



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.  
ISBN 85-7515-371-4

## **O ENSINO DE ENGENHARIA POR MEIO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE ELETRÔNICA: UMA REFLEXÃO ENTRE A MONTAGEM NO PROTOARD E A SIMULAÇÃO.**

**David Bianchini** – davidb@puc-campinas.edu.br  
PUC-CAMPINAS, Faculdade de Engenharia Elétrica  
Rod D Pedro I, km 136 Parque das Universidades  
CEP – 13086-900 – Campinas – São Paulo

**Francisco de Salles Cintra Gomes** – salleswork@directnet.com.br  
PUC-CAMPINAS, Faculdade de Engenharia Elétrica  
Rod D Pedro I, km 136 Parque das Universidades  
CEP – 13086-900 – Campinas – São Paulo

***Resumo:** Este trabalho tem por objetivo tecer reflexões sobre o ensino de engenharia considerando o aprendizado de alunos de engenharia elétrica diante dos desafios de compreender os fenômenos de eletrônica e eletricidade por meio de experimentos desenvolvidos através de simulações via software PSPICE e montagens em bancadas. O estudo busca apreender a visão do aluno diante destas duas possibilidades didáticas e tecer considerações para uma futura oferta de laboratórios virtuais, acessados pela Web.*

***Palavras-chave:** Simulação, Web-Lab, Ensino-aprendizado.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento do ensino de engenharia encontra em seus pressupostos metodológicos a importância de aliar teoria à prática de tal forma possibilitar o desenvolvimento do estudante habilitando-o ao exercício de sua profissão.

Dentro deste quadro insere-se a importância dos laboratórios, onde múltiplas e diferenciadas experiências são ofertadas durante o curso com o intuito de desenvolver a capacidade do aluno de aplicar os conhecimentos hauridos nas aulas teóricas ampliando sua percepção da realidade, sua compreensão dos fenômenos físicos sobre os quais irá atuar ao longo de sua carreira profissional.

A engenharia como um todo, e a engenharia elétrica em particular, não podem prescindir de bons laboratórios para atender a este objetivo. O engenheiro em sua trajetória profissional deverá estar apto para aplicar seus conhecimentos teóricos na solução dos inúmeros problemas que seu campo de conhecimento irão lhe apresentar. Ocorre, no entanto que nem

todas as disciplinas presentes na grade curricular dispõem da possibilidade de serem lecionadas com a presença simultânea de um laboratório. Isto se deve a diversos motivos, e dentre os principais fatores pesa fundamentalmente os recursos financeiros para implementação destes laboratórios, que acabam por implicar em Universidades particulares em uma elevação do custo das mensalidades com repercussão negativa para a sociedade.

Este contexto tem levado a busca de soluções menos onerosas para se resolver a questão pedagógica que pede em muitas disciplinas a exigência de procedimentos didáticos que possibilitem ao estudante compreender melhor a abstração que certos conceitos e teorias apresentam. Destas soluções salientamos o uso de recursos de informática, softwares e aplicativos, desenvolvidos especialmente com o objetivo de suprir a falta de laboratórios específicos.

## **2. LABORATÓRIOS VIRTUAIS**

A solução para as limitações de recursos de investimentos para laboratórios se apresenta factível por meio da implementação de laboratórios virtuais. Devido ao avanço da tecnologia atual é possível a criação deste tipo de laboratórios a partir de CD-ROM como pela Web. Este último traz as facilidades oferecidas pela possibilidade de um estudo a distância (EaD), e oferecem ao professor ferramentas que permitem a simulação ou emulação de sistemas através de processamento de dados, sons e imagens que são acessíveis através da rede mundial Internet e habilitam interoperabilidade de dados e aplicativos.

