



LABORATÓRIOS VIRTUAIS PARA ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA EM CURSOS PRESENCIAIS E A DISTÂNCIA DE CURTA DURAÇÃO NA ÁREA DE MÁQUINAS ELÉTRICAS

Renato Crivellari Creppe – creppe@feb.unesp.br

José Francisco Rodrigues – jfranc@feb.unesp.br

Luiz Gongaza Campos Porto – porto@feb.unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru, Deptº de Engª Elétrica

Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01

CEP 17033-360 – Bauru – São Paulo

***Resumo:** Este trabalho mostra o desenvolvimento de ferramentas didáticas denominadas de “laboratórios virtuais” para auxílio nos cursos presenciais de Engenharia Elétrica e para os cursos a distância de curta duração ministrados pela Faculdade de Engenharia de Bauru da Unesp, para profissionais técnicos e engenheiros da área de eletrotécnica de todo o Brasil no período de 2005 a 2010. Os laboratórios virtuais são baseados em aplicativos Java (applets). Os módulos do laboratório permitem a reprodução de diversos ensaios com máquinas elétricas e a observação de fenômenos como: as harmônicas espaciais de força magnetomotriz, os detalhes do campo magnético girante e a variação das indutâncias de máquinas elétricas. A utilização dos laboratórios virtuais suprem uma carência natural dos cursos a distância e, também, atuam como importante estímulo para os cursos presenciais.*

***Palavras-chave:** laboratórios virtuais, cursos de extensão, ensino a distância, engenharia elétrica*

1 INTRODUÇÃO

Em praticamente todas as estruturas curriculares dos cursos de Engenharia Elétrica é possível observar disciplinas da área de eletromagnetismo, conversão de energia e máquinas elétricas, que são disciplinas ligadas ao estudo de grandezas como correntes, tensões, campos elétricos e magnéticos. Os conceitos envolvidos são de complexo tratamento matemático, além de demandar grande nível de abstração. Dessa forma, o ensino de Engenharia Elétrica e suas áreas correlatas necessitam de bons materiais didáticos para que as disciplinas possam ser desenvolvidas com boa assimilação.

Nos cursos presenciais tradicionais, a existência de laboratórios e aulas práticas ajuda a ilustração e fixação dos conceitos teóricos. Sua importância nestes cursos pode ser considerada como fundamental. Mesmo assim, as dificuldades ainda são muitas e os índices de aproveitamento são relativamente baixos comparados a outras áreas. A disseminação do uso dos projetores multimídia em salas de aula presenciais serviu para amenizar as



dificuldades didáticas, uma vez que este recurso possibilita a utilização de vídeos e animações mas, que nem sempre pode ser utilizada.

Outra questão importante na área de eletricidade é seu elevado nível de atualização, introduzindo no mercado dispositivos e equipamentos com novas tecnologias em uma velocidade crescente. Como exemplos de tecnologias incorporadas recentemente estão: telefone celular, telefone utilizando computador, aparelhos DVD, televisão de alta definição, entre outros. Esta característica torna a demanda por cursos de educação continuada muito grande e importante para a maioria dos profissionais da área.

Neste contexto, as ferramentas de ensino a distância podem trazer, como em outras áreas, uma série de benefícios à comunidade técnica, como foi vislumbrado pela UNESP em conjunto com o CREA-SP em 2005, que ofereceu seu primeiro conjunto de cursos de extensão universitária aos profissionais da engenharia elétrica. Na primeira versão, foram oferecidos dois cursos de extensão universitária aos profissionais registrados no estado de São Paulo, que abordavam os temas: Geradores de Energia Elétrica e Motores Elétricos Industriais. Posteriormente, foi introduzido o curso de atualização em Qualidade de Energia Elétrica. Os cursos a distância na modalidade *extensão* são ministrados em um período de 5 semanas e o de *atualização* em 4 semanas, seguindo a nomenclatura utilizada pela UNESP.

