



## **O Ensino da Engenharia Por Meio de Laboratórios de Simulação Computacional: *PSPICE*, Uma Reflexão Sobre a Importância do Uso da Simulação na Análise de Circuitos Elétricos e Eletrônicos**

**José Alberto Diaz Amado<sup>1</sup>, Amélia Moreira Santos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Professor do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – IFBA. e-mail: sportingjadal@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Elétrica - IFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: amelia\_melmm@Hotmail.com

**Resumo:** Esta pesquisa de levantamento e estudo de caso tem por objetivo tecer reflexões sobre a importância do uso da simulação na análise de circuitos elétricos e eletrônicos no que tange o ensino da engenharia considerando o aprendizado dos discentes de engenharia elétrica diante dos desafios de compreender os fenômenos elétricos e eletrônicos na análise de circuitos por meio de experimentos desenvolvidos através de simulações utilizando o *software PSPICE*. O estudo busca abranger a visão do professor diante desta possibilidade didática e suscitar considerações reais para a futura oferta de um laboratório virtual via *software PSPICE* no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Vitória da Conquista.

**Palavras-chave:** ensino-aprendizagem, laboratórios virtuais, software

### **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 discente 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 a finalidade de desenvolver a capacidade do discente em aplicar os conhecimentos hauridos nas aulas teóricas dilatando sua percepção da realidade, sua compreensão dos fenômenos físicos sobre os quais irá atuar ao longo de sua carreira profissional. A engenharia em sua totalidade e a engenharia elétrica em particular não pode 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. Incide, no entanto que nem todas as disciplinas presentes na grade curricular do curso de engenharia elétrica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Vitória da Conquista, dispõem da possibilidade de serem lecionadas com a presença simultânea de um laboratório pela inexistência dos mesmos na instituição. Este contexto tem levado a busca de soluções menos onerosa 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 como o *software PSPICE*, desenvolvido especialmente com o objetivo de suprir a falta de laboratórios específicos, já que o mesmo por ser um *software*, pode ser utilizado em laboratórios de informática.

### **2. REVISÃO HISTÓRICA DA SIMULAÇÃO UTILIZANDO *PSPICE***

Um simulador é um aparelho ou *software* capaz de reproduzir e simular o comportamento de algum sistema. Os simuladores reproduzem fenômenos e sensações que na realidade não estão ocorrendo, ou seja, um simulador pretende reproduzir tanto as sensações físicas como o comportamento dos equipamentos e ainda utilizar qualquer produto final sem haver a necessidade de se gastar matéria prima. Até 1960, só era possível à análise do funcionamento das grandes redes elétricas em regime senoidal com o auxílio de computadores analógicos, compostos de um conjunto de amplificadores e elementos lineares, interligados por cabos e interruptores. Com a disponibilidade de computadores digitais e principalmente de linguagens de programação mais fáceis, foram feitas diversas tentativas de utilização de computadores para a solução dos sistemas de equações relacionados com os diversos tipos de circuitos. Nessas tentativas pioneiras, verificou-se que a análise de circuitos elétricos e eletrônicos através de equações obtidas pelo método das correntes de malhas,



apesar de conveniente para a análise manual, revela-se de difícil implementação em um programa de computador. Já no caso da utilização de análise nodal, obtém-se de modo mais direto um sistema matricial, fazendo com que a análise do circuito se torne basicamente um problema de solução numérica do sistema de equações obtido (PEDERSON, 1984). Um grande avanço na engenharia elétrica mais precisamente na análise de circuitos elétrico e eletrônicos foi à criação do programa de simulação *SPICE* (*Simulated Program with Integrated Circuits Emphasis - Programa de Simulação com Ênfase em Circuitos Integrados*) é um *software* de simulação de circuitos analógicos. É uma poderosa ferramenta usada para testar, e antever comportamento de circuitos contendo circuitos integrados, resistores, transistores, capacitores, diodos e outros componentes elétricos e eletrônicos. O *software SPICE* foi desenvolvido no ano de 1972 pelos pesquisadores Larry Nagle e Donald Pettersen nos laboratórios de pesquisas sobre eletrônica da *Faculdade de Engenharia Elétrica e Ciências da Computação da Universidade da Califórnia, Campus Berkeley*. Tornou de domínio público mais de cem cópias do programa foi fornecido gratuitamente a outras universidades e a diversas indústrias eletrônicas. Um acompanhamento feito pelo autor junto a estes usuários revelou a necessidade de melhoramentos no programa, o que levou ao desenvolvimento do *SPICE 2*, à segunda versão do programa criada em 1983. O programa *SPICE* foi escrito originalmente em linguagem *FORTRAN IV*, totalizando cerca de 10.000 comandos. Para melhorar a velocidade de processamento, algumas subrotinas de manipulação de matrizes foram codificadas em linguagem *ASSEMBLY*. A sintaxe de entrada de dados possui razoável grau de liberdade, sendo que o programa efetua nos passos iniciais uma verificação dos dados fornecidos, destinada a detectar erros. Diversos parâmetros do circuito podem ser omitidos, adotando-se neste caso valores-padrões (*default*) previamente definidos. A partir de 1984 tornou-se disponível a versão *SPICE 3*, cujo programa-fonte pode ser fornecido codificado em linguagem C para Universidades e Centros de Pesquisa. Uma vez que existem compiladores C para a maioria dos sistemas computacionais, este programa foi extensivamente utilizado e desde então tem servido como base de diversos programas comerciais. O simulador de circuitos *PSPICE* foi desenvolvido pela empresa *Microsim* em 1985, foi o primeiro programa comercial desenvolvido exclusivamente para ser usado em microcomputadores e em poucos anos já era o simulador de circuitos eletrônicos mais utilizados do mundo. Cada ano que passava, uma nova versão era desenvolvida. A *Microsim* desenvolveu seu *software* até a versão 8.0, com o nome de *Microsim PSPICE*. O *software PSPICE* foi vendido para a empresa *Cadence Design Systems*, que por sua vez mudou o nome do *software* para *OrCAD*. Nesse novo simulador os cálculos matemáticos continuaram os mesmos, mas o *Layout* de desenho mudou e o ambiente onde são mostrados os gráficos (*Probe*) teve uma leve mudança com a adição de muitas ferramentas úteis. As versões mais recentes do programa incluem a possibilidade de se efetuar simulação lógica do circuito simultânea à simulação analógica e podendo analisar até 130 elementos em 100 nós. Sendo capaz de executar três principais tipos de análise de circuitos: análise CC, análise de Transitório e análise CA. Além disto, eles também podem executar a análise de funções de transferência, análise de Fourier e análise do ponto de operação. O circuito pode conter resistores, indutores, capacitores, fonte de tensão e corrente dependentes e independentes, amp-ops, transformadores, linhas de transmissão e dispositivos semicondutores comerciais pré-modelados (TUINEGA, 1988).

