

APRIMORAMENTO NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS UTILIZANDO PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO

José R.C.P. Fraga – jrfraga@feb.unesp.br

UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Bauru

Departamento de Engenharia Elétrica

Avenida Engenheiro Luís Edmundo Carrijo Coube, s/n – Vargem Limpa

CEP 17033-360 – Bauru – SP

Marcelo C. de Castro – marceloc@feb.unesp.br

UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Bauru

Departamento de Engenharia Elétrica

Avenida Engenheiro Luís Edmundo Carrijo Coube, s/n – Vargem Limpa

CEP 17033-360 – Bauru – SP

Resumo: *A plataforma Spice, desenvolvida na década de 70, tornou-se um padrão para a simulação computacional de circuitos elétricos. Muito utilizada em pesquisa científica e desenvolvimento, esta ferramenta começou a ser incluída na disciplina circuitos elétricos do curso de engenharia elétrica. Um grupo de alunos desta disciplina foi submetido a quinze sessões semanais de duas horas com a apresentação deste programa. Elas consistiram na apresentação detalhada do programa, comparações com a análise prática em laboratório e na aplicação de exercícios. As questões apresentavam um grau de dificuldade crescente e foram resolvidas manualmente, fora das sessões, e também através do programa, com acompanhamento de instrutores. Todos os tempos eram cronometrados e a atividade desenvolvida no computador gravada, permitindo assim uma análise posterior de cada um dos erros mais comuns. No início, uma pesquisa psicológica criada por FELDER e SILVERMAN, da North Carolina State University, foi aplicada, indicando assim as preferências de aprendizado de cada aluno. Além do OrCad PSpice, outro programa foi apresentado aos alunos: o EWB Multisim. A rotina de ensino e aplicação foi a mesma. Para avaliar a compreensão dos programas e dos conceitos teóricos, pesquisas foram aplicadas em determinados intervalos de tempo, possibilitando assim um acompanhamento individual dos alunos. A compilação destes resultados permitiu um melhor entendimento do perfil dos alunos deste curso, possibilitando assim uma adequação às necessidades atuais do ensino de engenharia.*

Palavras-chave: *PSpice, Multisim, Simuladores, Circuitos elétricos*

1. INTRODUÇÃO

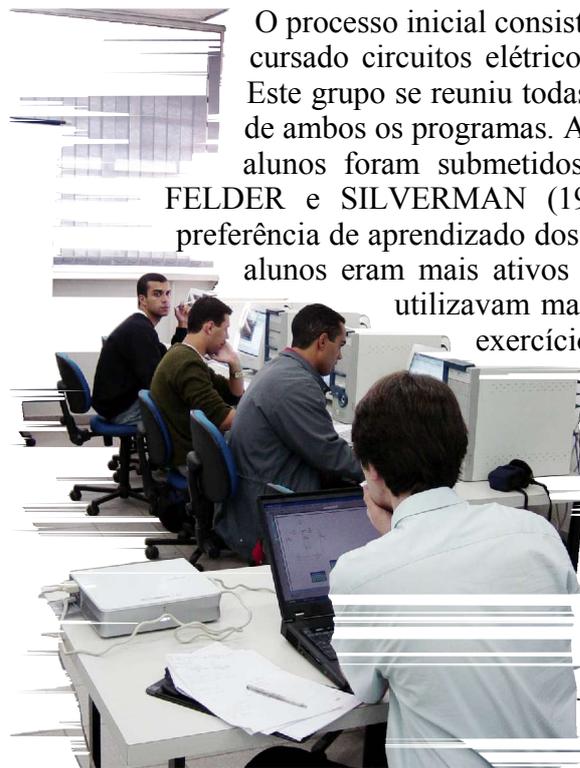
Desde meados da década de 80, vários simuladores vêm sendo desenvolvidos para facilitar a resolução de circuitos elétricos e eletrônicos. Destes pode-se destacar o programa *Spice*, criado pela *UC Berkeley*. Em versão inicialmente desenvolvida para *DOS*, o programa foi evoluindo e adquirido sucessivamente por outras empresas. A versão mais recente é o *Cadence OrCad PSpice* versão 10.0. Com uma interface simplificada de uso e comandos intuitivos, o programa se tornou um verdadeiro aliado dos professores no ensino da engenharia elétrica. Vários estudos, como SMALLEY (2002), TORRES e LOKER (2001),

ROCKLAND (1999) e DOERING (1997), comprovaram a eficiência deste na compreensão de conceitos e na resolução de exercícios.

Com mais tradição na área da eletrônica, os programas desenvolvidos pela empresa *Electronics Workbench* (EWB) têm sido grandes concorrentes para o *PSpice*. Atualmente ela dispõe do *Multisim* como programa de simulação para circuitos elétricos. Ele possui recursos avançados e conta com uma interface baseada em multímetros, osciloscópios, freqüencímetros e outros instrumentos que o aproximam de uma bancada real. Além disso, ele permite a colocação de componentes reais, com valores comerciais, facilitando assim o processo de adaptação para a realidade. Para a utilização como ferramenta educacional, o programa possui diversas ferramentas que incluem falhas nos dispositivos, valores nominais ocultos e “caixas-pretas”, que estimulam o aluno a entender as curvas que ele está obtendo e, com isso, diagnosticar o defeito presente.

