

EVOLUÇÃO DOS LABORATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE ENGENHARIA ELÉTRICA: PREMISSAS PARA O ENSINO À DISTÂNCIA E PESQUISA COORPORATIVA

Érica Vasconcelos de **Morais**¹
Luís Carlos Origa de **Oliveira**¹
Rodrigo Alessandro Nunes **Oliveira**¹
Luiz Fernando **Bovolato**¹
Aleciana Vasconcelos **Ortega**¹

¹ Universidade Estadual Paulista, 15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil

RESUMO

Até o final da década de 80, identificam-se três fases distintas na evolução dos laboratórios experimentais de Engenharia Elétrica. A terceira fase de evolução, marcada pela inserção de equipamentos digitais e uso intensivo da *Internet*, viabilizou a criação dos laboratórios experimentais com acesso remoto. As características funcionais deste novo modelo de laboratório propiciaram grandes avanços nas atividades de ensino à distância, bem como, na pesquisa corporativa experimental envolvendo equipamentos de alto custo. Neste trabalho, apresenta-se um histórico da evolução dos laboratórios experimentais de engenharia elétrica com vistas à utilização compartilhada por meio da rede mundial de computadores. Discute-se também, as formas de inserção desta tecnologia nos diferentes seguimentos de ensino e pesquisa. Particularmente, apresenta-se, como exemplo, o Laboratório Remoto de Qualidade de Energia Elétrica e suas potencialidades nas atividades de ensino e pesquisa.

Palavras-chave: Evolução dos laboratórios experimentais, Ensino à distância, Laboratórios remotos, Qualidade da energia elétrica.

ABSTRACT

Until end of the 90's, three distinct phases in the evolution of Electrical Engineering experimental laboratories are identified. The third evolution phase, marked by the inclusion of digital equipment and intensive use of the Internet, enabled the creation of experimental laboratories with remote access. The characteristics of this new laboratory model led to dramatic advances in distance teaching, as well as in experimental corporative research involving costly equipment. In this paper we present the historic evolution of experimental electrical engineering laboratories, with a view to shared use, via the World Wide Web. It also discusses the forms of integration of this technology in different segments of teaching and research. Particularly it is presented, as an example, the Power Quality Remote Laboratory and its potential in teaching and research activities.

Keywords: Evolution of experimental laboratories, distance learning, remote laboratories, Quality electricity

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes obstáculos enfrentados pelos estudantes e profissionais de engenharia elétrica é o elevado grau de abstração com o qual muitas vezes são solicitados a trabalhar. Neste contexto, são particularmente importantes as atividades experimentais no sentido de transpor a barreira que separa o conceito teórico e abstrato da sua aplicação prática.

A importância da prática experimental no processo de apropriação dos conceitos teóricos é inegável, pois a vivência com determinada experiência facilita a fixação do conteúdo a ela relacionado. O laboratório pode também funcionar como um poderoso meio catalisador no processo de aquisição de novos conhecimentos, a partir da avaliação experimental de hipóteses sobre fenômenos particulares, promovendo a mediação entre o conhecimento vulgar e o conhecimento científico (DOMIJAN e EMBRIZ-SANTANDER, 1992). Baseado nestas premissas, ao longo dos anos, várias ações tem sido conduzidas no sentido incorporar as atividades experimentais nos processos de ensino, pesquisa e atualização profissional no campo da engenharia elétrica. A concretização destas premissas normalmente é obtida em um laboratório real adequado e devidamente equipado.

De um modo geral, é razoável afirmar que as aulas expositivas continuam sendo a principal técnica pedagógica para o ensino de engenharia.

Dentro da matriz educacional formal as aulas expositivas algumas vezes apoiadas em atividades práticas vinculadas à listas de exercícios, estão desconectadas da prática profissional cotidiana do futuro engenheiro.

