam aceitáveis ao ego, isto é, compatíveis com a integridade do ego e com as suas necessidades. A aprendizagem sintônica é aquela que ocorre quando o indivíduo se identifica com o objeto de estudo e se envolve afetivamente com a aprendizagem, porque sente prazer, orgulho em aprender e se torna responsável e ativo por ela. Assim, o conhecimento assimilado está relacionado não apenas ao fator cognitivo, mas também e principalmente ao aspecto afetivo.

Ao questionar os estágios de desenvolvimento definidos por Piaget, Papert não está apenas questionando a rigidez do modelo proposto. Ao fazê-lo, estabelece um novo ponto de vista no qual o pensamento formal deixa de ser “uma forma superior de conhecimento” em detrimento do pensamento concreto. Sua perspectiva é a de que as duas formas de pensamento são instrumentos na construção do conhecimento. O pensamento formal não é visto como superior ao concreto, mas como um outro estilo de pensar, uma ferramenta que serve para intensificar o pensamento concreto. Para consolidar esta idéia, ele se utilizou do conceito de “bricolagem”, tomado do antropólogo francês, Claude Lévi-Strauss, que usa o termo para referir-se à forma como as sociedades primitivas desenvolveram uma “ciência do concreto”. Papert a usa para definir sua noção de “concretude”. Ele estabelece o conceito de “bricolagem” como uma metodologia baseada no seguinte princípio: “use o que você tem, improvise, vire-se” (PAPERT, 1994). Fica implícito através deste conceito que o

conhecimento é reconstruído sucessivamente a partir de entendimentos mais rudimentares que vão sendo depurados ao longo do trabalho de desenvolvimento.

Segundo Papert (1994.), uma estratégia de aprendizagem eficaz consiste no desenvolvimento de projetos em grupo. Os projetos devem ser suficientemente abertos para permitir abordagens muito diferentes e ao mesmo tempo restritos o suficiente para permitir que diferentes abordagens sejam comparadas. A idéia defendida por Papert (1994) aqui é a de que não são as regras de resolução que resolvem o problema; é pensar sobre o problema que promove a aprendizagem. Além disto, a discussão de um problema com outra pessoa também contribui para promover a aprendizagem.

Na visão construcionista, não existe um “método de ensino”, porque isto pressupõe transmissão de conhecimentos e, “quando o conhecimento é distribuído em minúsculos pedaços, não se pode fazer nada, exceto memorizá-lo na sala de aula e escrevê-lo no teste” (PAPERT, 1994). Papert critica assim a concepção tradicional da escola, que considera a inteligência como inerente ao ser humano, desnecessária e até impossível de ser desenvolvida. Ao contrário disto, ele afirma que só quando o conhecimento está integrado num contexto de uso pode-se ativá-lo e, ao corrigir sucessivamente as falhas de compreensão, realmente adquiri-lo.

O professor, dentro da teoria construcionista, tem um papel não apenas técnico de promover a aprendizagem, planejando e coordenando as atividades desenvolvidas na forma de projeto pelos alunos, mas também de ser um construtor do seu próprio conhecimento pedagógico. Isto só pode ocorrer, segundo Papert, se o professor também estiver envolvido sintonicamente com a atividade de aprendizagem em questão. Assim como Piaget afirmou que brincar é o trabalho das crianças, Papert relata que é preciso desenvolver a idéia de que o trabalho deve ser o brinquedo dos adultos.

## **1.2 Abordagem Adotada**

A constatação de que na atualidade o conhecimento é gerado em um contexto orientado a mudanças tecnológicas e culturais e que o mesmo se torna obsoleto rapidamente, mostra que este não é estático e nem absoluto. Tanto o objeto (o mundo) como o sujeito (o ser humano), transformam-se continuamente. O conhecimento é, portanto, o resultado de uma interação entre o sujeito e o objeto. Mais importante do que aprender um determinado conteúdo é tornar-se capaz de “aprender-a-aprender”. As abordagens tradicional e comportamentalista são inadequadas para tratar deste tipo de aprendizagem porque ambas são construídas com base no pressuposto de que o conhecimento é estático e absoluto. A abordagem interacionista, ao contrário, assume que o conhecimento é continuamente construído pelo sujeito através da interação com o seu contexto. Por este motivo, esta abordagem teórica foi amplamente utilizada no desenvolvimento da disciplina em sala. O construtivismo fornece a base para compreender o aspecto cognitivo da aprendizagem. A teoria histórico-cultural explica o papel do grupo na formação das características culturais do indivíduo. O construcionismo, além de esclarecer o papel do aspecto afetivo na aprendizagem, adota o computador como elemento cultural importante no processo de ensino aprendizagem.

Pode ser constatado como a estruturação teórica é influenciada pelos pressupostos filosóficos que as fundamentam. Pode-se afirmar que todas as teorias são eficazes em promover a aprendizagem, mas o tipo de aprendizagem desenvolvida não é necessariamente o mesmo. Não existe uma teoria certa, mas sim a mais adequada para desenvolver o tipo de aprendizagem desejado. Ressalta-se que a intenção do educador no ato de educar é o “parâmetro de entrada” que irá influenciar as “respostas”.