A disciplina de circuitos elétricos I, existente nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica, apresenta uma grande dificuldade quando se tenta elaborar aulas concisas, mas ao mesmo tempo abrangentes. Uma das alternativas propostas foi o uso de alguns créditos desta matéria com aulas de laboratório em módulos didáticos. Os simuladores vieram como uma terceira, mas não menos importante, alternativa. Como a execução das rotinas nestes dois programas é extremamente intuitiva, o aluno se sente desafiado a explorar melhor os recursos e as respostas que um circuito pode fornecer. Este trabalho propõe avaliar como o uso intensivo destes dois programas pode ajudar no ensino tradicional da Engenharia Elétrica.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



O processo inicial consistiu na escolha aleatória de 12 alunos que já tinham cursado circuitos elétricos I no semestre anterior, mas foram reprovados. Este grupo se reuniu todas as semanas, durante 2 horas, para o aprendizado de ambos os programas. Antes de iniciar todo o processo de aprendizado, os alunos foram submetidos a uma pesquisa psicológica desenvolvida por FELDER e SILVERMAN (1988). Esta pesquisa permitiu o diagnosticar a preferência de aprendizado dos alunos. Os resultados indicaram o seguinte: se os alunos eram mais ativos ou receptivos com as informações recebidas; se utilizavam mais a intuição ou o bom senso para a resolução de exercícios; se o aprendizado era mais fácil através de informações visuais ou verbais e se preferiam as informações ensinadas de maneira global ou seqüencial.

Aplicada esta primeira pesquisa, uma avaliação sobre o conhecimento anterior do programa *PSpice* foi aplicada. Isto porque uma breve introdução deste foi apresentada durante o curso regular de circuitos elétricos I, além de alguns exercícios terem sido solicitados para estimular o uso do programa. As reuniões aconteceram em uma sala informatizada, sendo que cada aluno tinha um microcomputador disponível para uso. Os micros apresentavam a configuração a seguir, suficiente para a execução dos programas de maneira mais que satisfatória:

- Athlon XP 2,0GHz;
- HD 80,0Gb;
- 512Mb RAM;
- Monitor 15”;

- Teclado, Mouse e Unidade de CD-ROM.

Além das versões mais recentes dos simuladores instaladas, alguns programas adicionais foram utilizados para tornar os resultados da simulação mais precisos. Um deles foi o *Cronometer*, um cronômetro digital que registrava o tempo de resolução de cada exercício na tela do computador. O outro, o *Techsmith CamStudio*, permitia a gravação na tela, possibilitando assim a análise dos erros mais comuns cometidos pelos alunos durante a montagem do circuito.

2.1. Pesquisas iniciais

A primeira pesquisa aplicada, denominada Pesquisa 1, procurou entender o passado escolar do aluno. Entre as questões propostas, foi perguntado se o material apresentado em sala de aula era bem compreendido ou não. Esta resposta era dada em notas de 1 à 7, sendo o limite inferior uma baixa compreensão, a nota 4 uma boa compreensão e o limite superior uma alta compreensão. Outras questões envolvendo reprovações e o uso no cotidiano de simuladores também estavam presentes. Nesta área, perguntamos, por exemplo, o grau de satisfação com o simulador *PSpice*, utilizando a mesma escala de satisfação de 1 à 7.

Neste mesmo dia foi aplicada a denominada Pesquisa 2, que pretendia analisar os estilos de aprendizado do aluno e, assim, possibilitar uma estratégia de ensino mais direcionada ao perfil dos estudantes. Esta pesquisa foi traduzida para o português e respondida pelos alunos com questões de múltipla escolha. Após isso, ela foi transposta para o *site* específico da universidade americana, responsável pelo desenvolvimento da mesma. Os dados formatados indicaram a tendência do aluno a alguns tipos de específicos de aprendizados, sendo eles:

Estudantes ativos x receptivos

Os estudantes ativos são aqueles que tendem a reter e absorver as informações de uma maneira satisfatória se aplicarem a teoria de uma forma prática; ou seja, fazer algo ativo com a idéia, como explicar a matéria para os colegas. Já os estudantes receptivos preferem pensar e refletir sobre o assunto de uma maneira silenciosa e intrínseca. Estes estudantes preferem estudar sozinhos, ao contrário dos ativos, que preferem estudar em grupo.

Estudantes sensatos x intuitivos

Para ser considerado sensato, o aluno tende a aprender os fatos e resolver os problemas por métodos bem estudados e conhecidos, sem complicações e surpresas. Este grupo é mais paciente com detalhes e são bons para memorizar fatos, além de mais práticos e cuidadosos que os intuitivos. Estes preferem descobrir possibilidades e relações entre os assuntos, além de preferirem métodos inovadores, desprezando assim repetições. Com isso, conseguem abstrair mais em formulações matemáticas e em novos conceitos.

