



BANCADA DINÂMICA PARA SUPERVISÃO E CONTROLE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – UMA INTERAÇÃO ENTRE A GRADUAÇÃO E A PÓS-GRADUAÇÃO

Weldon Carlos Elias Teixeira – weldon.carlos@ifpa.edu.br

Instituto Federal do Pará – IFPA, Eletrotécnica

Folha 22, Quadra Especial - Lote Especial - Bairro: II Nova Marabá

68508-970 – Marabá - Pará

Petrônio Vieira Jr. – petronio@ufpa.br

Universidade Federal do Pará - UFPA, Faculdade de Engenharia Elétrica

Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá

66075-110 – Belém - Pará

Leticia Cristina da Silva Barata – leticia.barata@hotmail.com

Universidade Federal do Pará - UFPA, Faculdade de Engenharia Elétrica

Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá

66075-110 – Belém - Pará

***Resumo:** A pesquisa quando associada à graduação promove a integração entre graduação e pós-graduação e deve produzir recursos didáticos a serem empregados no ensino da graduação. Esta prática nem sempre é observada pelos pesquisadores, mas deve ser uma regra na medida em que leva à inovação tecnológica para a graduação, incentivando alunos da graduação à iniciação científica, além de reduzir custos e otimizar recursos fazendo com que os equipamentos sejam compartilhados entre os cursos de graduação e pós-graduação. Uma experiência neste sentido pode ser vivenciada no projeto de pesquisa denominado *Monitoração de Hidrogeradores Através da Corrente Estatística – MHACE com financiamento da ELETRONORTE*. Neste trabalho foi projetada e implementada a denominada *Bancada Dinâmica de máquinas rotativas para comprovação experimental das hipóteses do projeto* cujos recursos implementados para o desenvolvimento da pesquisa e as potencialidades foram incorporados ao Laboratório de Eletrônica de Potência na prática de acionamentos eletrônicos e automação industrial do ensino da graduação. Este trabalho descreve estes recursos de pesquisa e suas adaptações para o emprego na graduação.*

***Palavras-chave:** Graduação, Pós-graduação, integração, pesquisa, ensino.*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) denominado “Monitoração de Hidrogeradores Através da Corrente Estatística – MHACE”, pelos alunos da

Realização:



Organização:





pós-graduação no projeto e implementação de uma bancada dinâmica, buscou essencialmente uma ferramenta experimental para comprovação de estudo teóricos e seus resultados de simulação de carga elétrica, geração de energia elétrica e monitoração de grandezas elétricas e mecânicas. Pelo fato desta bancada agregar muitos equipamentos aplicados na prática industrial, como por exemplo de instrumentação eletrônica, acionamentos, sistema de potência e instalações elétricas industriais e levando-se em consideração as variáveis que podem ser monitoradas, tais como vibração, torque, velocidade, tensões e correntes, percebeu-se o surgimento de vasta gama de possibilidades na inserção da bancada como recurso para o ensino de alunos da graduação. A inovação metodológica na prática educacional em Engenharia Elétrica se dá pelo fato da proposta de projeto e implementação da bancada contribuir com dois objetivos principais, (i) desenvolvimento e construção da bancada para realização de pesquisas da pós-graduação e (ii) posterior disponibilização da bancada para treinamento das ferramentas desenvolvidas na pesquisa. Este último objetivo permite a integração dos recursos da pesquisa em recursos a serem utilizados no ensino de diversas disciplinas que compõem a matriz curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFPA. Neste sentido, o desenvolvimento da bancada teve como base uma abordagem construtivista, na qual também contou com a participação de alguns discentes da graduação, de forma a propiciar uma vivência experimental desburocratizada que ainda são muito frequentes em atividades laboratoriais (TEIXEIRA, et al., 2008). Como experiência pedagógica a plataforma didática propicia a percepção integrada entre as diversas disciplinas da matriz curricular do curso de Engenharia Elétrica, que não pode ser dissociadas, já que esses diversos saberes serão encontrados nos ambientes profissionais da indústria (CREDER 2007), (MAMEDE F., 2010). Cabe, além disto, reconhecer que é uma estratégia de solidificação de conceitos através da prática e ainda no desenvolvimento de habilidades extras, como incentivo à pesquisa nos alunos de graduação.

