

## ENSINO PARA NÍVEL SUPERIOR DE CONCEITOS “PBL” PARA ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Lílian Marques Silva – lillamarques@globo.com  
Escola Politécnica da Universidade São Paulo  
Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, 380  
05508-010 - São Paulo - SP  
Eik Tenório – eikten@globo.com.br  
Faculdade de Tecnologia de Tatuí  
Rodovia Mario Batista Mori, 971  
18280-000 – Tatuí – São Paulo  
Valter Domingos Idargo – eng\_vdi@yahoo.com.br  
Universidade Paulista de Sorocaba  
Av. Independência, 210  
18087-101 - Sorocaba - SP

**Resumo:** *Este trabalho visa verificar a compreensão do ensino obtida durante o curso de Controle e Automação Industrial ministrado com a utilização de uma ferramenta importante, o ensino de resolução de problemas (PBL). Este objetiva a compreensão da importância de fenômenos, conceitos e técnicas relacionadas ao desenvolvimento de projetos de controle e automação em, por exemplo, automatização de processos químicos: utilização e controle de válvulas on/off, tubulação, desenvolvimento de painel de controle, etc. Avaliando a retenção dos conhecimentos obtidos através de apresentação e funcionalidade do projeto que, para serem solucionadas necessitam de conceitos teóricos fornecidos ao longo do curso.*

**Palavras-chaves:** *Automação Industrial, Ensino por Resolução de Problemas (PBL), Controle de Processo.*

### 1. INTRODUÇÃO

Com o surgimento do circuito integrado na década de 60 e do microprocessador na década de 70, a quantidade de inteligência que pode ser embutida numa máquina se tornou enorme. Automaticamente podem ser feitas inúmeras tarefas, desde as mais fáceis até as mais complexas. Mesmo que a automação reduza a mão de obra, ainda são necessários operadores, porém, no lugar de colocar a “mão na massa” o operário apenas controla as máquinas.

Ribeiro (1999) define automação como sendo a substituição do trabalho humano ou animal por uma ou mais máquinas, ou seja, é a operação de máquinas ou de sistemas ocorrendo de forma automática<sup>a</sup> ou através de controle remoto, com interferência a mínima do operador (ser humano). O conceito de automação varia com o ambiente e experiência da pessoa envolvida.

A idéia de que a automação significa perda de empregos, deveria ser repensada. Ao contrário do que a maioria das pessoas pensa, a falta de automação coloca muita gente para

---

<sup>a</sup> A palavra automática significa que um mecanismo tem sua própria atuação, executando uma ação num determinado tempo requerido anteriormente como resposta a certas condições.

trabalhar, porém, as empresas ainda não automatizadas não podem competir economicamente com as empresas automatizadas por causa de sua baixa produtividade e por isso elas são forçadas a demitir muita gente ou mesmo encerrar suas atividades. Sendo assim, a automação significa ganho de tempo e produtividade e estabilidade de emprego devido ao aumento da eficiência e economia.

A primeira vez que se relacionou automação com instrumentação foi quando o termo: controle automático de processo foi usado. Diferentes instrumentos são empregados para a realização do processo de automação, como exemplo, os instrumentos com funções de medir, transmitir, comparar e atuar em processos. Com o aumento da complexidade dos processos, conseqüentemente, houve aumento das exigências de produtividade, de segurança e de proteção do meio ambiente. Então, surgiu à necessidade de monitorar o controle automático, sendo assim, um novo nível de instrumentos se fizeram necessários, os instrumentos com funções de monitoração, alarme e intertravamento, disso advém o termo automação. Além das aplicações mencionadas tem-se o uso da automação em processos discretos e de batelada, onde existe operação lógica de ligar e desligar e o controle seqüencial, na maioria das vezes o sistema de controle aplicado é o Controlador Lógico Programável (CLP). A aplicação de automação eletrônica nos processos industriais resultou em vários tipos de sistemas, que podem ser geralmente classificados como: máquinas com controle numérico, CLP, sistema automático de armazenagem e recuperação, robótica, sistemas flexíveis de manufatura (SMITH & CORRIPIO, 1985).