Estudantes visuais x verbais

Talvez este seja o tópico mais interessante e mais difícil para o curso de exatas. Os estudantes visuais memorizam melhor o que eles vêem, como diagramas, figuras, gráficos e linhas do tempo. Já os verbais se sentem melhor com palavras escritas ou faladas. O problema é que a maioria das aulas nas universidades possui pouca informação visual, sendo os alunos submetidos, geralmente, a palestras e informações escritas em lousa. Como a maioria das pessoas prefere informações visuais, podemos dizer que os estudantes não conseguem se concentrar e absorver informações de uma maneira tão satisfatória como seria se as aulas fossem mais visuais.

Estudantes seqüenciais x globais

Os estudantes seqüenciais são aqueles que entendem um assunto por passos, em que o seguinte tem sempre uma associação lógica com o anterior. Eles podem não entender completamente o material apresentado a eles, mas podem efetuar algo com este conhecimento, como resolver exercícios e ser aprovado nas provas, desde que as peças que ele absorveu estejam logicamente conectadas. O grupo dos estudantes globais aprende em passos largos, compreendendo o assunto quase que aleatoriamente sem ver conexões e, instantaneamente, juntam tudo e absorvem. O problema é que, como não existe uma seqüência lógica para o estudante global, ele pode sentir dificuldades quando um problema surgir, já que ele compreende a idéia global, mas os detalhes padecem para uma resolução detalhada.

2.2. Apresentação dos programas e rotina das aulas

Após a aplicação das pesquisas, o programa *PSpice* foi apresentado através de um sistema de projeção multimídia. Nesta primeira apresentação foram propostas rotinas para a resolução de exercícios puramente resistivos, tendo destaque os marcadores de tensão, corrente e potência. Durante esta, um exercício resistivo foi totalmente resolvido pelo simulador na frente dos alunos, para que as dúvidas pudessem ser esclarecidas. Em seguida, uma relação de exercícios resistivos, retirados dos mais consagrados livros da área, como BOYLESTAD (2004), DORF e SVOBODA (2003), IRWIN (2000), NILSSON e RIEDEL (1996), foi entregue aos alunos. Estes exercícios possuíam um grau de dificuldade crescente, com o acréscimo de fontes dependentes e de malhas. Os alunos tinham que resolver os exercícios manualmente em casa e trazê-los prontos na semana seguinte. Durante a aula, as dúvidas eram esclarecidas e a simulação no programa permitida. Tanto a simulação quanto a resolução manual eram cronometradas, sendo que a simulação também era gravada pelo programa específico.

Quando os treze exercícios resistivos foram resolvidos, uma pesquisa, denominada Pesquisa 3, foi aplicada para avaliar o conhecimento da rotina do *PSpice*, com exercícios para resolução manual e no programa. Além disso, o programa *Multisim* foi apresentado aos alunos. Como este programa possui uma estrutura muito diferente, um osciloscópio e um multímetro real auxiliaram na apresentação do programa, que prima pela semelhança com uma bancada de laboratório tradicional. A resolução de exercícios puramente resistivos foi omitida para o *Multisim*, já que os resultados eram muito simples de serem analisados. Portanto, nesta mesma aula, foram também introduzidos conceitos de análise de circuitos com elementos armazenadores de energia em ambos os programas.

Com este conhecimento adquirido, foram propostos aos alunos mais oito exercícios, com chaves, indutores, capacitores e resistores, todos para terem a sua resposta transiente analisada. Durante o início destas aulas, os alunos realizavam a simulação em ambos os programas, com os tempos de cada um analisados. Da metade deste período em diante, o aluno tinha a opção de escolher o programa que ele sentia melhor afinidade.



3. RESULTADOS

3.1. Pesquisa inicial e estilo de aprendizagem

Os primeiros resultados que obtivemos foi em relação à Pesquisa 1. Desta pesquisa, pode-se retirar dois dados importantes: a compreensão dos alunos ao material apresentado em sala de aula e a satisfação inicial com o programa *PSpice* – Figura 1 – introduzido na metade da disciplina regular de circuitos elétricos I.