Numa etapa seguinte, a partir de 2007, os cursos foram abertos aos profissionais de todos os estados do Brasil. Com esta abertura os cursos continuam sendo oferecidos pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia de Bauru, coordenados pelo grupo de Ensino a Distância (EAD), composto por três professores e 04 alunos de graduação.

Os primeiros cursos foram desenvolvidos para a plataforma WebCT (hoje integrada à plataforma Blackboard®) e, atualmente, são utilizadas as plataformas Teleduc e Moodle, todas com excelentes ferramentas didáticas para o gerenciamento de cursos via internet. Porém, as duas últimas operam segundo as diretrizes do *software* livre com todas as suas inerentes vantagens.

Apesar das plataformas de EAD possuírem inúmeros recursos como: salas de bate-papo, fóruns, gerenciamento de acessos e participação, mecanismos de avaliação e muito mais, o conteúdo específico da área de engenharia elétrica solicitou a criação de “laboratórios virtuais” como módulos de apoio aos cursos de extensão. Os laboratórios virtuais criados para os cursos a distância foram rapidamente adotados pelos cursos presenciais como recurso didático extra de apoio às aulas tradicionais. A filosofia para a criação dos laboratórios virtuais pretendeu atingir três pontos considerados muito importantes:

- Permitir que os alunos presenciais realizassem os ensaios de forma virtual, antes do ensaio real, como forma de preparação para as atividades que seriam realizadas;
- Permitir que os alunos presenciais que já realizaram o ensaio real pudessem refazer o experimento para rever conceitos e fixar melhor o que foi apresentado na aula de laboratório;
- Permitir que alunos de cursos a distância, que não podem deslocar-se até a Universidade, pudessem realizar virtualmente as principais experiências realizadas em laboratório.

Com estas diretrizes já foram desenvolvidos dois laboratórios virtuais: o Laboratório Virtual de Máquinas Síncronas (LabVir – S) e o Laboratório Virtual de Conversão de Energia (LabVir – C), ambos baseados em ferramentas do tipo *applets* Java.



A opção por *applets* Java foi realizada, uma vez que estão contidos em uma linguagem de programação que oferece recursos modernos, funcionamento em praticamente qualquer computador e em todos os sistemas operacionais, podendo ser considerada multiplataforma. Permite fazer programas para cálculos de engenharia com a capacidade de simular diretamente na Internet com segurança, rapidez e de forma amigável aos usuários sem noções prévias de computação. Para situações em que existe um quadro de computadores heterogêneos (PC, Sun, Apple-Macintosh) e usam na sua rede muitos sistemas operacionais (Windows, DOS, Solaris, Linux, etc.) resulta muito conveniente usar esta linguagem.

A Linguagem Java possibilita a elaboração de dois tipos de programas: os aplicativos e os *applets*. Os primeiros são executados no sistema operacional e os segundos nos navegadores (*browsers*) da Internet. Também, oferece recursos únicos para a criação de programas a serem inseridos em páginas da Web. Os *applets* não podem ser executados sozinhos, devendo ser inseridos em páginas de Internet. O *applet* é executado automaticamente quando a página HTML que o contém é aberta em um navegador habilitado para Java. Devido ao interesse do trabalho em ensino a distância usando a Internet, privilegiou-se a elaboração de *applets* para a criação dos laboratórios virtuais. Java é uma linguagem segura porque trata restrições de acesso a arquivos, manipulação de ponteiros, entre outros. Foi projetada para ser uma linguagem voltada à ambientes compartilhados. Como a segurança é um conceito chave em ambientes distribuídos e por isso foi um quesito que recebeu atenções redobradas quando do desenvolvimento da linguagem. Se alguém pensar em escrever algum código malicioso, terá enormes dificuldades para causar danos ao alvo. Isso porque Java não permite ler nem escrever arquivos locais residentes no disco. Isso significa que um *applet* Java operando em algum *site* da Internet não terá acesso ao seu sistema de arquivos, o que limita bastante a atuação de aplicações mal-intencionadas, com aumento da segurança dos processos.