Para ensinar todas as técnicas mencionadas o docente deve ter uma postura pró-ativa de forma a administrar as aulas dinamicamente para conseguir prender a atenção dos discentes. O emprego de novas técnicas didáticas através de programas aplicados na área de engenharia surgiu para auxiliar o professor no processo de ensino. Logo, a modernização do modo de ensino permite uma visão sistêmica do objeto de estudo sendo esta muito importante para o ensino na área da engenharia. Toda esta metodologia de ensino não tem como intenção diminuir o trabalho do professor, mas sim, melhorar a capacidade do docente de repassar o conhecimento. Logo, foi o objetivo deste trabalho verificar se os conceitos poderiam ser aplicados em um laboratório didático utilizando o PBL.

## **2. PERFIL DO PROFISSIONAL**

A disciplina de Controle e Automação de Sistemas é uma das matérias do curso de Engenharia de Controle e Automação oferecido na Universidade Paulista (UNIP).

Tem-se como meta do curso formar profissionais intitulados Engenheiros de Controle e Automação com ênfase em Mecatrônica. Aprendem além da engenharia mecânica clássica, é dada ênfase em mecânica fina e em eletrônica de comando/controle, com parte prática em laboratórios de automação, de computação, robótica e instrumentação (WIGHTMAN, 1972). Ao término do curso os profissionais devem estar capacitados em atuar na projeção, instalação e gerenciamento de sistemas computadorizados para controle da produção industrial; criação de equipamentos para uso em linhas de produção automatizadas; projeção e programação de robôs industriais utilizados no processo de fabricação; utilização de máquinas programadas por computadores para a fabricação de peças mecânicas entre outros.

Atualmente, a maioria dos profissionais que atuam neste mercado não tem preparo suficiente para o exercício da função. Cumpre salientar que o curso de Engenharia Mecatrônica foi criado justamente como uma resposta às necessidades das indústrias, especialmente de grande porte. O mercado de trabalho é crescente, especialmente na indústria nacional, na qual a automação é uma necessidade quando se busca maior competitividade (redução de custos e melhoria da qualidade).

O profissional pode atuar nas indústrias de automação, de informática, têxteis, metalúrgicas, de cerâmicas, automobilísticas, mecânicas etc. Dessa forma, objetiva-se formar

um profissional apto a trabalhar na indústria moderna, na área de automação. Dentre muitos autores, BRUCIAPAGLIA & FARINES (1990) descrevem a necessidade de modernização dos conteúdos e dos currículos dos cursos de engenharia para atender a demanda de profissionais das áreas de Controle de Processos e Automação Industrial. BOTTURA & PEREIRA (2011) apresenta métodos de motivação para aumentar o número de jovens interessados no curso de engenharia de automação em países como os Estados Unidos e o Brasil e como aumentar a participação dos estudantes na Sociedade Brasileira de Automação.

O curso propicia ao aluno projetar e implantar instalações prediais, canais, barragens pequenas, proteção contra incêndio, automação de processos químicos em geral e, além disso, possibilita a atuação no setor administrativo como, por exemplo, controle do recebimento e emprego de materiais/tecnologia utilizados em tais instalações. Devido ao conhecimento obtido durante o curso, estes profissionais também poderão prestar serviços junto a laboratórios dedicados ao controle de qualidade, desenvolver projetos de sistemas de controle avançado aplicados a processos físicos (mecânicos, elétricos, químicos), ter participação ativa junto a programas de controle do meio ambiente, equipes de análise e controle de impacto ambiental (TAYLOR, 1989). Graças a sua ampla grade curricular está apto a realizar vistorias, avaliações e laudos técnicos, dentro de seu campo profissional. Podendo, ainda, exercer o ensino e à pesquisa tecnológica.

### 3. METODOLOGIA

O foco do curso é a aplicação da teoria de controle moderno de processos contínuos e no tempo e a tempo discreto em processos industriais, bem como as aplicações tecnológicas de automação.