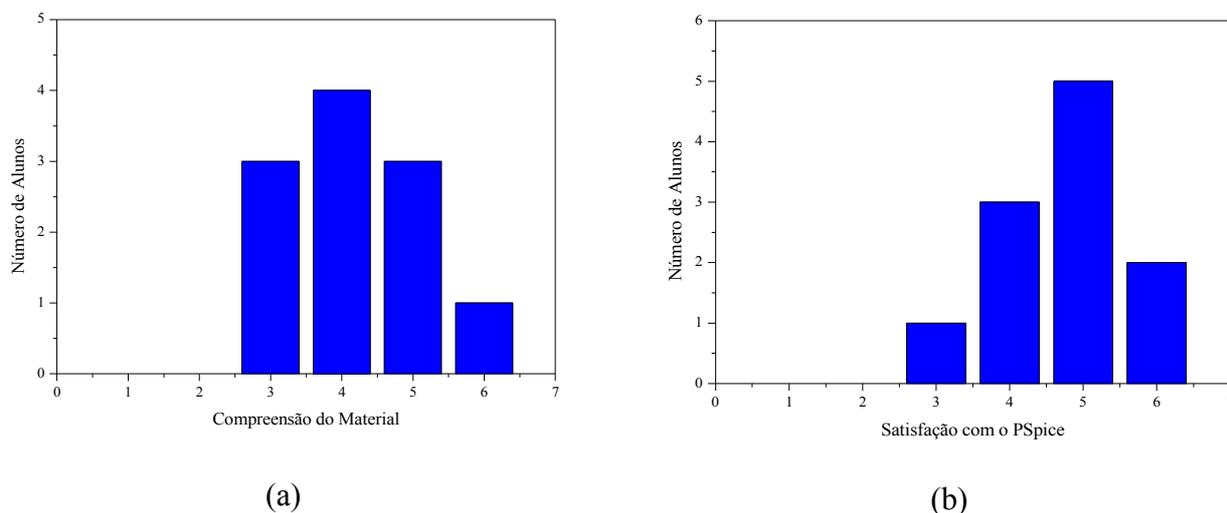
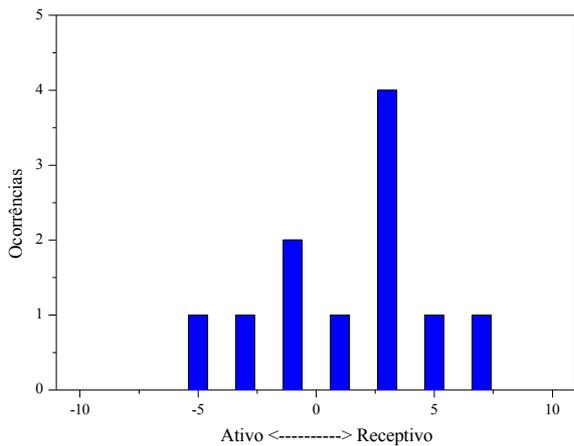


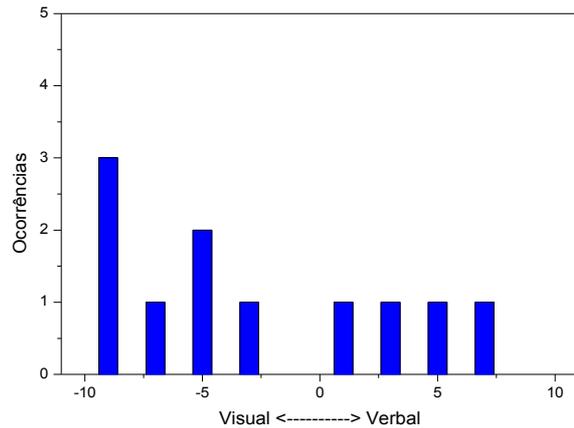
Figura 1 – Compreensão dos alunos ao material apresentado em sala de aula e satisfação inicial de um dos simuladores

Através do gráfico 1a da Figura 1, pode-se analisar que o material apresentado em sala de aula apresenta uma boa compreensão para a maioria dos alunos. Esta compreensão talvez não tenha sido maior pois a disciplina apresenta poucos conceitos teóricos e muito raciocínio. A explicação destes valores está baseada em dois resultados: um na pesquisa psicológica, que indica as preferências do aluno, e o outro no conceito de “aula cursinho” que os alunos estão se acostumando, muito diferente daquilo que ocorre na universidade. A parte complementar da Pesquisa 1 – gráfico 1b da Figura 1 – mostra a satisfação inicial com o programa *PSpice*. O que pode se notar é que, mesmo antes das aulas educativas do programa, a grande maioria considerava o programa muito bom (nota 5).

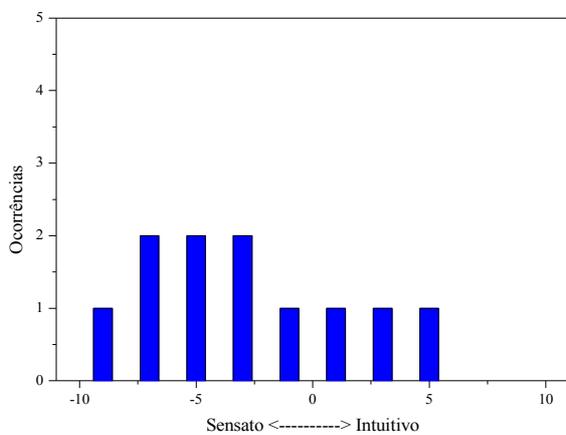
Já com os dados da Pesquisa 2, pode-se observar as preferências de aprendizado dos alunos. Através do gráfico 2a da Figura 2, vê-se que grande parte da turma se enquadra como aluno receptivo, mas não com muita intensidade. Isto porque, na escala de 0 à 10, a maioria se situa em 3. Para um bom aluno, uma dose de cada uma das características é o ideal, e é isto que está acontecendo. Como o valor máximo global não está no extremo do eixo e existindo um máximo local na região ativa, praticamente com intensidade 3 também, pode-se afirmar que os nossos alunos não perdem muito tempo pensando e nem agem inconscientemente na prática, eles sabem analisar o problema antes de agir (um misto das duas características). Já para o gráfico 2b da Figura 2, vê-se que quase todos os alunos se situam na região de compreensão visual, sendo que a grande maioria com uma intensidade extrema. Portanto, como previsto anteriormente, os alunos preferem aprender a partir de informações gráficas e não textuais ou verbais. Este é um dos parâmetros que guiou as aulas dos simuladores, já que as apresentações foram multimídia, com grande apelo visual, permitindo assim uma melhor absorção das informações.