2 LABORATÓRIOS VIRTUAIS E SUAS APLICAÇÕES

2.1 O Laboratório Virtual de Máquinas Síncronas (LabVir – S)

O Laboratório Virtual de Máquinas Síncronas (LabVir – S) foi derivado de um laboratório real de máquinas elétricas composto por duas máquinas elétricas girantes acopladas: máquina de corrente contínua e máquina síncrona. Neste laboratório são observados os conceitos fundamentais dos geradores de energia elétrica que atendem nosso sistema elétrico.



Figura 01 – Sistema real existente em laboratório composto por uma máquina síncrona e uma máquina de corrente contínua.

A figura 01 mostra uma foto do conjunto de máquinas que, necessita para sua operação de diversos instrumentos de medida (voltímetros, amperímetros, freqüencímetros,...) além de fontes de corrente alternada e contínua com controle de sua saída.

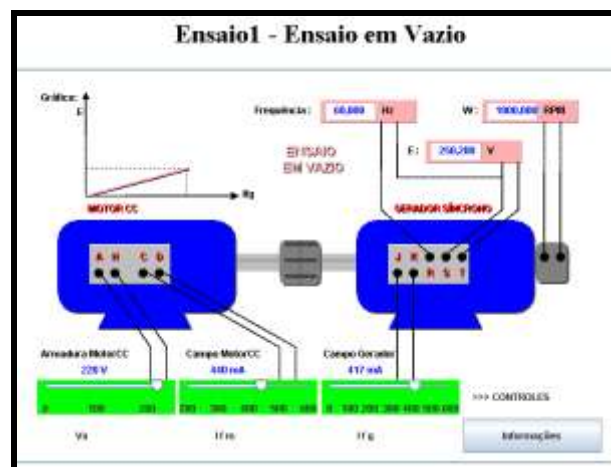


Figura 02 – Applet para simulação da operação de gerador síncrono em vazio (sem carga)

Um exemplo de *applet* construído para o laboratório virtual é aquele apresentado na figura 02, referente ao módulo de simulação do gerador síncrono em vazio, ou seja, sem carga em seus terminais. Neste módulo, é possível observar as características fundamentais dos geradores como as dependências velocidade-freqüência e fluxo-tensão. A simulação ocorre através dos controle do motor (corrente de campo e tensão de armadura) e do gerador síncrono (corrente de campo). Os resultados de saída são a tensão e a freqüência geradas e são apresentados através de indicadores numéricos, além de existir um gráfico para mostrar a relação fluxo-tensão-velocidade. Complementam este ensaio dois outros *applets* que mostram o gerador em vazio considerando: (a) a histerese magnética e (b) histerese e saturação.

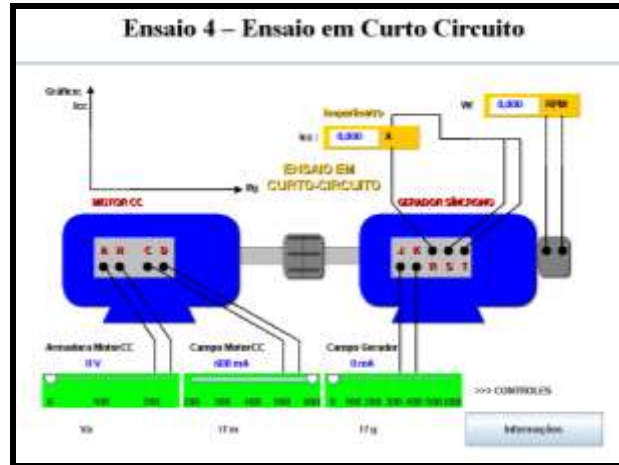


Figura 03 – Simulação da operação de gerador síncrono em curto-circuito

A figura 03 mostra outro exemplo de simulação para gerador que mostra seu comportamento em curto-circuito, que juntamente com a simulação em vazio permite a determinação da reatância síncrona do gerador, que é importante parâmetro de operação deste tipo de máquina. Na operação em curto-circuito, são controladas as mesmas variáveis do gerador mas, a saída é referente à corrente de armadura do gerador.