## **2. PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DA DISCIPLINA**

## **2.1 Projeto da Disciplina**

O problema geral de implementar uma disciplina para integrar os alunos que ingressam no universo da Automação e Controle ao contexto da vida acadêmica e profissional foi decomposto em quatro subproblemas que consistiram em definir: os objetivos pedagógicos da disciplina; o conteúdo programático; a abordagem metodológica a ser utilizada nas aulas; a ferramenta de ensino adequada para promover a aprendizagem desejada.

### ***Os objetivos pedagógicos da disciplina***

A disciplina foi concebida para cumprir três grandes objetivos: contextualizar o aluno na vida acadêmica universitária e profissional, desenvolver uma compreensão inicial sobre os conceitos básicos da automação e desenvolver as habilidades necessárias ao engenheiro em sua atuação na profissão.

### ***O conteúdo programático da disciplina***

O conteúdo é entendido neste trabalho como sendo o conjunto dos temas de estudo da disciplina.

Conteúdo programático se refere ao conjunto de temas abordados no transcorrer da disciplina.

### ***A metodologia de ensino-aprendizagem***

A metodologia de ensino-aprendizagem é entendida neste trabalho como o conjunto sistematizado das ações docentes visando facilitar o processo de construção do conhecimento. Por ser considerado um processo formado por dois pólos indissociáveis, ensino e aprendizagem, optou-se pela denominação de "ensino-aprendizagem".

### ***A ferramenta de ensino-aprendizagem***

É considerada aqui como ferramenta de ensino-aprendizagem o recurso material utilizado para promover a aprendizagem dos alunos. A ferramenta de ensino-aprendizagem é o meio que possibilita ao aluno estabelecer a relação entre os seus conhecimentos anteriores e os que se pretende adquirir agindo como elemento de motivação e facilitador da aprendizagem.

## **2.2 Requisitos da solução**

A disciplina deveria possuir as seguintes características:

- ser ministrada no primeiro semestre;
- ter, no mínimo, 40 horas/aula de carga horária (foram disponibilizadas 90 horas/aula);
- possibilitar a participação ativa dos alunos;
- possibilitar a experimentação real;
- exercitar na prática as habilidades que os alunos devem desenvolver para atuarem como engenheiros;
- ser compatível com o nível de conhecimento prévio dos alunos, os adquiridos ao longo do curso (semestres anteriores) e com a história de vida dos alunos;
- a abordagem deve criar a motivação em três instâncias: para a disciplina em si, para o curso e para a profissão.

## **2.3 Desenvolvimento**

O desenvolvimento do projeto da disciplina consistiu no detalhamento de quatro aspectos: do conteúdo a ser tratado, da forma de organização das atividades, da estratégia de

ensino-aprendizagem a ser adotada para realizar as atividades propostas e dos meios de ensino utilizados. Cada um destes aspectos serão abordados em seguida. É importante ressaltar que embora apresentados separadamente, os mesmos foram concebidos para serem integrados com o objetivo de otimizar o processo de ensino-aprendizagem.

### ***Conteúdo***

Na abordagem tradicional o conteúdo é praticamente a única variável do processo de planejamento de uma disciplina, pois a estrutura e a metodologia de ensino são consideradas invariantes. A estrutura é seqüencial, no sentido de que a ordem em que os assuntos são abordados segue uma lógica fixa preestabelecida, e geralmente são apresentados através de uma metodologia baseada em aulas expositivas. Na abordagem adotada no projeto da disciplina de Automação e Controle, entretanto, o conteúdo é um elemento do processo, mas não determina a disciplina. É mais uma variável.

Outro aspecto diferenciado da abordagem adotada diz respeito à maneira de conceber o conteúdo. O mesmo é tradicionalmente associado a informações, ensinadas e aprendidas de maneira estática. No contexto da abordagem adotada no projeto da disciplina, é considerado conteúdo não apenas o que é repassado como informação acabada, mas todo o conhecimento construído pelos próprios alunos durante as atividades desenvolvidas. Assim sendo, o conteúdo é visto como temas abertos que visam fomentar a construção do conhecimento, através da aprendizagem ativa e da reflexão crítica.

O conteúdo da disciplina foi dividido em quatro classes de temas: a formação geral acadêmica, a prática profissional, os conceitos gerais e os básicos da engenharia, as habilidades profissionais exigidas do engenheiro. Os principais conteúdos de cada tema são citados a seguir:

- A formação geral acadêmica: a estrutura curricular e o perfil do curso da disciplina de automação e controle dentro do curso de engenharia mecânica, orientações para um bom desempenho acadêmico
- A prática profissional: as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, o campo de atuação da automação e controle, experiências dos profissionais em atividade, desafios e dificuldades no desenvolvimento de projetos na prática, o conceito de ética e de ética profissional, aplicações da automação e controle na indústria.
- Os conceitos básicos da Automação e Controle: sistemas, controle, realimentação, sensores, atuadores, automação, robô, controladores lógicos programáveis (CLP ou PLC), integração, flexibilidade, comunicação.
- Os conceitos gerais da engenharia: projeto como essência da engenharia, metodologias, modelos, simulação, protótipo, otimização.
- As habilidades profissionais exigidas do engenheiro: pensamento crítico, criatividade, iniciativa, capacidade de comunicação oral e escrita, capacidade de autodesenvolvimento, liderança, capacidade de relacionamento humano e cooperação em trabalho em grupo.