Neste cenário, os benefícios do uso de um laboratório experimental no ensino de graduação e pós-graduação são evidentes, “Conte-se e eu esqueço, mostre-me e eu apenas me lembro, envolva-me e eu compreendo” (CONFUCIO, s.d.). Podem inclusive serem utilizados sob uma perspectiva construcionista onde se induz, naturalmente, o aluno a construir seu conhecimento de forma sistemática e definitiva.

Neste trabalho discute-se a evolução dos laboratórios experimentais, culminando com a proposição de um laboratório com acesso remoto, destacando sua importância no ensino à distância (EaD) em diferentes modalidades pedagógicas. Como concretização desta ideia, apresenta-se o Laboratório de Acesso Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LrQEE), suas particularidades e potencialidades como ferramenta de apoio ao ensino de graduação e pós-graduação em Engenharia Elétrica.

2 EVOLUÇÃO DOS LABORATÓRIOS EXPERIMENTAIS

Os laboratórios experimentais têm sido importantes aliados dos profissionais e pesquisadores, no sentido de compor cenários mais realistas para a aplicação das técnicas de engenharia.

Os primeiros resultados de pesquisa sobre a evolução dos laboratórios experimentais são apresentados em Domijan. e Shoultz (1988). Historicamente, até no final década de 80, identificam-se três fases distintas com respeito às configurações físicas dos laboratórios experimentais.

A primeira geração de laboratórios de energia consistia basicamente de grandes máquinas elétricas, diferentes componentes auxiliares e vários tipos de instrumentos de medida analógicos.

O desenvolvimento e implantação da plataforma experimental eram baseados em montagens específicas, que podem consumir um tempo significativo na realização das práticas experimentais. Os equipamentos pesados e volumosos ocupavam uma área física relativamente extensa, o que muitas vezes limitava o uso de apenas um conjunto experimental para atender um grupo elevado de estudantes, impactando conseqüentemente na interatividade e participação efetiva dos mesmos. A Figura 1 apresenta, como exemplo, a foto de um laboratório experimental de primeira geração.

Figura 1 – Laboratório experimental (primeira geração)



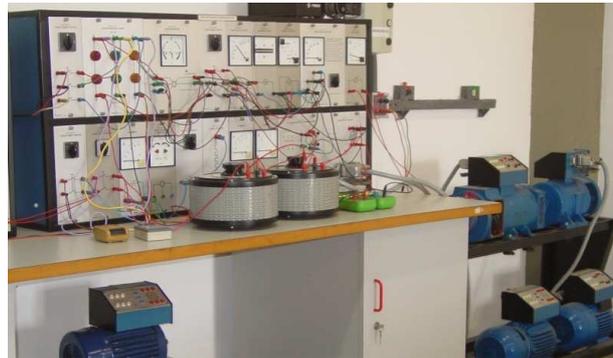
Fonte: Dos Próprios Autores.

Na segunda geração de laboratórios, foi introduzida no início da década de 60. Foi concebida com o principal objetivo de minimizar os tempos de montagem das plataformas

experimentais, pela introdução de máquinas elétricas fracionárias operadas por *consoles customizados* e alguma instrumentação digital.

Nesse seguimento destacam-se, como exemplo, *Faraday LawLab*, *Lab-Volt* e *Hampde Company Consoles*, *DEGEM Systems*, entre outros. Embora reconheça-se os avanços introduzidos por essa geração, sobretudo no tocante a otimização do tempo necessário para realização dos experimentos. Por outro lado há um comprometimento da flexibilidade dos mesmos, tornando-os, em certos casos uma ferramenta educacional pouco eficiente. Na Fig. 2 ilustra-se a montagem de um laboratório experimental de segunda geração, com funcionalidades equivalentes ao apresentado na Fig. 1.

Figura 2 – Laboratório experimental de segunda geração



Fonte: Dos Próprios Autores.

Motivada principalmente pelo avanço dos equipamentos de informática, surge na década de 80 a terceira geração de laboratórios experimentais. Essa tem como principal característica a integração das ferramentas de informática, conversores analógicos/digitais e sistemas de aquisição de dados, com os componentes físicos dos laboratórios.