A disciplina escolhida tem como conteúdo programático o ensino da Teoria de controle com Variáveis de Estado envolvendo a modelagem de sistemas, as formas canônicas, o projeto de sistemas dinâmicos com variáveis de estado, algoritmos de controle avançado, controle *fuzzy logic*, modelagem e controle com redes neurais artificiais (RNA's), controle preditivo, conceitos de MPC (*Model Predictive Controllers*), otimização de sinais de controle. Também é ensinada a aplicação de Controladores Lógicos Programáveis (CLP), programação *Ladder Digital* (LD), o uso de temporizadores, contadores e malhas de controle analógico em CLP's.

Todas as outras Universidades Paulista têm este mesmo curso, entretanto, cada professor ministra a seu modo resultando em diferentes índices de aprovação e aproveitamento do ensino.

A metodologia adotada no curso é o estudo de caso. Esta disciplina não sofreu nenhuma alteração até o presente momento, porém, conforme forem surgindo novos objetivos de estudos e novas normas as devidas alterações serão feitas.

Os alunos, desde o primeiro dia de aula, ficam cientes, entre outras coisas, que o método de ensino, mesmo sendo uma matéria obrigatória, é um pouco diferente do tradicional, ensino por resolução de problemas (PBL) e tendo como objetivo final o desenvolvimento de um projeto funcional. Esta matéria não necessita de pré-requisitos específicos para ser cursada. Durante o decorrer do curso os alunos recebem as informações teóricas e práticas de como proceder para o desenvolvimento do projeto, bem como, são informados sobre referências (artigos, *sites* etc) que podem auxiliá-los ao longo do curso. Todos alunos devem arranjar um grupo para trabalhar, designar um “gerente”/coordenador que vai ser o aluno responsável por administrar o andamento – cumprimento do cronograma – desenvolvimento do fluxograma, anotação no livro de projeto, simulações, material necessário, tecnologia empregada, justificativas com relação ao tipo de material/tecnologia/pessoal, estimar alterações de projeto/material/pessoal/tecnologia etc. Este aluno designado como “gerente” tem autonomia para retirar (“demitir”) um membro do grupo de não esteja se empenhando o suficiente para o

bom desenvolvimento do trabalho. Encontros extra-sala se fazem necessários devido a demanda de trabalho. Os alunos têm na instituição dois *softwares* simuladores *Triplc* da *Trilogi*® e *Click Edit* da *WEG*® capazes de simular os projetos. Os alunos têm a possibilidade de fazer o *download* dos *softwares* para obterem as versões mais atualizadas dos mesmos.

### 3.1 Laboratório

O Laboratório de Informática da Universidade Paulista de Sorocaba apresenta um grande volume de computadores já com os simuladores *SIMULINK* e/ou *MATLAB* instalados, ou seja, os alunos podem realizar simulações de como os projetos funcionarão e quais serão as alterações necessárias para otimização do mesmo. Sendo relevante mencionar que é fundamental respeitar as regras de segurança em qualquer projeto.

### 3.2 Colocando a teoria em prática

É necessário que os alunos estudem os conceitos teóricos envolvidos, e que leiam o roteiro da aula e tirem todas as dúvidas antes de começar os projetos. O discente deve obter as propriedades físicas e toxicológicas dos processos a serem desenvolvidos, e a forma de prevenir e contornar os possíveis acidentes. Maiores detalhes a respeito do desenvolvimento do projeto podem ser encontrados no livro de Ogata (1993).

Laboratório é um local de trabalho sério; onde, brincadeiras devem ser evitadas, principalmente, aquelas que dispersem tanto sua atenção, quanto de seus colegas. Deve-se trabalhar com calma, atenção e responsabilidade, ou seja, ser metódico. Estar sempre atento e respeitar as principais regras de segurança são itens fundamentais. O cuidado e a aplicação das medidas de segurança dentro de um laboratório é responsabilidade de cada indivíduo; cada um deve precaver-se contra perigos devido a seu próprio trabalho e ao dos outros.