2.2 O Laboratório Virtual de Conversão de Energia (LabVir – C)

O LabVir-C, que foi criado logo após o LabVir-S, foi baseado em fenômenos mais gerais das máquinas elétricas e sua construção teve como elemento fundamental o estator (parte fixa) de um motor elétrico de corrente alternada como o mostrado na figura 04.



Figura 04 – Estator (parte fixa) de máquina elétrica de corrente alternada (Fonte Siemens)

A partir das distribuições de corrente elétrica, tensão e campo magnético do motor, foram construídos diversos aplicativos que compõem o LabVir-C, entre eles: o módulo de



análise de harmônicas espaciais, módulo de indutâncias próprias e mútuas (4 *applets*) e módulo para análise do campo girante (3 *applets*). A figura 05 mostra a tela do módulo de indutâncias próprias e mútuas do laboratório desenvolvido.

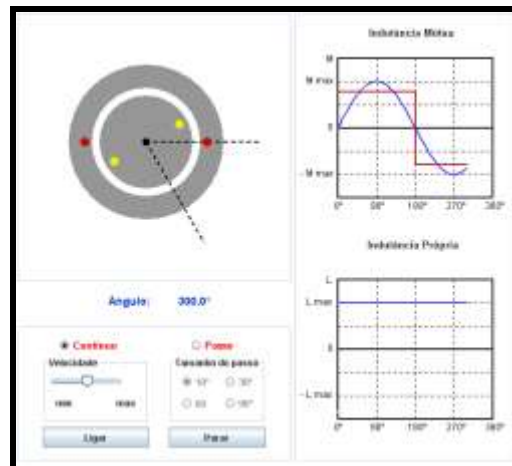


Figura 05 – *Applet* de indutâncias próprias e mútuas

A figura 06 mostra outro *applet* do LabVir-C que simula o campo girante de um motor trifásico a partir de vetores que representam cada uma de suas três fases e o campo resultante. Este módulo é interessante pois permite que o aluno simule diversas situações práticas como inversões de fase, desequilíbrios e verifique o resultado

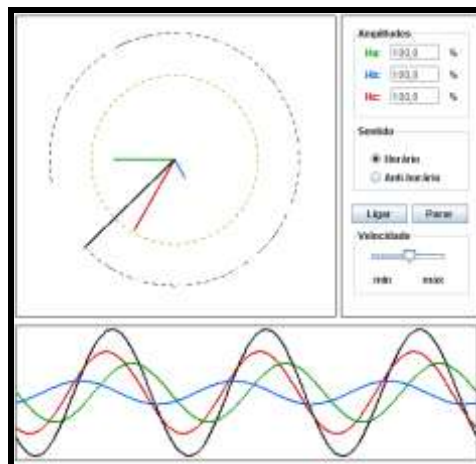


Figura 06 – *Applet* para simulação de campo magnético girante

3 OS LABORATÓRIOS NO AMBIENTE TELEDUC

Os laboratórios LabVir-S e LavVir-C podem ser oferecidos aos usuários de forma muito simples e rápida. Na Unesp-Bauru eles foram apresentados para os alunos através de



uma página de internet (Moodle) para os alunos de cursos presenciais e através da plataforma Teleduc para os alunos de cursos a distância. No primeiro caso os *applets* foram inseridos em páginas HTML normais acessadas através do Moodle . No ambiente Teleduc, foi utilizado o item *Material de Apoio* como mostra a figura 07. Como uma das características da plataforma é a interação com o aluno, todas as atividades realizadas a distância puderam ser objeto de discussão em fóruns, *chats* e através de e-mail normal de aluno para aluno, aluno-tutor e aluno-professor.