Nesse contexto, desenvolve-se também o conceito da instrumentação virtual, dispensando o uso de muitos instrumentos analógicos e/ou digitais específicos. Esse cenário viabiliza o uso de montagens experimentais compactas e de menor custo unitário, favorecendo uma maior participação e interatividade dos estudantes, pela multiplicação das bancadas experimentais. Exemplos desses laboratórios da terceira geração podem ser encontrados no Japão, Suécia, e nos Estados Unidos, entre outros (SHOULTS; CHEN.; DOMIJAN, 1987). A Fig. 3 mostra a configuração típica de um laboratório experimental de terceira geração.

Figura 3 – Laboratório experimental de terceira geração.



Fonte: Dos Próprios Autores.

Nas últimas décadas, a expansão do uso da rede mundial de computadores, aumento da velocidade de comunicação, facilidades de acesso, aprimoramento e redução dos custos das interfaces, têm viabilizado iniciativas para acesso e controle remoto.

Considerando os requisitos funcionais de um laboratório de terceira geração citados anteriormente, sua capacitação para operar em conjunto com um ambiente de acesso remoto, além de ser uma meta tangível, podendo ser uma evolução de curto prazo e de custo reduzido. Dessa forma em um contexto analítico similar ao apresentado em (DOMIJAN; SHOULTS, 1988) é razoável classificar esta proposta de laboratório com acesso remoto, ou simplificarmente Laboratório Remoto (LR), como uma quarta geração no ciclo de evolução dos laboratórios experimentais.

3 LABORATÓRIOS DE ACESSO REMOTO

Nas últimas décadas a evolução da rede mundial de computadores tem proporcionado novos mecanismos de apoio às atividades experimentais. O laboratório acessível pela *Internet* é, portanto, um conceito recente, desenvolvido a partir da generalização do uso das novas tecnologias da informação e comunicação na educação e pesquisa.

Esta classe de laboratórios pode ser dividida em dois tipos: Laboratórios Remotos (LR) e Laboratórios Virtuais. Ambos são acessados remotamente, via *Internet*, mas apresentam diferenças claras na estrutura e concepção. Um Laboratório Remoto existe fisicamente em algum lugar, é real, enquanto que o Laboratório Virtual reside exclusivamente na utilização de aplicativos computacionais associados a uma base de dados.

Os laboratórios virtuais se justificam pela grande flexibilidade proporcionada pelo ambiente de simulação. A qualidade dos resultados obtidos para os fenômenos investigados dependem fundamentalmente do modelo matemático utilizado e da interatividade disponibilizada pela plataforma de simulação.

Com a tecnologia de laboratórios remotos vislumbra-se a possibilidade de realização de um experimento à distância, dentro de um panorama real e sem as limitações dos softwares de simulação. O Quadro 1 apresenta as principais diferenças entre as modalidades de realização de praticas experimentais virtuais e reais, destacando-se suas vantagens e desvantagens relativas (DOMIJAN e; EMBRIZ-SANTANDER, 1992)

Quadro 1 – Comparações entre simulações e experimentos

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Virtual	Não existem restrições de tempo de acesso e local; Baixo custo; Acesso simultâneo por vários usuários.	Dados e situações idealizados; Não há interação real com o equipamento.
Remoto (real)	Medições e visualização de sinais reais; Familiarização com instrumentos de medida; Interação real com os equipamentos e processos.	Presença virtual no laboratório; Custo médio alto; Pode haver restrições de tempo no acesso à plataforma.

Fonte: Dos Próprios Autores.

A. LR no Ensino de Graduação e Pós-Graduação

No uso efetivo dos laboratórios experimentais normalmente se depara com a necessidade da divisão dos estudantes em grupos de trabalhos a serem alocados por bancada de ensaios. Essa prática visa uma demanda produtiva quanto à participação efetiva e interação dos estudantes durante a realização dos experimentos, o que remete à necessidade de se replicar as bancadas de ensaios.