### 3. 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, 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 simulação. 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.

#### **4. O PUBLICO ALVO ESTUDADO E A METODOLOGIA DE PESQUISA**

Esta pesquisa foi realizada inicialmente em livros, revistas, sites e periódicos da CAPES, mas ao decorrer dos trabalhos houve a necessidade de entrevistar os professores do curso de engenharia elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Vitória da Conquista. 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 salas apenas com as aulas teóricas. 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 professores poderiam colocar seus comentários. O enfoque principal foi a respeito da teoria apresentada em sala de aula sobre circuitos elétricos e eletrônicos em relação ao laboratório com montagens e simulações. O foco das questões buscava apreender onde se obtinha uma aprendizagem mais eficiente, nos experimentos que aplicavam apenas os conhecimentos teóricos ou na simulação da mesma experiência através do *software PSPICE* em laboratórios virtuais. Entrevistou-se 20 docentes do curso de bacharelado em Engenharia Elétrica que utilizam o *software*. Os questionários foram passados informalmente, buscando com isso evitar qualquer tendência por parte dos docentes em relação a preferências por um determinado tipo de experiência.

#### **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Do conjunto das respostas apresentadas há 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:
  - a) É fundamental ter montagem e simulação através do *software PSPICE* nas aulas. A teoria sem a prática é percebido como incompleto pelos alunos;
  - b) O aluno sente necessidade da simulação através do *software PSPICE*. Só a teoria não o satisfaz que se sente inseguro quanto ao seu aprendizado.
- Que se apreende de uma posição clara dos Professores:
  - a) A maioria prefere uma quantidade maior de aulas teórica e a simulação através do *software PSPICE* é vista como um complemento para seu aprendizado;
  - b) O tempo gasto na montagem prática é maior e sugere exigir mais conhecimento teórico;
  - c) Os alunos do curso de engenharia elétrica querem mais experiências práticas.

- Outros posicionamentos possíveis de abstrair das respostas dos professores:
  - a) A interpretação da simulação através do *software PSPICE* 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;
  - b) Para executar uma simulação através do *software PSPICE* julgam necessário saber mais teoria.
- Buscando compreender onde os alunos encontravam maior dificuldade, uma das questões propostas aos professores tornava isto visível à problemática, inquiria diretamente:
  - a) Onde se exige mais conhecimento da teoria vista em aula?

As respostas apontaram:

Tabela 1 - Grau de dificuldade encontrado na execução de diferentes experimentos.

	Professores
Na Teoria	50%
Na Simulação	30%
Indiferente	20%

No sentido de compreender a apreensão da teoria ensinada, a questão indagada era onde se contribuía mais para o aprendizado, na simulação através do *software PSPICE* ou nas aulas teórica?

Tabela 2- Os alunos têm prática no momento de aplicar a teoria aos diferentes experimentos utilizando o *software PSPICE*?

	Professores
Sim	6%
Não	60%
Indiferente	34%

Para compreender suas ações, a interpretação dos resultados obtidos, comparando-os com a teoria estudada, e o fato de ser aprendida mais facilmente, uma questão voltada para este ponto indagava:

- Onde você interpreta mais facilmente os resultados obtidos: na simulação utilizando o *software PSPICE* ou na teoria? Constatou-se que:

Tabela 3 - Grau de facilidade encontrado no momento de aplicar a teoria aos diferentes experimentos utilizando o *software PSPICE*.