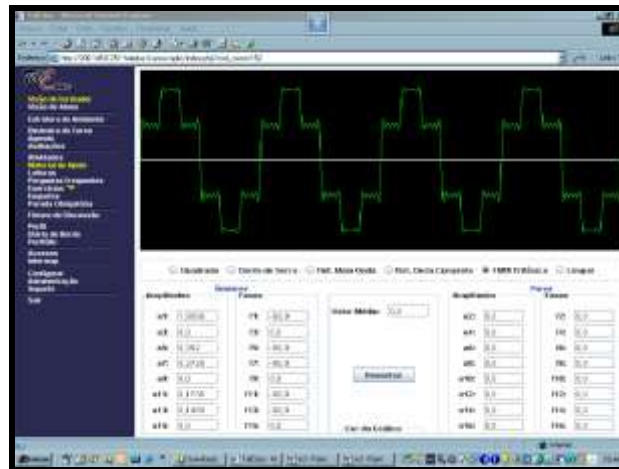


Figura 07 – Módulo de harmônicas do LabVir-C no ambiente Teleduc

4 CONCLUSÃO

A introdução dos laboratórios LavVir-S nos cursos presenciais e a distância Unesp-Bauru, motivou o desenvolvimento de um novo laboratório denominado LabVir-C. A atuação de ambos permitiu o aumento significativo do aproveitamento das aulas de laboratório para os cursos presenciais, comprovado através do maior envolvimento dos alunos com as disciplinas, melhoria de relatórios e notas finais, quando comparadas com as de turmas que não dispunham da ferramenta.

Para os cursos a distância, o nível de satisfação foi acima das expectativas, como foi possível observar através de questionários de satisfação aplicados ao término de cada curso, além de solucionar parte das deficiências dos cursos a distância no que se refere ao item laboratório. Estas experiências mostram que é importante o desenvolvimento de ferramentas de suporte ao conteúdo ministrado parcial/inteiraamente pela internet.

Agradecimentos:

À FAPESP pela bolsa de iniciação científica concedida através do processo nº 2008/03938-9



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CREPPE, R. C.; RODRIGUES, J. F. Desenvolvimento de laboratório virtual para ensino a distância de máquinas elétricas. In: International Conference on Blended Learning. Florianópolis, 2009.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **Java como programar**. 3ª edição. São Paulo: Ed. Bookman, 2000.

NIEMAYER, P.; KNUDSEN, J. **Aprendendo Java**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2000.

MOODLE. Página oficial da plataforma de ensino a distância Moodle. Disponível em: <<http://www.moodle.org>>. Acesso em 10/09/2009.

SIMONE, G.A.; CREPPE, R.C. **Conversão Eletromecânica de Energia**: Uma Introdução ao Estudo. São Paulo: Ed. Érica, 1999.

TELEDUC. Página oficial da plataforma de ensino a distância Teleduc – www.teluc.org.br – acessada em 18/11/2009.

THE JAVA TUTORIAL. Página da empresa Sun Microsystems. Material disponível em: <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/>, acessada em

WEBCT. Página oficial da plataforma de ensino a distância WebCT (Blackboard). Disponível em: <<http://www.webct.com>>. Acesso em 12/10/2008.

VIRTUAL LABORATORY FOR SHORT TERM E-LEARNING COURSES AND FACE COURSES ELECTRICAL ENGINEERING IN THE FIELD OF ELECTRIC MACHINERY.

***Abstract:** This work shows the development of teaching tools called "virtual laboratories" to aid in classroom courses of electrical engineering and for distance education courses of short duration given by the Faculty of Engineering, Bauru, UNESP, for professional technicians and engineers in the field of electrical engineering throughout Brazil in the period 2005 to 2010. Virtual laboratories are based in Java (applets). The laboratory modules allow playback of various electrical machines testing and observation of phenomena such as spatial harmonics of magnetomotive force, the details of the rotating magnetic field and the variation of inductances of electrical machines. The use of virtual laboratories supply a shortage of natural learning courses and also serve as an important stimulus for the courses.*

Key-words: e-learning, virtual laboratory, electric engineering, short term courses