### ***Estrutura da Disciplina***

A disciplina foi estruturada segundo três blocos temáticos. Cada bloco temático se refere a um conjunto de temas relacionados. Os blocos são constituídos de atividades, nas quais são desenvolvidos os assuntos relativos a um tema específico. Cada atividade tem duração proporcional à extensão e à profundidade em que o tema é desenvolvido. A figura 1 ilustra a estrutura da disciplina.

A integração dos blocos temáticos é obtida da seguinte maneira: os blocos foram planejados para que os conteúdos fossem desenvolvidos conforme se fizessem necessários (“just-in-time learning”), assim um mesmo conteúdo poderia ser focado em cada bloco por aspecto diferente, possibilitando ampliar a visão sobre o tema, de maneira a construir de

forma incremental o entendimento não só dos conteúdos, mas também da sua respectiva contextualização.

O primeiro bloco temático foi denominado de bloco de contextualização à vida acadêmica. O mesmo visa integrar a disciplina de automação e controle com o curso de engenharia mecânica. O bloco é formado de 3 atividades: uma visão geral da automação e controle; as implicações sociais quando da implantação e implementação da automação; o perfil de um profissional de automação e controle.

O segundo bloco temático foi denominado de bloco de contextualização ao mundo real da engenharia. O mesmo visa colocar os alunos em contato com os aspectos cotidianos da prática profissional. O bloco é formado por 4 atividades: a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade; a prática do projeto nas áreas de controle e automação; experiências de profissionais da área de controle e automação; a ética e a ética profissional.

O terceiro bloco temático foi denominado de bloco de atividades práticas. O mesmo visa desenvolver com os alunos a noção de que a engenharia é uma atividade “resolvedora” de problemas do mundo real e ao mesmo tempo construir as noções básicas sobre os conceitos da área de controle e automação. Neste bloco são desenvolvidas 4 atividades distintas e evolutivas em grau de complexidade: desenvolvimento de um veículo móvel autônomo (AGV), um braço robótico para manipulação de peças; um programa de PLC para controle de um sistema lava-rápido de carro; e uma esteira automática selecionadora de peças.

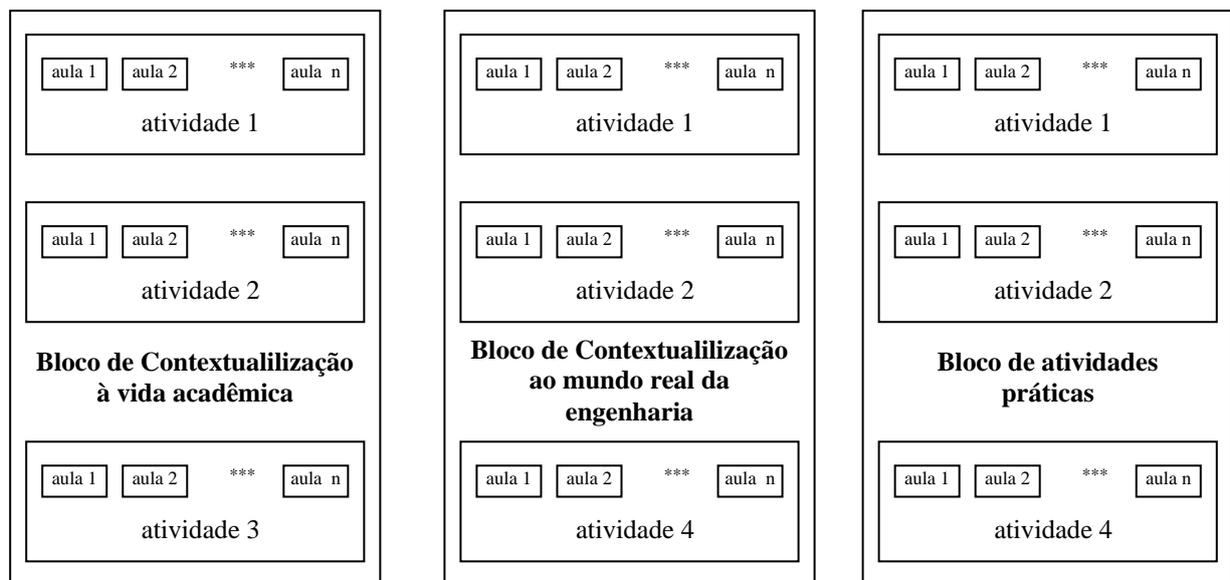


Figura 1: Estrutura da disciplina

### ***Metodologia de ensino-aprendizagem***

A metodologia de ensino-aprendizagem visa instrumentalizar a ação docente de procedimentos sistemáticos que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem, desenvolvendo uma atitude ativa e responsável dos alunos em relação a suas próprias aprendizagens.

O trabalho cooperativo em grupo é assumido como uma habilidade necessária na prática profissional e ao mesmo tempo um meio eficiente de aprendizado.