Segundo QUEIROZ (1998) é possível estabelecer uma classificação dos laboratórios virtuais considerando o quanto este aluno tem possibilidade de interagir com ele, sendo assim classificados como laboratório de hipermídia (baixa interação, acesso a informações), de simulação (permite simular experiências que executaria em laboratório real) e de tele-presença real (onde há interação com o ambiente remoto e se executa procedimentos que atuam remotamente em um dado experimento).

### **2.1 Da importância de procedimentos de simulação**

Muitos dos problemas encontrados na engenharia, tais como o melhor aproveitamento de um dado equipamento, tem na simulação de sistemas um caminho para serem resolvidos. A simulação de sistemas insere-se no âmbito da pesquisa operacional a qual envolve um conjunto de técnicas matemáticas aplicadas para esta finalidade.

Conforme BERTALANFFY (1975) os sistemas estão por toda parte e pensar em termos de sistema é dominante nas mais diversificadas áreas. A simulação de sistemas tem especial importância uma vez que o estudo de sistemas reais apresenta uma série de dificuldades para sua análise, podendo ser citadas dentre estas as questões de acesso, aumento da velocidade, medição, altos riscos ou mesmo os custos envolvidos. Também conhecido como "Simulação de Eventos Discretos", é uma tecnologia que permite criar uma reprodução virtual do processo em análise dentro do computador, que tanto pode ser uma central de atendimento, como uma frota de caminhões ou mesmo roteadores de uma rede de comunicação de dados, etc. Uma vez criado este modelo virtual, pode-se aplicar nele todos os projetos de melhoria pretendidos, descobrindo, antecipadamente os seus pontos fracos e fazendo os ajustes adequados, antes de sequer mexer no processo real.

A Simulação apareceu como uma poderosa ferramenta da pesquisa operacional já no início da década de 50, e a Simulação computacional se mostra como uma alternativa flexível, de baixo custo, visto a capacidade dos atuais computadores pessoais e os inúmeros pacotes de software elaborados para este fim. Em especial é importante para análise do desempenho de sistemas de telecomunicações, e observa-se no ambiente acadêmico através de diversas dissertações e teses que oferece um papel significativo para análise de desempenho de redes de comunicações de dados apoiadas em tecnologias tipo, ATM – Modo de Transmissão Assíncrona, Frame - Relay ou mesmo em redes apoiadas em protocolo TCP/IP, MPLS, dentre outros.

Segundo Shannon, citado por STRACK (1984) a simulação não deve ser vista como uma teoria, mas sim uma metodologia de resolução de problemas sendo, portanto, um método de modelagem que não gera soluções por si só, servindo como técnica para atuar “da mesma maneira” que o sistema estudado, donde são obtidos dados estatísticos de desempenho para análises.

Para ANDRADE NETO (2001) há diversas técnicas de simulação, sendo que para sistemas de comunicação as principais são as simulações orientadas a tempo (time driven), simulação orientada a fluxo de dados (data-flow ou data driven) e a simulação orientada a eventos (discret-event ou event-driven).

Em síntese a simulação, conforme NAYLOR (1971) pode ser utilizada como material pedagógico, para ensinar habilidades básicas na análise teórica, na análise estatística e na capacidade de tomada de decisão.

## **2.2 Entre o fazer e o simular: o aprendizado real.**

O entusiasmo pelas possibilidades oferecidas por recursos computacionais poderia comprometer o aprendizado real de estudantes de engenharia, se seu curso viesse a se apoiar mais intensamente em laboratórios virtuais, em experimentos de simulação computacional?

Fazendo um apanhado geral, a realidade da sala de aula de um curso de engenharia é rica em cálculos matemáticos, em exercícios numéricos que vem sustentar e reforçar os conhecimentos teóricos apresentados em sala de aula pelo professor. Outros caminhos mostrados pelo professor vão desde histórias e fatos corriqueiros, até vivências dos grandes mestres que com seu saber deram soluções aos problemas de sua época.