É importante consultar o professor sempre que houver dúvidas ou ocorrer algo inesperado ou anormal durante o desenvolvimento do projeto. Desde o primeiro dia de aula os alunos são informados de como a disciplina será ministrada. A divisão em grupos deverá ocorrer desde o primeiro dia de aula, assim como, a definição de quem será o coordenador (“gerente”) do grupo. É feita a escolha dos temas. Todo material é passado eletronicamente para os alunos. Os alunos devem apenas realizar experiências previstas pelo professor; qualquer outra atividade “extra” pode ser realizada sob consulta ao professor. Após serem dadas as instruções teóricas é dado início ao desenvolvimento dos projetos. Todos os projetos em andamento devem apresentar anotações (livro de projeto) onde estão escritas todas as informações sobre cada etapa desenvolvida e que irão se desenvolver, assim como, todas as justificativas de como e porque escolheu-se este material/peça/tecnologia.

### 3.3 Estrutura do Curso

Este curso é totalmente aplicado em laboratório e tendo carga horária de 2 horas por semana, num total de 36 horas por semestre, resultando em 18 semanas de aulas. Porém, a não administração do tempo de aula bem explorada haverá necessidade de que os alunos se comuniquem após o horário de aula para o término das atividades programadas para o desenvolvimento do projeto para o dia. A disciplina é realizada em laboratório recém equipado com equipamentos novos de forma a proporcionar aos alunos a experiência de manipular equipamentos modernos. Havendo apenas a necessidade de troca de conhecimento entre o docente/ aluno e aluno/aluno.

O curso tem como objetivo maior mostrar aos alunos que o papel da importância de projetar e desenvolver um trabalho/projeto. Este trabalho também pode fornecer dados



qualitativos e quantitativos, a ser usados em tomada de decisão. Para que estas decisões sejam tomadas da forma mais adequada os alunos devem saber identificar a importância dos valores qualitativos e quantitativos, ou seja, dados que devem descrever exatamente as características e o porquê das atitudes assumidas ao longo do projeto.

Necessitam saber correlacionar os dados obtidos e as definições prévias para tomadas de decisão, isto é, na escola dos equipamentos, os dados de laboratório podem definir o tipo de tecnologia empregada, o *status* das etapas no processo de implantação do projeto etc.

Devem avaliar tomadas de decisão técnicas, como, decisões quanto às mudanças de processo, modificações da planta ou mesmo na construção de uma nova unidade que podem ser baseadas nos resultados obtidos através das simulações. E, também, devem avaliar tomadas de decisão no setor financeiro, onde os custos financeiros, sozinhos, já são razões significativas para o cuidado extremo na análise.

### 3.4 Estrutura das Aulas

As aulas são desenvolvidas no Laboratório de Informática, com uma preleção inicial abordando os procedimentos básicos, abordagem teórica sobre os parâmetros a serem analisados e a realização dos respectivos projetos. No primeiro dia da aula do curso é feita uma apresentação do professores e colegas de salas. Tal apresentação tem como propósito verificar quais as expectativas dos alunos com relação ao curso e mapear o perfil da sala para adequar o método de ensino de acordo com a “bagagem” de conhecimento que os alunos têm. Também é exposto o conteúdo programático da disciplina, da metodologia de ensino, do critério de avaliação e da bibliografia recomendada. Tal apresentação, também, serve para os alunos terem idéia a respeito do seu professor e de seus colegas de salas criando, assim, um relacionamento de equipe. É iniciada divisão em grupos para o desenvolvimento de projetos de automação de processos químicos.

Os alunos se comunicam ao longo o curso para adequar as etapas e desenvolvimento do projeto, discutem os resultados obtidos gerando um livro de projeto onde serão descobertas soluções e possíveis melhorias durante o projeto.

As aulas são divididas em duas partes: os primeiros 2 (dois) meses são ministradas as aulas teóricas. Após toda a teoria ser ministrada é dado início as aulas práticas onde os alunos continuam tendo as aulas teóricas, porém, a teoria agora é aplicada durante as aulas práticas.

### 3.5 Avaliação

Durante o curso os alunos devem entregar o livro de projeto onde serão descritas todas as experiências vivenciadas ao longo do desenvolvimento do trabalho, tais como, o livro de projeto onde devem estar registradas todas as etapas realizadas durante a realização do projeto, fluxograma, cronograma, justificativas, tecnologia, plantas. O curso não tem avaliação em formato de prova, a notas é dada de acordo com o projeto e sua funcionalidade que foi desenvolvido ao longo das 18a semanas de aula.