2. APLICAÇÕES

O sistema da bancada para aplicação na pós-graduação está dividido em três partes principais:

- **Simulação da geração:** composta pelo gerador de energia elétrica; inversor de frequência que é o elemento agregado para emular as situações mais complexas de estudo e identificação (AHMED 2000);
- **Simulação de carga:** composta basicamente por elementos de simulação de carga elétrica e mecânica; e também agrega um motor de corrente contínua o qual aciona um gerador e/ou pode ser perturbado seu desempenho por uma máquina síncrona ou de indução (MARTIGNONI 1987);
- **Sistema de monitoração:** composta principalmente por computador, placa de aquisição de dados da National Instruments®, os quais não devem ser destacados da bancada; e osciloscópio digital.

As principais partes anunciadas podem ser vistas na Figura 1. As setas que interligam as principais partes estão relacionadas ao fluxo de sinais que podem ser puramente elétricos ou de comunicação.

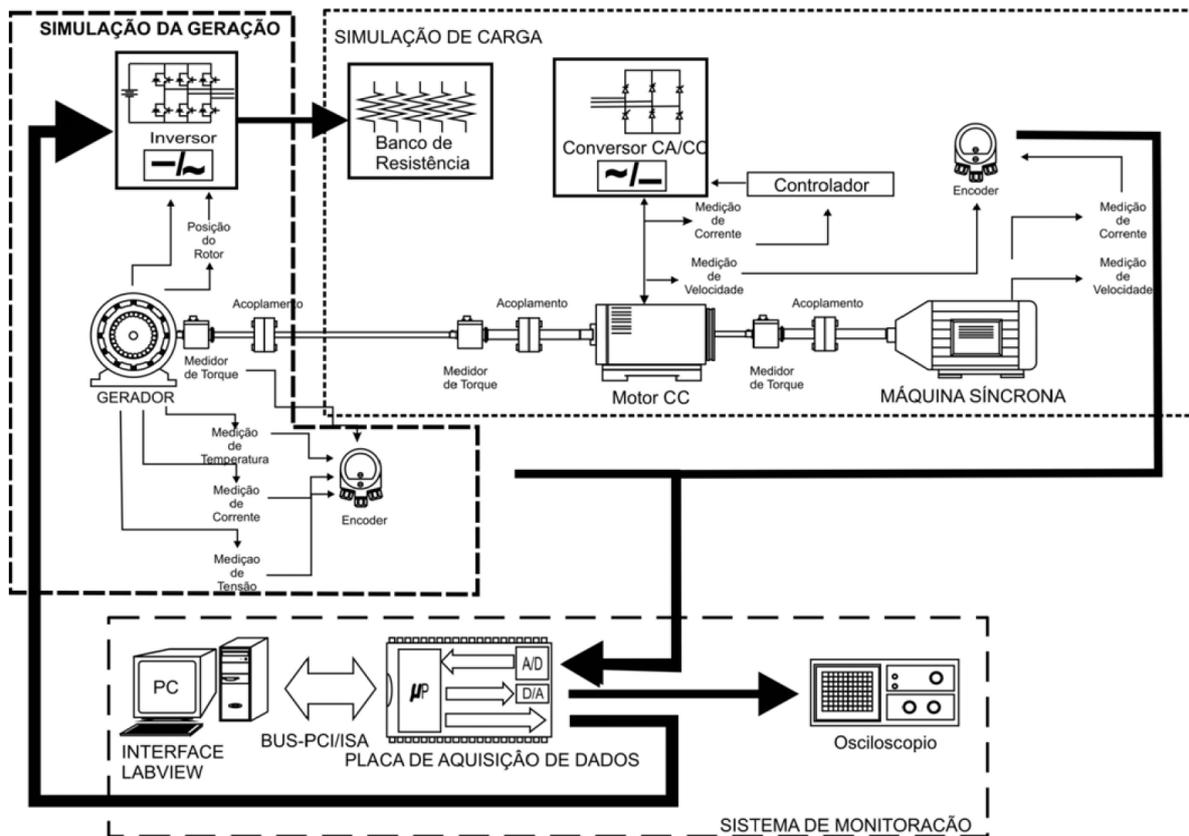


Figura 1 – Principais sistemas que compõem a bancada.

A Figura 2 mostra parte do sistema implementado de acionamento e monitoração da bancada.



Figura 2 – Sistema de acionamento e monitoração da bancada.



Nos seguintes exemplos de aplicações, é de fácil percepção o quanto assuntos comuns à graduação podem ser tratados utilizando esta ferramenta disponível.

2.1. Máquinas rotativas

A bancada apresenta algumas máquinas elétricas rotativas, tais como, gerador ou alternador responsável pela geração de energia elétrica; motor de corrente contínua para produzir a energia mecânica necessária para acionar o gerador de tal forma a emular uma turbina de uma hidrelétrica ou de uma termoeletrica; e máquina síncrona e de indução as quais podem ser utilizadas para introduzir distúrbios de torque no sistema (FITZGERALD, et al., 2006).