A motivação decorre não só do reconhecimento de que os assuntos estudados são importantes à formação profissional, mas porque os alunos se envolvem pessoalmente na aquisição e incorporação dos conhecimentos.

A abordagem metodológica foi construída com base em três conceitos: o de equilíbrio cognitiva, o de mediação, e o de aprendizagem sintônica, vistos em capítulo anterior.

Conforme foi dito, o conceito de equilíbrio cognitiva descreve os processos através dos quais o ser humano adquire conhecimento. Em todo aprendizado estão presentes um processo de assimilação de novos dados e um processo de acomodação destes às concepções preexistentes que o indivíduo possui. As atividades da disciplina foram estruturadas de maneira que os alunos ao resolverem um problema, utilizassem seus conhecimentos anteriores para compreender os novos conceitos e criar novas representações mentais, em função do ajustamento do conhecimento adquirido à estrutura mental preexistente.

As interações sociais decorrentes do trabalho em grupo são fundamentais para o aprendizado porque é na conjugação de habilidades e no compartilhamento do conhecimento que os indivíduos tornam-se capazes de realizar tarefas que individualmente levariam um tempo longo ou até mesmo não conseguiriam. Os problemas propostos em cada atividade foram elaborados visando à construção coletiva do conhecimento. Os alunos deveriam agir como mediadores da aprendizagem uns dos outros. Para garantir que o conhecimento realmente seja compartilhado, nas apresentações dos trabalhos, os alunos apresentadores devem ser “escolhido pelo professor ou sorteados”, isto é, escolhidos na hora da apresentação, assim todos os membros devem estar preparados para defender o trabalho.

Em situações em que o conhecimento exigido estivesse além do potencial desenvolvido pelo grupo, a mediação poderia ser realizada pelo professor.

Para que a aprendizagem seja efetiva, além dos aspectos cognitivos, são necessários que sejam considerados os aspectos afetivos e pessoais do sujeito que aprende. O envolvimento afetivo e pessoal do aluno está relacionado à capacidade de uma situação de aprendizagem reproduzir as experiências e a cultura deste. Uma aprendizagem torna-se sintônica quando o aprendizado realizado em um domínio de conhecimento torna-se base para o aprendizado de outros domínios. Para facilitar a aprendizagem sintônica, as aulas práticas foram planejadas como um jogo de representação de papéis, enquanto os temas foram inspirados em situações reais da engenharia.

Todas as atividades práticas são desenvolvidas em quatro fases. A primeira é chamada de exploração do tema e tem por finalidade contextualizar o assunto. A segunda, denominada de desafio, visa captar as concepções preexistentes dos alunos sobre o problema proposto. Na terceira, a solução do desafio é construída pelos alunos. Na quarta, chamada de reelaboração do conhecimento, é feita uma reflexão coletiva sobre a atividade, buscando ressaltar os aspectos conceituais envolvidos.

A estruturação da metodologia, na seqüência descrita, tem por objetivo criar sintonicidade e facilitar a assimilação e acomodação. A figura 2 ilustra a metodologia.

A fase de exploração do tema focaliza a atenção dos alunos para o projeto a ser desenvolvido criando a motivação e o envolvimento necessário. A fase de desafio é importante para estabelecer a conexão entre o problema atual e os conhecimentos e estratégias adquiridos anteriormente.

A experimentação real possibilita aos alunos agir diretamente sobre os objetos e abstrair suas propriedades físicas. Este processo é chamado de abstração empírica. Na fase de solução do desafio, as concepções preexistentes e as descobertas derivadas da ação direta sobre os objetos são combinadas visando a resolução do problema. Esta fase também irá fornecer os elementos cognitivos necessários para criar generalizações e reestruturações do conhecimento. O processo que permite estas generalizações é chamado de abstração reflexiva, e irá ser utilizado pelos alunos na fase de reelaboração do conhecimento para construir representações formais do conhecimento.

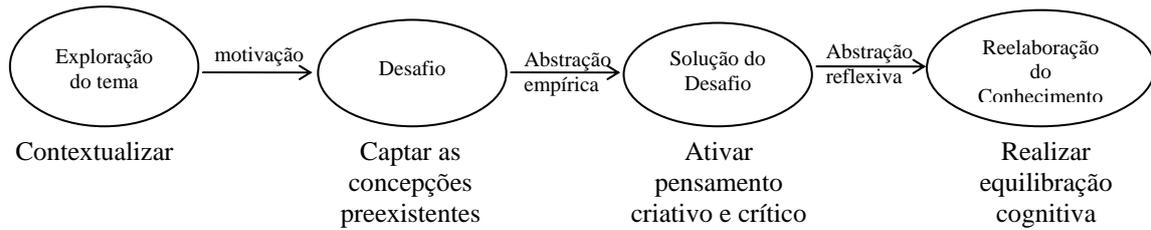


Figura 2: Metodologia de ensino-aprendizagem desenvolvida na disciplina

### ***Ferramenta de ensino-aprendizagem***

A inclusão de atividades práticas na disciplina criou a necessidade de uma ferramenta adequada para permitir aos alunos projetarem e implementarem suas idéias. Os requisitos exigidos da ferramenta eram de que permitisse desenvolver todos os conceitos selecionados, fosse flexível, fácil de usar, tivesse baixo custo, robustez. A empresa dinamarquesa LEGO, tradicional fabricante de blocos de montagem, comercializa, através da representante EDACOM Tecnologia, no Brasil, o kit MINDSTORMS, código 9793, mostrado na figura 3, e o kit temático de PNEUMÁTICA, código 9633, figura 4, ambos, possuindo as características citadas e agregando ainda outras, tais como uma avançada concepção tecnológica, a arquitetura de software aberta, o grande apelo lúdico, a facilidade de reposição de peças, etc. Estes kits foram então selecionado como ferramentas de ensino-aprendizagem.