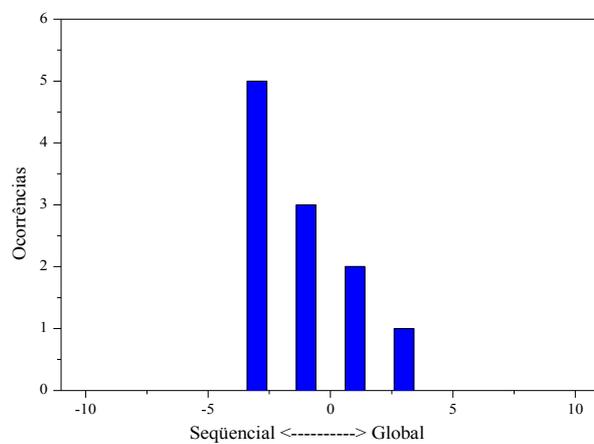
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2 – Estilo de aprendizado dos alunos

O gráfico 2c da Figura 2 é muito interessante pois não houve um extremo de resultados, mas sim pequenos gráficos de intensidade constante ao longo da região de pensamento sensato. Portanto, podemos dizer que os nossos alunos preferem aprender com métodos práticos e comprovados. Contudo, esta ausência de maioria indica que as aulas precisam ser mescladas com algumas deduções e com a aplicação de teoremas práticos, dependendo da situação. Isto porque, se a intuição for superestimada, pequenos detalhes podem ser perdidos e alguns erros durante os cálculos efetuados; caso isto ocorra com a sensatez, pode-se concentrar demais as informações em métodos repetitivos impedindo um pensamento inovador e uma compreensão satisfatória. Por último, o gráfico 2d da Figura 2 mostra que, apesar de baixa intensidade, a grande maioria dos alunos prefere um ensino passo-a-passo. Isto ocorre por estarmos lidando com um curso de exatas, no qual o desenvolvimento de uma equação de simples uso pode ser resultado de um raciocínio muito complexo. O problema deste tipo de aluno é que ele compreenderá os passos do raciocínio de um exercício semelhante, mas terá dificuldade em relacionar estes passos com algum outro tipo de problema, o que é indesejável para uma carreira tão construtiva como a engenharia.

3.2. Pesquisa sobre o histórico escolar dos alunos

Dentro da Pesquisa 1 também questionamos a frequência nos cursos preparatórios para vestibular e se a opção por Engenharia Elétrica foi espontânea ou não. Além disso, os alunos puderam responder se esta era a sua primeira reprovação ou não. O gráfico 3a da Figura 3 mostra que 70% dos estudantes fizeram cursinho e escolheram Engenharia Elétrica como primeira opção. Ou seja, 30% destes alunos estão fazendo o curso apenas porque entrou na universidade, e não por escolha própria. Neste mesmo gráfico, vemos que 100% dos alunos que participaram da pesquisa já tinham sido reprovados em outras matérias do curso. No gráfico 3b pode-se notar que 40% dos alunos fizeram o cursinho apenas uma vez, após o término do terceiro ano do ensino médio. Ou seja, entraram na faculdade com, aproximadamente, 18 anos. Nenhum dos alunos questionados fez cursinho junto com o terceiro ano, o que poderia adiantar a entrada na universidade.