Particularmente, o uso de laboratórios com acesso remoto pode promover a otimização dessas práticas experimentais. Sob a ação de um sistema supervisorio para controle de acesso de usuários, o laboratório pode ser disponibilizado para uso dos estudantes praticamente em tempo integral o que permite uma dilatação do tempo dedicado à realização das experiências.

Essa flexibilidade pode ser explorada no sentido de atender as demandas experimentais dos grupos de estudantes sem a necessidade de replicar a bancada de ensaios. Por outro lado os investimentos podem ser canalizados para a concepção de um número substancialmente menor de bancadas de ensaios, ou ainda investir na melhoria dos materiais e equipamentos.

B. LR no Ensino por Meio de Projeto

A abordagem PLE (*Project-Led Engineering Education*) foca no trabalho em equipe, e está centrado no aluno e no seu desempenho de modo a atingir as competências definidas. Os alunos aprendem por meio de experiências e a maior parte do tempo de aprendizagem é dedicado às competências técnicas do curso e integra as diferentes áreas disciplinares.

Nesse contexto, a compartimentação do saber decorrente da divisão de conteúdos em disciplinas tende a desaparecer. O PLE favorece aprendizagem cooperativa e naturalmente cria um ambiente propício para a integração das diversas disciplinas a partir das exigências do projeto.

Durante o desenvolvimento do projeto, frequentemente os alunos necessitam retomar alguns conceitos teóricos já abordados em disciplinas anteriores. Para suprir essa necessidade de atualização, normalmente recorre à literatura disponível, notas de aulas e muitas vezes solicitam a intermediação de um docente. Esse processo de capacitação pode ocupar um tempo significativo e comprometer, em alguns casos, o cronograma do projeto.

A capacitação dos alunos em conteúdos específicos exigidos ao longo no desenvolvimento dos projetos pode ser alcançada de forma mais objetiva com o apoio de laboratórios remotos. Nesse ambiente de estudo interativo o aluno é naturalmente incentivado a assumir uma postura proativa no sentido de atualizar e/ou agregar os diferentes conhecimentos necessários.

A implantação, nas diretrizes do projeto, da utilização de laboratórios remotos para apoio ao processo de capacitação promove resultados relevantes sob o ponto de vista qualitativo do aprendizado e quantitativo com respeito a diminuição do tempo médio dedicado a essa atividade.

C. LR na Atualização Profissional

Durante muito tempo a academia utilizou um modelo de formação de engenheiros baseado nas informações acumuladas durante o curso. Entretanto, no exercício da profissão fica evidente o afastamento entre as necessidades de conhecimentos específicos demandados aos engenheiros pelas empresas e aqueles que são adquiridos na graduação. Este descompasso normalmente tem sido atenuado por meio de um processo de educação continuada para suprir necessidades imediatas de capacitação desses profissionais (GAMA, 2002).

No atual ambiente de competitividade, a capacidade de aprendizagem contínua tem-se mostrado como um fator muito importante para manutenção da sua produtividade no mercado de trabalho, em um mundo com rápidas transformações da atividade tecnológica da engenharia. Neste cenário não há mais como um curso de engenharia formar engenheiros que permaneçam atualizados cinco anos após sua formatura.

Em algumas áreas do conhecimento, o "ambiente de laboratório", para algumas empresas, pode se resumir apenas na utilização de programas computacionais. Esta é uma tendência preocupante, porque o engenheiro pode estar realizando análise totalmente dissociada da natureza física do problema em estudo, e muitas vezes não compreendem as limitações de um programa de simulação e das equações teóricas ou empíricas, no qual foi baseado.

O engenheiro precisa, portanto, ser reciclado constantemente. Embora não possa se afastar por períodos longos de volta aos bancos escolares, seu treinamento ou atualização poderá realizado no local de trabalho por meio de cursos à distância, apoiados em atividades experimentais utilizando-se laboratórios remotos.