Figura 3: Os componentes do kit LEGO MINDSTORMS – 9793



Figura 4: Kit temático de Pneumática - 9633

## **2.4 Implementação**

Este item descreve como foram implementadas as atividades de cada um dos blocos temáticos definidos anteriormente. Entretanto, a divisão dos temas em blocos não significa que os mesmos tenham sido tratados de forma isolada e estanque. Também não significa que os temas foram tratados de maneira seqüencial. Na realidade, em alguns momentos do desenvolvimento da disciplina, os alunos estiveram realizando atividades paralelas, pertencentes a blocos temáticos distintos, mas que estavam relacionados.

### ***Bloco de contextualização e integração à vida acadêmica***

Três atividades foram realizadas para integrar os alunos na vida acadêmica: um estudo sobre automação industrial e robótica; uma pesquisa sobre os impactos sociais quando se realiza a automação industrial; e uma apresentação sobre o que se espera de um profissional de automação e controle.

### ***Bloco de contextualização-introdução ao mundo real da engenharia***

Este bloco foi constituído de quatro atividades: uma palestra sobre as relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade; três apresentações de profissionais sobre projetos desenvolvidos por empresas da região na área de automação e controle; uma visita a uma grande empresa industrial; um trabalho escrito, seguido de um debate em sala sobre ética geral e ética profissional, com a análise de casos reais.

### ***Bloco de atividades práticas: a engenharia como "resolvedora" de problemas do mundo real***

O bloco visou introduzir a engenharia como "resolvedora" de problemas do mundo real. A metodologia de ensino-aprendizagem foi implementada na forma de um jogo, simulando situações reais da engenharia. Os grupos assumiram o papel de "empresas fornecedoras" de serviços de engenharia e o professor assumiu um duplo papel: o de "cliente" e o de "consultor". Como "empresas", os grupos deveriam desenvolver soluções completas para problemas reais, que seriam avaliados pelo "cliente".

As soluções desejadas incluíam: o projeto; a implementação de protótipos usando os kits de blocos de montagens LEGO e a documentação escrita sobre o trabalho desenvolvido. Como "cliente", o professor solicitava serviços e avaliava os protótipos produzidos pelos "fornecedores", enquanto que, como "consultor", quando solicitado, emitia opiniões, pareceres, apresentava sugestões, indicava alternativas, auxiliando as "empresas" a encontrar respostas, mas deixando a decisão final na responsabilidade delas.

As "empresas" recebiam um pedido contendo uma especificação informal do problema e esclareciam as dúvidas do pedido com o "cliente", se necessário. Os exemplos dos pedidos podem ser vistos nos anexos. Esta fase inicial do jogo correspondia à fase de exploração do tema na metodologia proposta. Após analisar o problema, as "empresas" apresentavam uma solução preliminar por escrito para ser aprovada. Esta correspondia à fase de desafio, da metodologia. Uma vez aprovada a proposta de solução, era iniciada a implementação dos protótipos, que deveriam ser concluídos no prazo estipulado para apresentação.

Nas apresentações, um representante de cada "empresa" fazia uma breve descrição das características do projeto e demonstrava o funcionamento do protótipo. Este momento correspondia à solução do desafio. Na seqüência, o "cliente" fazia a avaliação do projeto apresentado. Os demais grupos também faziam suas considerações sobre os demais trabalhos. Ao final, o "cliente" decidia quais "empresas" estavam qualificadas para executar o fornecimento. As discussões, e mais as observações conceituais que se seguiam, correspondiam à fase da metodologia denominada de reelaboração do conhecimento.

Os conhecimentos prévios exigidos dos alunos correspondiam ao conhecimento já adquirido ao longo do curso. Ter noções básicas de informática e programação, e leitura de

textos em inglês, entretanto, foram considerados desejáveis. Na divisão dos grupos, adotou-se o critério de distribuir ao menos um aluno com conhecimento mais avançado nesses assuntos em cada equipe. Para se adequar aos recursos disponíveis, os 11 alunos foram divididos em dois grupos, que se revezaram na utilização dos kits. Foram formados 2 grupos, sendo um de 5 e o outro de 6 alunos. Os grupos foram denominadas respectivamente de “Alfa” e “Beta”. Nenhuma instrução formal foi inicialmente prevista. O domínio do software de programação do kit e das técnicas de montagem ficaram inteiramente como responsabilidade dos alunos. Foram realizadas cinco atividades que serão descritas a seguir:

- Veículo móvel autônomo (AVG): as "empresas" deveriam desenvolver um veículo móvel autônomo (AGV), capaz de se deslocar ao longo de uma pista pré-definida, como mostrado na figura 5.