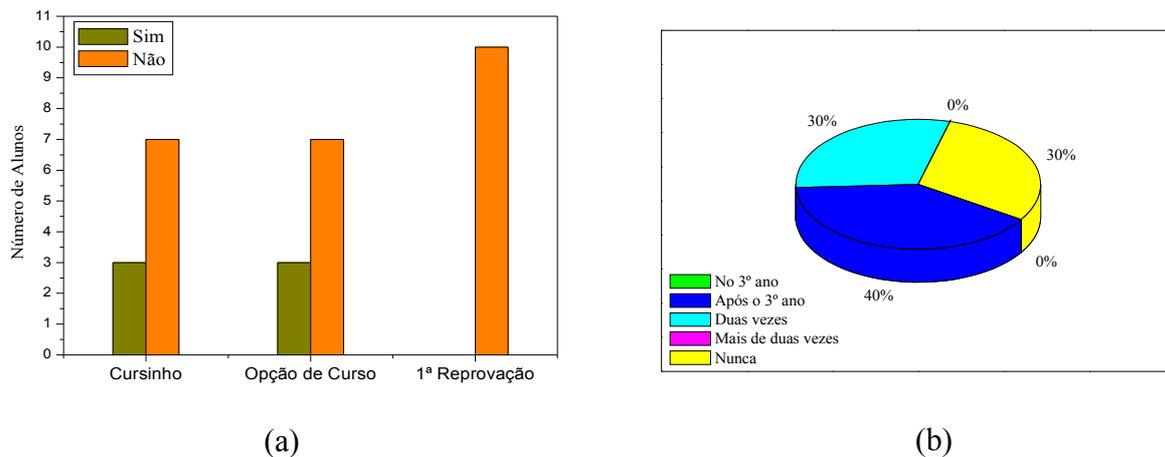


Figura 3 – Histórico do aluno universitário

3.3. Tempo dos exercícios

Aplicada as pesquisas iniciais e apresentado em detalhes o programa *PSpice*, os alunos começaram a resolver manualmente os exercícios resistivos propostos e a cronometrarem o tempo de resolução. O mesmo acontecia com a simulação destes exercícios, ocorrida semanalmente dentro da universidade. Através do gráfico 4a da Figura 4, pode-se notar que a diferença de tempo entre a resolução manual e através do simulador é grande, em torno de 40,1%. Isto pode ser justificado pela dificuldade na resolução de sistemas lineares com mais de três equações, correspondentes as malhas dos circuitos. Os valores apresentados são médios, tomados a partir do tempo de resolução de cada um dos exercícios propostos.

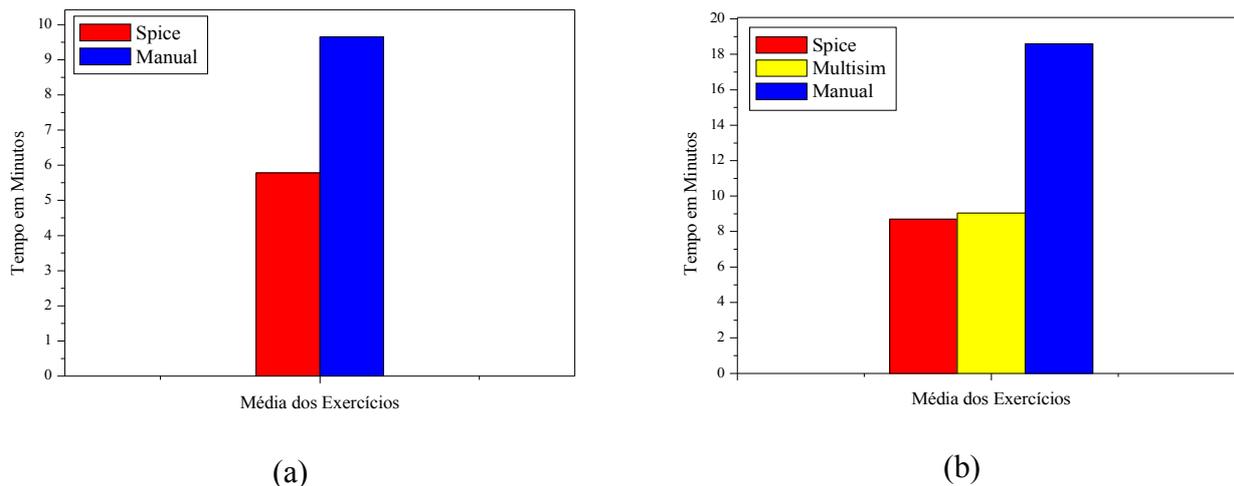


Figura 4 – Tempo de resolução dos exercícios selecionados

No período seguinte, o programa *Multisim* foi apresentado aos alunos, assim como a rotina de simulação, em ambos os programas, com elementos armazenadores de energia. Tabulados os dados da série seguinte de exercícios propostos, obtiveram-se os dados do gráfico 4b da Figura 4. Nele, vê-se que a resolução manual ainda apresenta uma diferença muito grande em relação aos simuladores, em torno de 53,21% para o *PSpice* e de 51,29% para o *Multisim*. A análise no período transiente dificulta a resolução manual e aumenta a eficiência dos simuladores. É interessante notar no gráfico 4b a pequena diferença entre os tempos de resolução em *PSpice* e *Multisim*, em torno de 3,9%. Ou seja, no que diz respeito a montagem do circuito e obtenção de dados, ambos os programas apresentam um desempenho satisfatório.