Nesse contexto, a aprendizagem acontece através de "fazer", que se assemelha às atividades profissionais que envolvem o aprendiz diretamente na construção do conhecimento, por meio da descrição do problema e discussão dos resultados obtidos experimentalmente.

D. LR no Ensino Colaborativo

O laboratório remoto é intrinsecamente adaptável aos conceitos do ensino colaborativo, pois pode facilmente disponibilizar mecanismos interativos que tornem possível a reconfiguração dos objetos de aprendizagem já existentes, bem como, a criação de novos recursos e situações operacionais que atendam as necessidades pontuais de um grupo de usuários.

Estando inserido em um ambiente acessível via *Internet*, os participantes podem interagir durante e após a realização dos experimentos. Dessa forma, o conhecimento adquirido pelo grupo pode evoluir gradativamente segundo os interesses e criatividade dos componentes do grupo de estudos.

Esta modalidade de ensino, apoiado por um laboratório remoto, pode ser praticada em vários seguimentos, notadamente, cursos de graduação, cursos de pós-graduação, ensino por meio de projeto, educação continuada e treinamento de profissionais. Em todos os casos, o aprendiz utiliza o laboratório remoto e os outros estudantes pertencentes ao grupo poderão assistir e interagir de qualquer lugar do mundo por meio da *Internet*.

E. LR na pesquisa experimental

A utilização de laboratórios remotos pode ser uma interessante alternativa para multiplicar as práticas experimentais e reduzir o descompasso com grande quantidade de trabalhos baseados exclusivamente em simulações digitais.

O setor industrial da energia elétrica bem como universidades que oferecem programas de graduação em engenharia elétrica vem sistematicamente desenvolvendo uma crescente dependência de simulações computacionais, em comparação com os testes físicos (DOMIJAN e EMBRIZ-SANTANDER, 1992).

Em longo prazo, essa grande dependência de simulações digitais, pode comprometer a credibilidade de uma empresa devido a um projeto defeituoso, uma análise mal elaborada ou até mesmo equivocada (DOMIJAN e EMBRIZ-SANTANDER, 1992).

Particularmente, no meio acadêmico constata-se a existência de um substancial desequilíbrio entre o número de trabalhos científicos envolvendo simulações digitais e o número de testes realizados em laboratório. Os resultados colhidos experimentalmente deveriam, em princípio, não só ancorar os aplicativos computacionais ao real comportamento das redes elétricas, mas, sobretudo, fomentar o aperfeiçoamento dos modelos teóricos. Neste contexto, vale destacar que nos manuais de alguns programas de simulação digital recomenda-se o ajuste no modelo utilizado até que se obtenha uma reprodução adequada de um caso típico avaliado em laboratório. A partir desta calibração o programa utiliza o modelo digital para avaliar o comportamento para os demais de casos similares. Apesar destas recomendações

muitas vezes esta prática não é executada, pois não se dispõe de um laboratório devidamente equipado (SOBRAL, 2012).

A despeito destes fatos observa-se que confiança em resultados de simulações computacionais está sendo impulsionada, principalmente devido aos custos, velocidade e facilidade de utilização. A aquisição de aplicativos computacionais e computadores demandam menores recursos financeiros do que na implantação física de laboratórios experimentais. O Quadro 2 ilustra simplificadamente as principais características associadas ao uso de simulações digitais e laboratórios experimentais (DOMIJAN e EMBRIZ-SANTANDER, 1992).

Quadro 2 – Comparações entre simulações e experimentos.

	Simulações computacionais	Lab. Experimentais
(+)	É possível estudar grandes sistemas. Baixo custo e rapidez para executar diferentes simulações.	Melhor compreensão dos fenômenos abordados. Resultados reais ajudam no ajuste dos modelos teóricos.
(-)	A qualidade dos resultados depende da base de dados. Usuário comum pode ter dificuldades para compreender as limitações.	Podem ter altos custos de implantação e manutenção. A qualidade dos resultados depende dos materiais e equipamentos usados.