Figura 5: AGV andando na pista

- Robô manipulador de peças: foi implementado um robô manipulador capaz de apanhar uma peça em um ponto, transportá-la até um outro ponto e soltá-la, retornando à posição original.

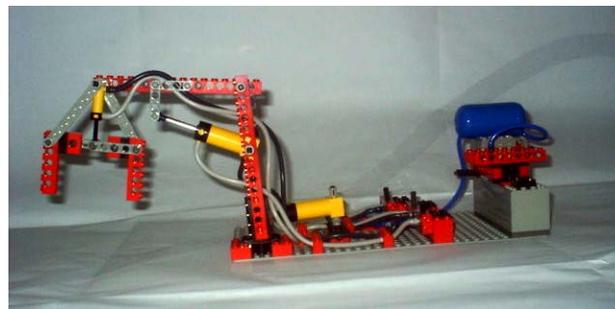


Figura 6: Robô manipulador de peças – garra aberta

- Programa de PLC para Lava-Jato de carro: foi desenvolvido um programa para PLC Zelio, fabricante Siemens, capaz de controlar um lava-jato de carro, do tipo daqueles encontrados em postos de combustível.
- Esteira automática selecionadora de peças: infelizmente não houve tempo para realização desta atividade devido a realização de palestras sobre empreendedorismo. Estas palestras foram realizadas a pedido dos alunos, que eram formandos, devido a criação da incubadora de empresas pela instituição.

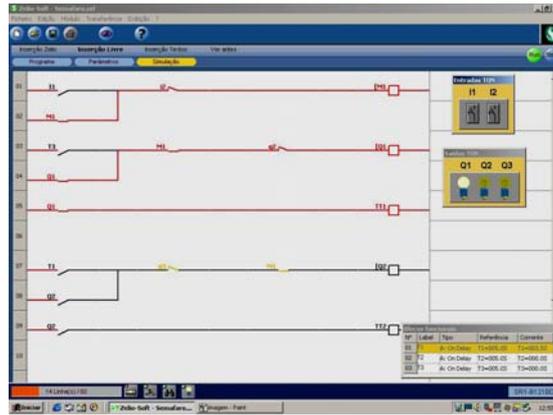


Figura 7: Tela do ambiente de simulação de programação Zelio

### 3. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

#### 3.1 Resultados Preliminares

##### *Crítérios de avaliação e instrumentos de observação dos resultados*

O critério de avaliação adotado para verificar a aprendizagem dos conceitos foi o da incorporação no discurso e a correção de seu uso no contexto. O mesmo visa observar se o indivíduo passa a utilizar no seu discurso oral e escrito os conceitos trabalhados durante as aulas e se a forma como o conceito é utilizado está correta.

Entre os instrumentos utilizados para observar os resultados, podem ser citados a observação direta do comportamento dos alunos em aula, a análise da documentação escrita, a aplicação de questionários, e a realização de entrevistas informais. Nas atividades práticas, também os protótipos foram considerados para análise dos resultados. Os instrumentos foram selecionados levando-se em conta que a classe de fenômenos da aprendizagem a ser observada não é facilmente avaliada em termos quantitativos. Em outras palavras, os instrumentos utilizados permitem detectar um nível qualitativo de consecução das aprendizagens desejadas, sem efetivamente medi-las no sentido quantitativo.

Por observação direta, entende-se, neste trabalho, a técnica de coletar informações sobre um dado fenômeno diretamente no contexto em que o mesmo ocorre, tendo-se como base teórica a obra de Minayo (1999). Aplica-se aos casos onde os fatores a serem observados são numerosos, complexos e não admitem medidas quantitativas.

A análise de relatórios permite verificar um amplo espectro de fatores tais como a organização das idéias, o conteúdo, a lógica do raciocínio, a clareza, o domínio dos conceitos, a criatividade, o senso crítico, a capacidade de expressão, entre outros, conforme foi possível compreender da obra de Sant'Anna (1999).

As entrevistas informais, bem como os questionários escritos, tem por objetivo a coleta de informações objetivas e subjetivas, sendo estas últimas relacionadas aos valores, atitudes e percepções do entrevistado.

#### 3.2 Resultados do bloco de contextualização à vida acadêmica

A estratégia adotada para cumprir o objetivo proposto foi a de envolver os alunos nas atividades atribuindo responsabilidades aos mesmos.

Não se pode afirmar que as atividades desenvolvidas neste bloco por si só tenham levado a uma maior integração dos alunos ao contexto acadêmico, entretanto, estas contribuíram positivamente para apontar em direção ao objetivo desejado. Um fato que ilustra esta

contribuição é o que os alunos fizeram ao longo do semestre demonstrando um enorme interesse pela disciplina, fato este evidenciado pelo alto índice de presença no diário de classe.

Em relação ao aprendizado de habilidades, as atividades serviram para introduzir a sua discussão e para verificar o nível de desenvolvimento inicial dos alunos.