4. CONCLUSÕES

Analisando os dados da Figura 1, pode-se verificar que a compreensão do material apresentado em sala de aula não é altamente satisfatória, segundo os alunos. As aulas desta disciplina são compostas, majoritariamente, por análises discursivas, apresentação de teoremas e resolução de exercícios. Conforme pode-se verificar com os dados da Figura 2, os alunos são parcialmente receptivos e ativos ao lidar com as informações, preferem ilustrações ao invés de textos, absorvem melhor com teoremas comprovados e aprendem de uma maneira lógica e seqüencial. A conjuntura destes fatores indica que as aulas precisam de algum apoio multimídia para diversificar as fontes de aprendizado, além de uma maior aproximação com as práticas de laboratório, típica característica de um aluno com comportamento ativo. No quesito das aulas discursivas, uma dedução mais detalhada das equações, mesclada com alguns exercícios, pode satisfazer os alunos sensatos e seqüenciais, a maioria em nosso grupo. Talvez a disciplina, para abranger mais as expectativas dos estudantes, precisaria de créditos adicionais e uma implantação mais formal do uso dos simuladores, funcionando como uma terceira opção de estudo.

O item 3.2 mostrou o histórico dos estudantes. Um dos fatores que pode ser considerado grave é aquele em que 30% dos estudantes não pretendiam cursar Engenharia Elétrica. Qualquer área da engenharia exige uma dedicação grande aos estudos e uma aptidão, já que os conceitos são bem específicos em cada área. O que pode acontecer está retratado no gráfico 3a da Figura 3, em que a totalidade dos estudantes já havia sido reprovada antes desta disciplina. Estas reprovações passadas interferem na rotina habitual do curso, pois a dificuldade é crescente e o retorno esperado pelos professores também, exigindo cada vez mais dedicação. Outro fator interessante é o apresentado no gráfico 3b da Figura 3, em que a grande maioria

dos estudantes prefere terminar o terceiro ano do ensino médio antes de fazer o cursinho. Isto demonstra uma insegurança do aluno em relação ao conteúdo já desenvolvido, além da falta de dedicação aos estudos. Em suma, segundo os dados obtidos nos itens 3.1 e 3.2, é melhor aprender tudo e depois reaprender de uma maneira sistemática (aluno seqüencial) e sintética, facilitando a resolução de exercícios e não o aprendizado global.

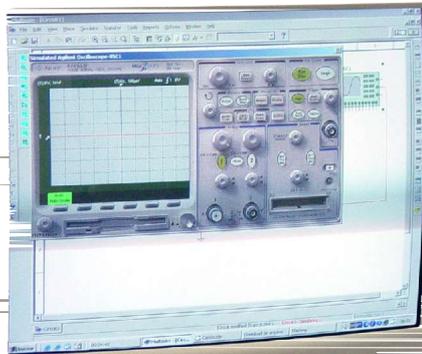
Em relação ao tempo de resolução dos exercícios em simuladores, apresentado na Figura 4, pode-se notar uma grande facilidade dos alunos ao montar o circuito no computador e solucioná-lo, em contrapartida a resolução de sistemas lineares, o que ocorre manualmente. A diferença de tempo foi em torno de 40,1% para exercícios resistivos e de mais de 50% para exercícios com elementos armazenadores de energia. Comparando-se o *Multisim* com o *PSpice*, a diferença de tempo foi muito pequena, em torno de 3%. Apesar da necessidade fundamental do aprendizado dos conceitos básicos pertinentes a disciplina, o simulador em sala de aula poderia agilizar o processo de resolução de exercícios. Isto permitiria, assim, discussões mais amplas com a classe, com a alteração dos valores de componentes, adicionando-se fontes, e verificando assim as modificações nas respostas. Esta possibilidade certamente direcionaria o aluno com pensamento seqüencial a ter uma visão mais global do circuito, o que não vem ocorrendo atualmente.

Reunindo todos os dados discutidos os

com Este

por

o mas



acima, podemos verificar que alunos que entram nas universidades estão cada dia menos um pensamento globalizado.

fato talvez possa ser justificado pela grande demanda do ensino superior público, alimentando os cursinhos que cada dia mais crescem e se expandem. O método adotado por eles, com apostilas resumidas e macetes para a memorização de fórmulas, torna o aluno apenas um banco de dados, que depende de um auxílio exterior para solucionar novos problemas. O aluno seqüencial, maioria indicada no item 3.1, tende a memorizar e não pensar a respeito do assunto. Dentro da

universidade, com esta nova realidade, os alunos se sentem desamparados em seus pensamentos, exigindo dos professores uma quantidade maior de exercícios resolvidos. A idéia do aluno é armazenar o maior número de possibilidades para que, na hora da cobrança, haja a sorte de um exercício semelhante ser cobrado. A pesquisa diagnosticou isso durante a resolução manual dos problemas propostos, já que a grande maioria dos alunos demorava muito tempo para obter as soluções, indicando um conhecimento fracamente sedimentado. Outro índice que comprovou este fato foram as reprovações, que a grande maioria já tinha experimentado. Esta idéia também é compartilhada, em partes, por BERMUDEZ (2004).