Fonte: Dos Próprios Autores.

A utilização de laboratórios remotos pode ser uma interessante alternativa para multiplicar as práticas experimentais. Embora, em alguns casos, apresentem custos de implantação relativamente elevados, em uma ação corporativa pode se tornar muito atraente, sob o ponto de vista econômico e científico.

Os recursos financeiros das instituições cooperadas podem ser canalizados para a capacitação técnica de um único laboratório remoto muito bem equipado. Assim as atividades de pesquisa e desenvolvimento que requerem o uso de equipamentos de alto custo, podem ser viabilizadas com o uso compartilhado desse laboratório remoto (SUMPER ; VILLAFILAROBLES; GOMIS-BELLMUNT ; RAMIREZ-PISCO; PEREZ-JIMENEZ, 2009). Além disso, a própria ação conjunta do uso compartilhado deste ambiente experimental remoto pode ser também um elemento catalisador no fomento à pesquisa corporativa.

4 O LABORATÓRIO REMOTO DE QUALIDADE DA ENERGIA

Na área de estudos da qualidade da energia elétrica a complexidade dos fenômenos físicos envolvidos, as limitações dos modelos teóricos e as deficiências de uma análise simplificada podem resultar em interpretações equivocadas, induzindo a soluções simplistas ou mal formuladas (DOMIJAN; HEYDT; MELIPOULOS; VENKATA.; WEST, 1993)..

O Grupo de Estudos da Qualidade de Fornecimento da Energia Elétrica (GEQEE) vem ao longo dos últimos anos desenvolvendo o Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LQEE), que foi concebido inicialmente como um ambiente destinado a realização de experimentos práticos de apoio à disciplina Qualidade da Energia Elétrica ministrada nos cursos de graduação e pós-graduação da FEIS/UNESP. Trata-se de um laboratório de terceira geração onde é possível a realização de vários experimentos visando à compreensão e constatação dos principais fenômenos físicos envolvendo a qualidade da energia elétrica.

Entre os principais equipamentos disponíveis destacam-se duas fontes de alimentação programáveis, sendo uma com saída trifásica, 6 kVA, tensão de 0 a 240V e outra monofásica, 5 kVA, tensão de 0 a 240V, ambas da *California Instruments*®. A programação das fontes pode ser realizada diretamente nos seus respectivos painéis de controle ou por meio de interfaces serial e GPIB (*General Purpose Interface Bus*).

Como infraestrutura de apoio, o LQEE possui dois sistemas de aquisição, um *Wavebook 516*, um *Daqbook*, da *Iotech*®. Tais sistemas possuem, individualmente, oito canais para entradas analógicas, 16 *bits* de resolução e taxa máxima de amostragem máxima de 1.0 *Msample*.

Os sinais de corrente são captados por meio de transdutores de corrente de efeito *Hall*, para até 50 A. As tensões são captadas por transdutores/condicionadores para até 300 V. Para o apoio computacional, o LQEE dispõe dos aplicativos *LabView Student Edition* e *DasyLab10*. Esses aplicativos são utilizados no processamento de sinais envolvendo diferentes ferramentas, tais como, integradores, diferenciadores, somadores, filtros digitais,

transformada de *Fourier*, controle das fontes de alimentação e do sistema de aquisição de dados.

Com tais requisitos, a migração do LQEE para um laboratório com recursos de quarta geração resume-se praticamente ao desenvolvimento e implantação das interfaces de comunicação e acionamentos remotos, bem como dos aplicativos computacionais para gestão e controle de acesso de usuários. Nesta nova configuração o LQEE passa a ser atualmente referenciado como Laboratório Remoto de Qualidade da Energia Elétrica (LrQEE). A Fig. 4 apresenta a foto contendo uma visão geral da instalação física do LrQEE.