### **3.3 Resultados do bloco de contextualização ao mundo real da engenharia**

Os objetivos visados neste bloco foram os de desenvolver uma visão preliminar sobre o contexto de trabalho do engenheiro e o de mostrar quais habilidades são exigidas no seu cotidiano. Foram previstas quatro atividades: a primeira foi uma palestra sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade; a segunda consistiu de dois relatos de experiências de profissionais atuantes na área; a terceira foi uma visita a uma empresa da região; a quarta foi um trabalho sobre a ética geral e a ética profissional.

Os relatórios individuais evidenciam que a maioria dos alunos compreendeu que a atuação profissional não é marcada apenas pelo conhecimento técnico e que atuação profissional do engenheiro tem implicações sociais profundas. Alguns trechos extraídos dos relatórios ilustram esse fato:

*“Sociedade e Tecnologia não estão separadas, de forma que há uma constante interação entre as duas áreas”.*

*“ A engenharia mostra e ensina como fazer um projeto, mas só o engenheiro com seus conhecimentos adquiridos pode definir o destino certo deste projeto”.*

*“A visão mais condizente com a realidade talvez seja a que encara o engenheiro de sistemas como um arquiteto, um artista, posto que projetar um sistema de controle com qualidade é uma arte”.*

*“Nossa visita foi construtiva, pois nunca havia visitado uma indústria como esta antes e conheci uma das áreas de trabalho de um engenheiro”.*

*“Foi algo muito proveitoso pelo fato de nos fazer perceber, que os sensores, apesar do seu baixo grau de complexidade, são de fundamental importância. Sensores simples, como aqueles utilizados nos kits LEGO, de luz, de toque, controlavam boa parte do processo de produção”.*

Além do conteúdo, a atividade também visou desenvolver as habilidades de cooperação no trabalho em grupo, a capacidade de expressão oral e escrita, o pensamento crítico, o pensamento criativo e a iniciativa.

Dentre as habilidades citadas, o pensamento crítico e a capacidade de expressão oral foram as mais desenvolvidas na atividade. Mesmo os alunos mais tímidos, e os que se mostravam mais imaturos, contribuíram para a discussão. Das discussões realizadas até então, esta marcou uma mudança no comportamento dos alunos, que mostraram argumentações mais consistentes e fundamentadas além de respeitar mais as opiniões contrárias.

### **3.4 Resultados do bloco de atividades práticas**

Os objetivos visados neste bloco consistiam em desenvolver uma compreensão inicial sobre os conceitos gerais da engenharia, sobre os conceitos básicos da área de Automação e

Controle, desenvolver, em caráter inicial, as habilidades profissionais exigidas dos engenheiros e destacar o conceito de projeto como atividade essencial da profissão.

O funcionamento de um dos protótipos é descrito assim no relatório de um dos grupos; *"O AGV foi montado a partir de um sensor óptico, uma roda basculante e um par de rodas individualmente ligadas a dois motores por meio de engrenagens. O sistema funciona basicamente assim: o sensor óptico, posicionado à frente da roda basculante, identifica se o veículo está na pista; o controlador-RCX processa os dados recebidos do sensor e comanda os motores que irão tracionar ou não as rodas; enquanto o sensor detectar a pista, o AGV mantém os dois motores ligados quando o sensor deixar de detectá-la, inicia-se o processo de retorno ao trajeto."*

Observa-se que as noções de sistema, controle e realimentação encontram-se subjacentes à explicação dada neste relatório. Os demais grupos desenvolveram estratégias semelhantes para resolver o problema.

Na parte final do relatório é feita a seguinte observação: *"A equipe considerou o trabalho extremamente satisfatório, não só por conseguir implementar totalmente o robô, como por perceber a importância de se fazer um projeto prévio, devidamente analisado"*.

Os grupos conseguiram implementar seus respectivos protótipos. A qualidade das soluções variou conforme o grau de entendimento e aplicação da metodologia de projeto. Contudo foi possível constatar o desenvolvimento das seguintes habilidades:

- a. Pensamento crítico**
- b. Pensamento criativo**
- c. Cooperação no trabalho em grupo**
- d. Capacidade de "aprender a aprender"**
- e. Liderança**
- f. Comunicação oral e escrita**

Portanto observou-se que as aprendizagens dos conceitos básicos e das habilidades profissionais desejadas para um engenheiro se desenvolveram em diversos níveis. Os resultados permitem afirmar que a abordagem metodológica é promissora. A experiência demonstrou a necessidade de se desenvolver um modelo de formação profissional capaz de integrar de forma conceitual e prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nem todas as disciplinas de um curso de engenharia podem ser orientadas exclusivamente à resolução de problemas. As disciplinas de ciências básicas como por exemplo o Cálculo e a Física exigem abordagens híbridas, onde a problematização deve ser combinada com a instrução formal do conteúdo.

Os resultados preliminares obtidos mostraram que a metodologia de ensino-aprendizagem desenvolvida é promissora em promover a aprendizagem de conceitos e habilidades. "A hibridização" das teorias construtivista, histórico-cultural e construcionista forneceu uma orientação segura para os procedimentos e ações pedagógicas nas mais variadas situações ocorridas em sala de aula.