As apresentações dos projetos refletiram a proposta inicial onde se mostraram suficientes para avaliar a capacidade do aluno de propor, administrar/ gerenciar, e consolidar projetos de forma bastante profissional.

### 3.6 Monitoração

A monitoração durante o semestre é efetuado pelo docente e pelo “gerente” do grupo (discente responsável por monitorar toda a progressão do projeto) com o intuito de acompanhar todo o desenvolvimento do trabalho – como, cronograma, justificativa técnica, a escolha da melhor tecnologia, redução de gastos, tempo, espaço, material – e aspectos

cognitivos dos participantes, tais como a atitude pró-ativa, pensamento sistêmico, convivência para trabalho em equipe, dedicação, compromisso etc.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Até o momento a disciplina foi ministrada para quatro turmas que atingiram a média esperada mostrando grande interesse/participação na área. A avaliação é um item que acaba por não avaliar o real conhecimento e empenho dos alunos, por este motivo, o curso aproveita de forma ampla todo o conhecimento obtido, além do pré-conhecimento que o aluno já tinha como “bagagem” de fatos/situações já vivenciadas em ambientes de trabalho.

Mesmo os alunos que não têm atividade profissional e/ou pré-conhecimento técnico a respeito da matéria ensinada na disciplina consegue absorver rapidamente a teoria e já visualizar como aplicar na prática.

O uso do estudo de caso (PBL) permite que os alunos resolvam “problemas” da vida real aplicando as técnicas ensinadas em sala de aula. Geralmente, em cada turma são formados de 4 a 5 grupos. Para iniciar a resolução de cada projeto todos os alunos devem arranjar um grupo para trabalhar, designar um “gerente”/coordenador que ficará responsável por administrar o cronograma, anotar no livro de projeto todas as etapas cumpridas e todas as etapas que faltam, são responsáveis também por simular o projeto, escolher o material necessário e a tecnologia que será empregada, justificar o tipo de material/tecnologia/pessoal usado, estimar quais alterações precisarão ser feitas no projeto/material/pessoal/tecnologia entre outros. Entretanto, para tomar todas estas decisões os “gerentes” precisam fazer reuniões com os outros integrantes do grupo para discutir qual a melhor escolha. Isto faz com que os alunos comecem a ter idéias em conjunto tendo que respeitar a opinião dos colegas assim como deverão fazer em seu local de trabalho na vida real. Também, torna possível a visualização de como será trabalhar em equipe, como deverá ser colocada a opinião mediante dos colegas de trabalho. A troca de informação/ conhecimento faz com que os alunos aumentem a sua “bagagem” intelectual. É possível observar qual a importância de estarem se atualizando intelectualmente para não ficarem sem opinião sobre novas tecnologias, materiais, equipamentos, simuladores etc, fato este que também incentiva os alunos a pesquisarem, a terem o raciocínio lógico, e a trabalharem de forma sistêmica. Este item também possibilita a aprendizagem com relação a divisão de tarefas entre os colegas de trabalho e evidencia que o comprometimento das pessoas envolvidas no processo é fundamental, pois, cada etapa depende da outra, se uma não for cumprida a risca e no prazo todo o processo fica comprometido.

Atualmente, é bastante comum o uso de simuladores. Na disciplina em questão o uso dos simuladores *Triple* da *Trilogi*® e *Click Edit* da *WEG*® ajuda na visualização geral de como funcionará o projeto. Todas as etapas dos projetos em andamento devem estar escritas no livro de projeto, assim como, todas as justificativas de como e porque escolheu-se cada material/peça/tecnologia. Para tanto, os alunos devem pesquisar diferentes fabricantes comparando tecnologias, materiais e o preço. É imprescindível que os alunos façam a leitura de cada manual de instrução, de cada equipamento e de como melhor empregá-lo no projeto. O auxílio dos simuladores permite a observação desde a planta do processo, a escolha das peças, o porquê colocar uma válvula no lugar de outra, como ligar um item a outro, como automatizar, até a simulação do processo como um todo. Caso algum componente, válvula, ligação tenha sido colocada em lugar errado ou forma invertida o simulador não funciona (não roda). Está é uma forma de evitar o desperdício e gastos desnecessários nas empresas, sem mencionar que evita contaminação da natureza. A automatização do processo também é bastante estudada e aplicada em todos os projetos ajudando a reduzir custo e diminuir riscos de acidentes.