Também encontramos uma grande variedade de métodos empregados na engenharia para resolvermos os diversos problemas, nas mais diversas situações. Se antes fazíamos um protótipo ou um modelo físico, agora com os computadores e com o aperfeiçoamento dos modelos matemáticos, somos capazes, através dessas ferramentas, de calcularmos os valores desejados e de fazermos previsões levando em conta os fenômenos físicos e obtendo com grande precisão os resultados de acordo com a realidade.

A geração de engenheiros foi vivenciando o surgimento dos computadores e dos sucessivos programas de simulação. No início esses programas eram bem simples e até com algumas falhas que foram sendo aperfeiçoadas com o tempo. Atualmente encontramos uma grande variedade de programas de simulação, uns mais específicos para uma determinada aplicação e outros mais gerais. Alguns desses programas são capazes de orientar o usuário que com um pouco de experiência de outros programas rapidamente se desenvolve no programa apresentado de uma maneira rápida e segura.

Os programas atuais de simulação orientam o usuário evitando falhas ou erros simples para a simulação. Podemos dizer que um usuário médio é capaz de simular com a ajuda dos recursos do próprio programa de simulação. Mas certamente o que vai lhe faltar será a capacidade de interpretação do que foi feito e do que está acontecendo.

Os alunos de hoje se deparam com uma realidade presente no seu dia-a-dia que são os computadores e os programas de simulação.

### 2.3 Compreendendo a visão do estudante.

O trabalho que ora se desenvolve busca apreender a visão do estudante em seu processo de aprendizado, com intuito de dimensionar melhor a porcentagem de experimentos de simulação face aos experimentos de bancada, onde o aluno se vê diretamente envolvido com a aplicação de conceitos e manipula, ele mesmo, equipamentos e dispositivos específicos em busca de constatar a realidade dos fenômenos estudados em teoria.

Compreende-se que há alunos que apresentam especial desempenho na sala de aula, tanto na compreensão dos conceitos ensinados, como a aplicação dos mesmos em projetos de bancadas e na simulação por softwares específicos. No entanto, outros encontram grande dificuldade na construção de seu conhecimento e segundo BAZZO e PEREIRA e LINSINGEN (2000) o sistema educativo em geral imputa ao aluno os fracassos de seu aprendizado, justificando-o na falta de esforço e dedicação individual.

Mas não podemos olhar este problema de forma tão simplista e encontramos em GRINSPUN (1999) uma colocação norteadora quando nos aponta que a educação tecnológica tem um compromisso não só com a tecnologia, mas também com o homem que é capaz de produzi-la e transformá-la.

Por este motivo, o professor deve olhar sua realidade, buscando compreendê-la através de um olhar crítico, por meio de estudos e pesquisas que desvelem o motivo de seus acertos e fracassos na tarefa de preparar este estudante para sua vida profissional.

### 2.4 O Público alvo estudado e a metodologia de pesquisa.

Esta pesquisa foi realizada com alunos de engenharia elétrica, matriculados no 3º ano, nas modalidades de computação e elétrica com habilitação em telecomunicações, no ano de 2005.

O intuito do trabalho se voltou para apreender desta população se o aprendizado acontecia de forma mais evidente quando experiências eram realizadas por meio de simulação em software PSPICE ou em bancada na implementação direta com dispositivos e equipamentos.

A pesquisa foi realizada por meio da aplicação de um questionário com perguntas fechadas e abertas, portanto com respostas de múltipla escolha, e espaço onde os alunos poderiam colocar seus comentários. O enfoque principal foi a respeito da teoria apresentada em sala de aula sobre dispositivos eletrônicos (diodos e transistores) em relação ao laboratório com montagens e com simulações.