	Professores
Muita	22%
Pouca	47%
Razoável	31%

Analisando as tabelas acima podemos apreender que na visão dos professores a simulação através do *software PSPICE* tem predominância sobre a as aulas teóricas no que se refere ao processo de aprendizagem. Na Tabela 2 vemos que há uma porcentagem de 60 % para os professores que acham que os alunos não têm prática no momento de aplicar a teoria aos diferentes experimentos através do *software PSPICE*. Buscando-se uma hipótese para estes resultados, considerando que o perfil dos professores são os mesmos dos estudantes, observando que a engenharia elétrica contempla uma maior proximidade do *software PSPICE* embora também contemple disciplinas com aplicação em *hardware*. Dentro do cenário atual observamos a necessidade das intenções em se disponibilizar laboratórios para acesso via Internet no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Vitória da Conquista. A pesquisa desenvolvida com este grupo de professores nos sugere a necessidade de uma cautela um pouco maior quanto ao real aprendizado que os alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Vitória da Conquista, possam

apresentar. Na Figura 1 buscou 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 outra forma de abordar o conteúdo programático da disciplina, adequada ao perfil da maioria dos alunos, fugindo da metodologia tradicionalmente aplicada.

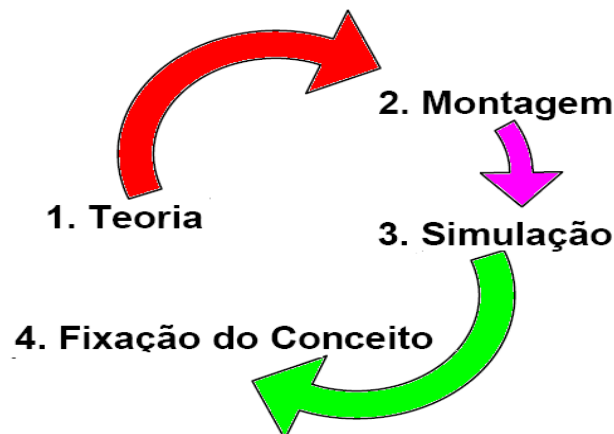


Figura 1- Dinâmica de aprendizagem envolvendo exposição teórica, implementação e simulação.

Na pesquisa se evidenciou que nas aulas teóricas o tempo gasto para a sua realização é menor que para um mesmo experimento por meio de simulação através do *software PSPICE*. Esse fato nos leva a acreditar que, para o mesmo tempo de aula, poderemos, partindo desta "plataforma" de aprendizado, chegar muito mais longe aos diversos tipos de conhecimentos, com simulações mais complexas, dando condições para que os alunos possam ter um conhecimento mais profundo e uma melhor fixação de conceitos.

## 6. CONCLUSÕES

Nosso ponto de partida era entender o quanto montagens e simulações utilizando o *software PSPICE* contribuem para o entendimento da teoria apresentada em aula. Partindo do exemplo de pergunta orientadora se indagava do ponto de vista pedagógico, se seria suficiente para um bom aprendizado se dispor de apenas aulas teóricas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Vitória da Conquista? A primeira de nossas conclusões é que do ponto de vista destes professores, entre as aulas teóricas e a simulação através do *software PSPICE*, eles preferem mais a simulação através do *software*. O papel da teoria é reforçar a estrutura básica onde se apoia o conceito visto, daí o fato da simulação utilizando o *software PSPICE* se apresentar como um complemento indispensável no aprendizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Campus Vitória da Conquista. Os fenômenos físicos que são observados e analisados nas simulações através do *software PSPICE* 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 à frente. Esta questão da importância do "fazer" encontra nos estudos de (LIV MJEDE, 1990 apud 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 à abordagem puramente teórica. Outro fator 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 exige do aluno uma maior capacidade de abstração e profundidade teórica para sua interpretação. Outro ponto importante que nos revela que as respostas dos professores pesquisados é que a simulação através do



*software PSPICE* e a montagem prática exigem mais conhecimento teórico para a sua implementação correta, constituindo-se em um desafio intelectual e prático. O *software PSPICE* por ser didático, 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". Portanto há uma necessidade incomensurável de se ofertar um laboratório virtual via *software PSPICE* no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Vitória da Conquista.

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, E. **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.

MEHL, E. **Experiência da UFPR no uso do programa SPICE para o ensino de engenharia elétrica**. Trabalho apresentado no 10º Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - João Pessoa, Novembro de 1991.

PEDERSON, D. **A historical review of circuit simulation**. IN: IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 31, nº 1 (January 1984), p. 103-111.

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, J. **Modelagem e Simulação de Sistemas**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos editora S.A., 1984.

TUINEGA, P. **A guide to circuit simulation and analysis using PSpice**. New Jersey, Prentice Hall, 1988. 200p.