## 5. CONCLUSÃO

A primeira indagação que é feita pelos alunos, principalmente na área de exatas, independente do grau de escolaridade, é: “Onde vou usar isso?”. Usando a metodologia de PBL fica mais fácil de mostrar onde serão aplicadas as teorias na prática, ou seja, em casos reais. Isso desperta nos alunos o interesse em querer aprender mais. Aplicando esta metodologia nota-se um grande interesse em participar ativamente da disciplina, o que demonstra que o método de ensino é favorável tanto para o aluno quanto para o docente. Mesmo que para matricular-se neste curso não haja necessidade de pré-requisitos específicos, as turmas possuem experiências de caráter prático de forma a aplicá-las durante as aulas enriquecendo-as com fatos reais.

Este estudo de caso demonstrou que a utilização do (PBL) permitiu o favorecimento da formação do raciocínio sistêmico nos discentes, além de incentivá-los a procurar por novos casos para tentar solucioná-los aplicando às novas técnicas adquiridas durante as aulas. Torna-se relevante observar que este estudo também indicou que, mesmo sem a existência de avaliação, é possível ter a participação e envolvimento de todos discentes resultando em aprovação de 99% dos alunos. De todos os projetos desenvolvidos pode-se dizer que cerca de 60% deles foram implantados nas empresas que os discentes trabalham promovendo, em alguns casos, a mudança de cargo e aumento salarial.

Desde o início notou-se atitudes que corroboram com a meta da disciplina, atitudes de conscientização ambiental: alunos interessados em trazer problemas ambientais para serem resolvidos, além de atuarem na forma de equipes auto-gerenciadas. É importante observar que a maioria das soluções, inclusive para tratamentos de resíduos, foram encontradas pelos alunos.

### *Agradecimentos*

Ao Laboratório de Informática da Universidade Paulista de Sorocaba (UNIP-SO).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTTURA, C. P. & Pereira, C. E. Points in the History of the Brazilian Society of Automatics. **SBA: Controle & Automação, Campinas - SP**, n.1, v. 22, 2011.
- BRUCIAPAGLIA, A. H. & Farines, J-M. Formação de Recursos Humanos em Controle e “Automação Industrial”. **SBA: Controle & Automação**, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis – SC, 205-218, 1990.
- LIMA, W.C. 10 Anos de Produção Científica em Automação no Brasil. **SBA: Controle e Automação**, n.1, v.1, p. 3-10, 1987.
- OGATA, K., **Engenharia de Controle Moderno**, Universidade de Minnesota, PHB - Prentice Hall do Brasil, 1993.
- RIBEIRO, M. A. Automação Industrial. **Tek: Treinamento & Consultoria Ltda**, ed. 4, 498 p., Salvador - BA, 1999.
- SMITH, C.A. & Corripio, A.B., Principles and Practice of Automatic Process Control, New York, **John Wiley**, 1985.
- TAYLOR, J.R., **Quality Control Systems**, Singapore, McGraw-Hill, 1989.
- WIGHTMAN, E.J., **Instrumentation in Process Control**, London, Butterworths, 1972.

## **TEACHING'S TECNOLOGY BY "PBL" TO SUPERIOR LEVEL OF INDUSTRIAL CONTROL AND AUTOMATION**

**Abstract:** *This paper is focused on the verification of teaching's understanding obtained during the Industrial Control and Automation Course given by using an important tool, "teaching by problem's resolution (PBL). This paper intends to understand the importance of phenomenon, concepts and techniques related to developing of the projects of controls and automation in, for example, automation of chemical process: using e controlling of valves on/off, tabulation, developing control panel, and others. This work also evaluates the understanding's retention obtained by presentation and functionality of project which, to be solved, need theoretical concept given dynamically since the beginning of the course.*

**Key-words:** *Industrial Automation, Teaching by Problem's Resolution (PBL), Process Control.*