### 2.5 Os dados colhidos

O foco das questões buscava apreender onde se obtinha uma aprendizagem mais eficiente nestes dois tipos de experimentos que aplicavam os conhecimentos teóricos, um deles consistindo em **montagens** feitas em *protoboards* (placas especiais para inserção de dispositivos como diodos, resistores etc. e alimentação elétrica) e equipamentos como osciloscópios, geradores, dentre outros, e a **simulação** da mesma experiência através do software PSPICE vs 9.0, em microcomputador PC. A montagem se realizava em grupos de 3 alunos, e diante do computador ficavam de 2 a 3 alunos.

Ao todo foram 73 alunos, participantes de duas salas, nos períodos matutino (41 alunos do curso de Engenharia Elétrica - Computação) e noturno (32 alunos da Engenharia Elétrica - telecomunicações). Os questionários foram passados nas aulas de laboratório, uma semana após a realização dos experimentos. Face ao número de alunos na teoria tem-se para uma sala

teórica duas salas de laboratório, fazendo com que fossem utilizadas salas de diferentes professores de laboratório, da mesma disciplina, buscando com isso evitar qualquer tendência deste ou daquele docente com relação a preferências por um determinado tipo de experiência.

Do conjunto das respostas apresentadas depreende-se fortes indícios que julgamos ser importante salientar e que podem ser apresentados de uma forma sucinta, da seguinte maneira;

Primeiramente, o que sobressai no conjunto do trabalho, como um todo:

- É fundamental ter montagem e simulação nas aulas de laboratório. O laboratório só com montagens ou só com simulações é percebido como incompleto pelos alunos.
- O aluno sente necessidade da montagem prática. Só a simulação não o satisfaz, que se sente inseguro quanto ao seu aprendizado.

Que se apreende de uma posição clara dos alunos:

- A maioria prefere uma quantidade maior de aulas práticas (montagens/ experimentos) e a simulação é vista como um complemento para seu aprendizado.
- O tempo gasto na montagem prática é maior e sugere exigir mais conhecimento teórico.
- Os alunos do curso de engenharia elétrica-computação querem mais experiência práticas.

Outros posicionamentos possíveis de abstrair das respostas dos alunos:

- A interpretação da simulação não é compreendida na sua totalidade por eles. Fazer a simulação é fácil, sua dificuldade está na interpretação. Ou seja, se os alunos não souberem interpretar, então a simulação não terá sentido.
- Para executar uma montagem julgam necessário saber mais teoria do que para um mesmo experimento de simulação

Buscando compreender onde os alunos encontravam maior dificuldade, uma das questões propostas tornava isto visível a problemática, inquiria diretamente:

Onde se exige mais conhecimento da teoria vista em aula? Suas respostas apontaram:

	<b>Aluno Elétrica - Computação</b>	<b>Aluno Elétrica – Telecom.</b>
Na Montagem	56 %	50 %
Na Simulação	15 %	25 %
Indiferente	29 %	25 %

Tabela 1 – Quadro comparativo entre alunos de ambas modalidades evidenciando o grau de dificuldade encontrado no momento de aplicar a teoria aos diferentes experimentos.

No sentido de compreender a apreensão da teoria ensinada, a questão indagada No entendimento da teoria, onde se contribuía mais para o aprendizado, na montagem ou na simulação ?

	<b>Aluno E. Elétrica - Computação</b>	<b>Aluno E. Elétrica – Telecom.</b>
Na Montagem	49 %	34 %
Na Simulação	20 %	6 %
Na Montagem e na Simulação	31 %	60 %

Tabela 2 – Quadro comparativo entre alunos de ambas modalidades evidenciando o quanto de teoria estava na memória no momento de aplicar a teoria aos diferentes experimentos.