Um fator importante que a pesquisa também provou foi a facilidade de aprendizado quando recursos multimídias são utilizados, ou seja, visuais. Em apenas uma apresentação de 2 horas do programa *Multisim*, os alunos conseguiram entender o funcionamento das rotinas deste sistema e qualificar este programa com uma nota semelhante a do *PSpice*, que eles já conheciam, conforme a Figura 5. A nota do programa *PSpice* também aumentou 18%, comprovando a eficiência do método. Segundo os alunos, o simulador, pela facilidade na montagem dos circuitos, ajuda o professor a explorar as mais diversas adversidades e verificar as respostas, procedimento inadequado com circuitos reais. Esta pesquisa sugere que, a partir dos dados expostos, as aulas teóricas apresentem algumas demonstrações de equações, resolução de exercícios manuais, aulas de laboratório práticas e discussões visuais dos

circuitos, com a ajuda dos simuladores. Com isto, certamente os conceitos serão melhores fixados e os alunos estimulados a opinar a respeito da idéia global do funcionamento de um circuito elétrico, idéia chave da disciplina.

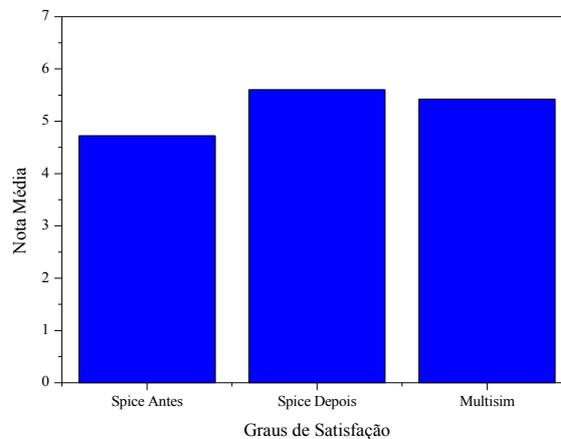


Figura 5 – Satisfação final dos alunos com os simuladores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os alunos, no início da pesquisa, assinaram um termo de consentimento que garantia a identidade dos mesmos durante todo o processo, evitando assim favorecimentos. As atividades gravadas serviram como fonte de informações para os erros cometidos durante a simulação, possibilitando assim uma maior especificidade durante as explicações. Os programas *Cadence OrCad PSpice v.10*, *Electronics Workbench Multisim v.7*, *CamStudio* e *Cronometer* foram instalados nos computadores do Serviço Técnico de Informática da Unesp, Faculdade de Engenharia de Bauru, em suas versões de demonstração. A Pesquisa 2, psicológica, baseada no método dos professores Felder e Solomon, da *North Carolina University*, é de domínio público.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SMALLEY, P. **The effect of software on learning electrical engineering concepts - a case study**. 2002. California Polytechnic State University.

TORRES, K.; LOKER, D; WEISSBACH, R. Introducing 9-12 grade students to electrical engineering technology through hands-on laboratory experiences. In: 31st ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 10, 2001, Reno. **Anais**. Reno: IEEE, 2001. p. F2E-12 – F2E-16.

ROCKLAND, R.H. Utilizing simulation software in a transform analysis course. In: 29st ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 11, 1999, San Juan. **Anais**: San Juan: IEEE 1999. p. 12c6-1 – 12c6-5.

DOERING, E.R. Electronics lab bench in a laptop: using Electronics Workbench to enhance learning in an introductory circuits course. In: 27st ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 1997. **Anais**: IEEE 1997, p. 18 – 21.

FELDER, R.M.; SILVERMAN. L.K Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education. **Engineering Education**. v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988.

BOYLESTAD, R.L. **Introdução à análise de circuitos**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

DORF, R.C; SVOBODA, J.A. **Introdução aos circuitos elétricos**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

IRWIN, J.D. **Análise de circuitos em engenharia**. São Paulo: Makron Books, 2000.

NILSSON, J.W; RIEDEL,S. **Circuitos Elétricos**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

BERMUDEZ, J.C.M. http://eel.ufsc.br/~bermudez/dicas_de_circuitos.htm, 2004.

USING SIMULATION PROGRAMAS TO ENHANCE LEARNING IN AN ELECTRICAL CIRCUITS CLASSES

Abstract: *For a long time, the Spice has been the most used platform in electric circuits simulation. PSpice was the first commercial derivative based on the Spice model and was introduced by the MicroSim in 1984. Lately, another software has been released by EWB, called Multisim. This paper investigates how the frequently use of these software packages, by college students on electrical engineering, can help them in analytical resolution and understanding the concepts of electric circuits. The work starts with an aleatory choose of students, attending the first semester of electrical circuits course, to be part of a learning group. One room on the university was allocated with all needed supplies, including the latest demo versions of both software – Cadence OrCad 10.0 and Multisim 7.0. The students were submitted to 15 weekly sessions of 2 hours each, where interactive classes of both software packages, manually and computational exercises were applied. The answers were analyzed and the time of each one of tasks was computed. Furthermore, the computational activities were recorded through a specific program. In the first session, the group was submitted to a learning style research and, in determined weeks, surveys about the preference of student were applied. In our reality, its fundamental to the professor knows the best way to teach, because the grades are the lower of all courses. Defining the psychological profile of and the conceptual evolution, we can achieve the necessary subsidies for the improvement of electrical circuits course.*

Key-words: *PSpice, Multisim, Simulation programs, Electrical circuits*