Figura 4 – Visualização da instalação física do LrQEE.



Fonte: Dos Próprios Autores

5 CONCLUSÕES

Na evolução dos laboratórios experimentais, até no final década de 80, é possível identificar três fases distintas, caracterizadas principalmente pelo uso de equipamentos de grande porte, montagens compactadas e instrumentação digital, respectivamente. Essa última foi denominada terceira geração de laboratório e viabilizou o uso também da instrumentação remota, bem como da instrumentação virtual.

Os requisitos funcionais dos laboratórios de terceira geração, aliados à evolução das aplicações da rede mundial de computadores, viabilizaram uma rápida evolução para os laboratórios experimentais com acesso remoto, aqui denominados de quarta geração. Esses têm como principais características a possibilidade de realização de um experimento real à distância, facilidades de acesso e controles diversos. Possuem também os principais requisitos para o uso compartilhado, o que muitas vezes pode ser um fator decisivo quanto ao custo de implantação, ou capacitação.

Os laboratórios remotos podem ser um importante instrumento de apoio em diferentes seguimentos do ensino da engenharia elétrica. Por outro lado, suas particularidades quanto a custos de implantação e uso cooperativo também os qualificam como ferramentas potencialmente eficazes na pesquisa experimental.

Neste cenário, apresentou-se também as iniciativas do GEQEE, para consolidação de um Laboratório de Qualidade de Energia Elétrica (LQEE), com vistas à sua capacitação para acesso remoto, atualmente renomeado para Laboratório Remoto de Qualidade Energia Elétrica (LrQEE).

O LrQEE, vem sendo sistematicamente utilizado nas atividades de EaD, assim como na pesquisa experimental cooperativa interinstitucional, relacionadas ao GEQEE. Neste contexto, este apoio experimental, tem sido indispensável para a constatação e compreensão dos alguns fenômenos físicos, no refinamento dos modelos teóricos e no encaminhamento de soluções bem fundamentadas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERENCIAS

CONFUCIO. S.d. Disponível em: <<http://pensador.uol.com.br/autor/confucio/biografia/>>. Acesso em: 15 mai. 2013.

DOMIJAN, A. ; HEYDT, G.T. ; MELIOPOULOS, A.P.S. ; VENKATA, S.S.; WEST, S. Directions of Research on Electric Power Quality. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 8, n.1, n. 429-436, janeiro, 1993.

DOMIJAN, A.; EMBRIZ-SANTANDER, E. A novel electric power laboratory for power quality and energy studies: training aspects.IEEE Transactions on Power Systems. v. 7, n. 4, p. 1571-1578, novembro, 1992.

DOMIJAN, A.; SHOULTS, R.R. Electric Power Engineering Laboratory Resources of the United States of America and Canada, IEEE Transactions on Power Systems, v. 3. n. 3, p. 1354-1360, August 1988.

GAMA, S. Z. O perfil de formação do engenheiro elétrico para o século XXI. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2002.

SHOULTS, R. R.; CHEN, M. S.; DOMIJAN, A. The Energy Systems Research Center Electric Power System Simulation Laboratory and Energy Management System Control Center. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, v. PWRS-2, n. 1, p. 239-246, February 1987.

SOBRAL, S. T. Pesquisando com Eficiência e Segurança. Revista Setor Elétrico. São Paulo, v. 81, n. 7, p. 124-125, 2012.

SUMPER, A. ; VILLAFILA-ROBLES, R. ; GOMIS-BELLMUNT, O. ; RAMIREZ-PISCO, R.; PEREZ-JIMENEZ, R. Remote laboratory monitoring of rectifiers and harmonic current generation. 13th European Conference on Power Electronics and Applications, 2009. EPE '09. Barcelona, Espanha, Sept. 2009.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Luis Carlos Origa de Oliveira
Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP
15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil
origa@dee.feis.unesp.br

Submetido em 20/03/2014
Aceito em 19/06/2014