Para compreender suas ações, a interpretação dos resultados obtidos, comparando-os com a teoria estudada, e o fato de ser apreendido mais facilmente, uma questão voltada para este ponto indagava: Onde você interpreta mais facilmente os resultados obtidos: na montagem ou na teoria? Constatou-se que:

	Aluno E. Elétrica - Computação	Aluno E. Elétrica – Telecom.
Na Montagem	49 %	47 %
Na Simulação	24 %	22 %
Indiferente	37 %	31 %

Tabela 3 – Quadro comparativo entre alunos de ambas modalidades evidenciando o grau de facilidade encontrado no momento de aplicar a teoria aos diferentes experimentos

Analisando as tabelas acima podemos apreender que na visão dos alunos a montagem tem predominância sobre a simulação no que se refere ao processo de aprendizagem. Na tabela 2 vemos uma porcentagem de 60 % para os alunos modalidade telecomunicações, que nos dizem que "a teoria ensinada se apresenta em sua memória, facilitando sua ação tanto na Montagem quanto na Simulação". Buscando-se uma hipótese para estes resultados, considerando que o perfil dos estudantes é semelhante, e os professores são os mesmos em ambas, foi analisado o projeto pedagógico de cada curso e foi observado que a Engenharia Elétrica ênfase em telecomunicações contempla uma maior proximidade com hardware embora também contemple disciplinas com aplicação de programação, o mesmo não ocorrendo com a ênfase em computação.

## 2.5 Indicações, ganhos e novas pesquisas.

Dentro do cenário atual observamos o recrudescimento das intenções em se disponibilizar laboratórios para acesso via Internet, com alguns cursos se apoiando apenas em soluções virtuais para realizarem o complemento prático do estudo desenvolvido em sala de aula. A pesquisa desenvolvida com este grupo de alunos nos sugere a necessidade de uma cautela um pouco maior quanto ao real aprendizado que estas soluções possam apresentar. No entanto considerando que a população estudada se mostra insuficiente para uma conclusão mais ampla, estudos mais abrangentes dentro da mesma perspectiva precisam ser elaborados para se compreender a real validade destas soluções.

Na figura.1 buscamos esboçar a dinâmica que os experimentos nos apontaram para o aprendizado dos alunos considerando um grau de prioridade entre a exposição da teoria, a implementação em bancada e a simulação alcançando ao final a fixação de um novo conceito.

Do ponto de vista didático tivemos benefícios em se conhecer em qual dos recursos se obteve uma melhor relação ensino-aprendizagem, o que orientou o professor na preparação dos seus laboratórios. Para o grupo pesquisado, encontramos uma outra forma de abordar o conteúdo programático da disciplina, adequada ao perfil da maioria dos alunos, fugindo da metodologia tradicionalmente aplicada nesta disciplina..

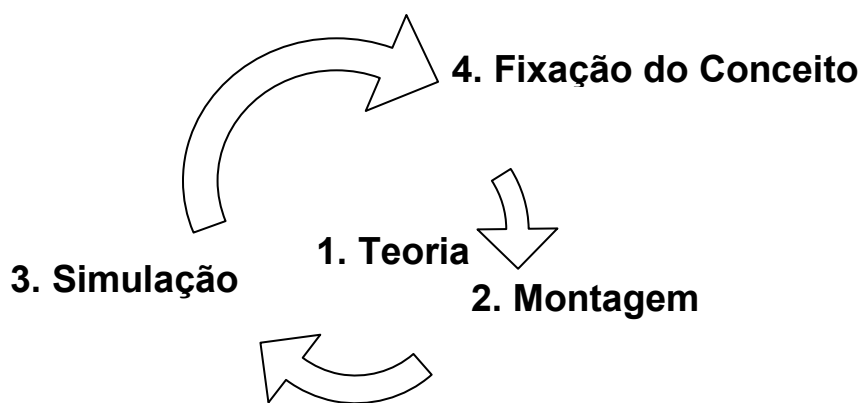


Figura 1: dinâmica de aprendizagem envolvendo exposição teórica, implementação e simulação.