Os conhecimentos técnicos e as habilidades profissionais do engenheiro foram integradas a partir da atividade de projeto, que se constitui na própria essência da profissão. A idéia de que o projeto é o elemento integrador da prática profissional foi estendida neste trabalho para considerá-lo também como integrador da formação acadêmica e como elo que vincula os dois contextos. Na implementação da disciplina esta idéia pode ser testada com bons resultados.

### ***Agradecimentos***

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, pelo apoio financeiro que nos permitiu a participação neste evento, ao Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG que confiou e apoiou a implementação da metodologia e a PHP Processos, Automação e Planejamento Industrial Ltda, na liberação de sua consultora e fornecimento dos materiais didáticos necessários, os quais proporcionaram mais este trabalho.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

SILVEIRA, Marcos A. **Aprender a aprender e aprender fazendo: Proposta para um curso de engenharia integrado.** In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Automática.* São Paulo-Brasil, 1996. págs. 863 – 867.

COSTA, Therezinha S., PARISE, José A. R., SILVEIRA, Marcos A., *et al.* **A hands-on for five hundred students: Introduction to engineering.** In: *Proceedings of ICEE 98.* Rio de Janeiro - Brazil, 1998.

BAZZO, Walter Antonio. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica.** Editora da UFSC, 1998.

PAPERT, Seymour. **A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da informática.** Ed. Artes Médicas, 1994.

PAPERT, Seymour. **Logo: Computadores e educação.** Ed. Brasiliense, 1988.

DIRECTOR, S. W., KHOSLA, P. K., ROHRER, R. A., *et al.* **Reengineering the curriculum: Design and analysis of a new undergraduate electrical and computer engineering degree at carnegie mellon university.** *Proceedings of IEEE*, Sep. 1995. volume 83, no 9, págs. 1246 – 1296.

BISSEL, C. C. **Control education: Time for radical chance.** *IEEE Control Systems*, 1999. volume 19, nº 5, págs. 44 – 49.

KHEIR, N. A., ASTRÖM, K. J., CHEOK, K. C., *et al.* **Control systems engineering education.** *Automática*, 1996. volume 32, nº 2, págs. 147 – 166.

MARTIN, Fred G. **Circuits to Control: Learning Engineering by Designing LEGO Robots.** Tese de Doutorado, Program in Media Arts and Sciences - Massachusetts Institute of Technology, Boston -USA, June 1994.

PEREIRA, Luiz Teixeira Vale, BAZZO, Walter Antonio. **Ensino de Engenharia: na busca do seu aprimoramento.** Editora da UFSC, 1997.

SACADURA, Jean-François. **A formação dos engenheiros no limiar do terceiro milênio.** In: *Formação do Engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica.* Florianópolis - Brasil, 1999 págs. 014 – 027. Anais do III “Workshop” Internacional de Ensino de Engenharia.

DORATO, Peter. **Undergraduate control education in the u.s.** *IEEE Control Systems*, 1999. volume 19, nº 5, págs. 38 – 39.

BIGGE, Morris L. **Teorias da Aprendizagem para Professores**. E.P.U., 1977.

RABELO, Edmar H. **Avaliação: novos tempos, novas práticas**. Ed. Vozes, 1999.

MIZUKAMI, Maria G. N. **Ensino: as Abordagens do Processo**. E.P.U., 1986.

MINAYO, Maria C. S., DESLANDES, Suely F., NETO, Otávio C., *et al.* **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Ed. Vozes, 1999.

RAMOS, Edla M. F. **Análise ergonômica do sistema hiperNet buscando o aprendizado da cooperação e da autonomia**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - Brasil, novembro 1996.

SANT'ANNA, Ilza M. **Por que avaliar? Como avaliar? critérios e instrumentos**. Ed. Vozes, 1999.

GRINSPUN, Mirian P.S. ZIPPIN (Org.). **Educação Tecnológica: Desafios e Perspectivas**. Ed. Cortez, 2001.

## **THE AUTOMATION AND ROBOTIC USE AS PLAYFUL FORM OF KNOWLEDGE CONSOLIDATION IN THE ENGINEERING COURSE**

**Abstract:** *This work aims to describe a methodological experience in the process of conception, organization and planning of Automation and Control disciplines, in the Mechanical Engineering course – 10<sup>th</sup> period. The development methodology used was the one problems decomposition and the analysis of solutions. This one is applied in a huge area of Engineering. The technique consists in identifying a problem of a real situation, decomposing the general problem in parts and at great length to analyze the requirements of each part. From the definition of the problem and its requirements, the possible solutions for identified subparts are conceived. The choice for a specific solution is made based on what they aim to guarantee that the desired requirements are successfully reached. An alternative once chosen comes the development phase. In this, the chosen solution is the detailed one. The next phase consists in the implementation of the projected solution to decide the defined problem. Finally, there is phase of tests, where it is evaluated if the implemented project takes care of the specified requirements. The theoretical recital for the used methodology is based on the Constructionism, therefore is theoretical elaboration process. In second place, the theoretical elaboration has been produced from a practical application guided effectively for education, therefore, it goes against the development of many other methodological theories, in which the applications in classroom had appeared after the theoretical development.*

**Key-words:** *Educational Robotic, Technological Education, Automation and Robotic.*