Na pesquisa se evidenciou que nas montagens o tempo gasto para a sua realização é maior que para um mesmo experimento por meio de simulação. Esse fato nos leva a acreditar que, para o mesmo tempo de aula, poderemos, partindo desta "plataforma" de montagens chegarmos muito mais longe, depois, com simulações mais complexas, dando condições para que os alunos possam ter um conhecimento mais profundo e uma melhor fixação de conceitos. Novos estudos poderão ser feitos em relação a fixação dos conceitos a partir daí.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso ponto de partida era entender o quanto montagens e simulações contribuem para a teoria apresentada em aula. A exemplo de pergunta orientadora se indagava, do ponto de vista pedagógico, se seria suficiente para um bom aprendizado se dispor de um laboratório só com simulações?

A primeira de nossas conclusões é que do ponto de vista destes alunos, entre montagem e simulação, eles preferem mais a montagem prática. Os alunos estudados em nossa pesquisa sinalizam fortemente que com a montagem prática se sentem mais seguros e confiantes no que estão fazendo. O papel da montagem é reforçar a estrutura básica onde se apoia o conceito visto na teoria, daí o fato da simulação se apresentar apenas como um complemento.

Os fenômenos físicos que são observados e analisados nas montagens permitem aos estudantes maiores reflexões melhorando o entendimento dos conceitos, estruturando o conhecimento em suas mentes e preparando-os para os temas mais complexos que virão a frente. Esta questão da importância do "fazer" encontra nos estudos de Liv Mjede, citado por BARATO (2004), uma importante relação entre o trabalho das mãos e da mente, sendo que estes estudos nos apontam que para a formação profissional o trabalho da mente é resultante dos trabalhos das mãos, dando à prática uma posição superior a abordagem puramente teórica.

Outro fato relevante se encontra no fato que os atuais softwares de simulação são cada vez mais amigáveis, de uso fácil e simplificado, e os resultados logo são apresentados, contudo exigem do aluno uma maior capacidade de abstração e profundidade teórica para sua interpretação.

Um outro ponto importante que nos revela as respostas dos alunos pesquisados é que a montagem prática exige mais conhecimento teórico para a sua implementação correta, constituindo-se em um desafio intelectual e prático. Os softwares por serem didáticos, com explicações e ajudas ao longo da montagem, facilitam por demais este processo e o aluno se vê diante de um resultado apresentado na "tela" que não sabe interpretar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE NETO, Ernesto Luiz. **Ambiente de Simulação de redes a ambientes discretos**. UNICAMP. Tese de Doutorado. 2001. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BARATO, J. N. **Educação Profissional: saberes do ócio ou saberes do trabalho?** São Paulo: SENAC SÃO PAULO, 2004.
- BAZZO, W. A ; PEREIRA L. T. do V. **Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: UFSC, 2000.
- BERTALANFFY, Ludwig Von; **Teoria Geral dos Sistemas**. Rio de Janeiro: Vozes, 1975.
- GRINSPUN, M. P. S. Z.(org) **Educação Tecnológica: desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez, 1999.
- NAYLOR, Thomas H. BALINTFY, Josejp L., BUDICK, Donald S. CHU, Kong. **Técnicas de simulação em computadores**. São Paulo: Vozes, 1971.
- QUEIROZ, L. R. **Um laboratório virtual de robótica e visão computacional**. 1998. (Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Computação, Universidade estadual de Campinas, Campinas.
- STRACK, Jair. **Modelagem e Simulação de Sistemas**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos editora S.A., 1984.

### THE TEACHING OF ENGINEERING THROUGH VIRTUAL LABORATORIES: A REFLECTION BETWEEN THE IMPLEMENTATION AND THE SIMULATION

***Abstract:** This work has for objective to weave reflections on the engineering teaching considering the students' of electric engineering learning before the challenges of understanding the electronics phenomena and electricity through experiments developed through simulations through software PSPICE and assemblies in benches. The study search to apprehend the student's vision due to these two didactic possibilities and to weave considerations for a future offer of virtual laboratories, accessed by the Web.*

***Key-words:** Simulation, Web-Lab, Teaching-learning.*