Como este sistema apresenta elementos que correspondem às principais máquinas encontradas na geração de energia elétrica, então podem ser aplicados para enriquecer a experiência pedagógica nas disciplinas de geração e conversão de energia elétrica, nas quais o discente de graduação deve ser apresentado aos conceitos introdutórios referentes às Máquinas Elétricas, especificamente motores e geradores. A Figura 3 mostra parte do sistema de simulação de carga composto por um gerador síncrono trifásico da WEG modelo GTA160SI13 de 4 polos, fator de potência de 0,8, baixa tensão, 60 Hz 1800 rpm, 21 kVA (16,8kW) para ligação de 220 – 240 V e Motor CC de 20 CV, 260V, 63 A, 2500 rpm (MARTIGNONI, 1987).

Através dessas máquinas rotativas disponíveis é possível demonstrar simultaneamente as fases de geração e consumo de energia elétrica em experimentos semelhantes aos encontrados em processos industriais.



Figura 3 – Motor de corrente contínua (esquerda) e gerador síncrono trifásico (direita).



Torna-se viável também, o desenvolvimento e a inclusão de um programa de experimentos laboratoriais que podem consistir em verificar os efeitos da variação do campo magnético do motor de corrente contínua, através do conversor CA/CC (Figura 4), da variação de carga elétrica (resistiva, indutiva, capacitiva; ou a combinação destas), o estudo do fator de potência, variação da potência de saída do gerador e efeitos de sobrecarga elétrica, com o objetivo de verificar as implicações de tais modificações na prática, previstas teoricamente.

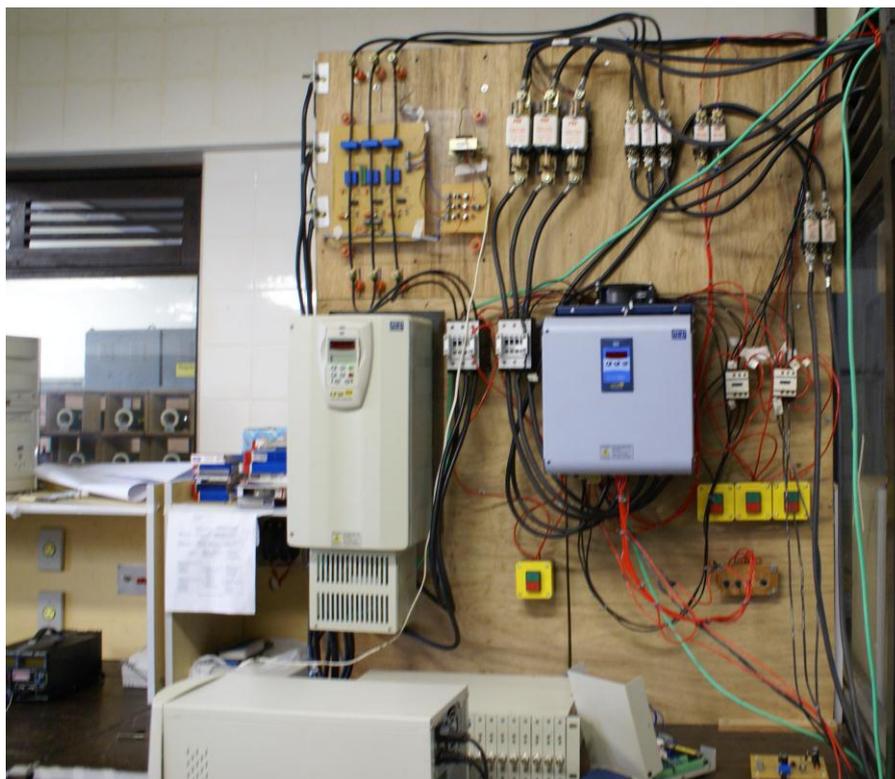


Figura 4 – Conversor de Frequência e Conversor CA/CC.

2.2. Instrumentação e o sistema de acionamento da bancada

Na bancada podem ser encontrados vários exemplos de elementos diretamente relacionados à instrumentação e em acionamentos e podem ser utilizados para enriquecer a prática educacional dos discentes da graduação na medida em que fornecem a possibilidade de interação direta, conhecendo seu funcionamento.

Instrumentação

Em geral, os elementos mais comuns que compõem a arte de instrumentar incluem os atuadores; controladores; registradores, responsáveis pelo armazenamento das informações enviadas e recolhidas; indicadores, que também pode ser um sistema supervisor como instrumento de monitoração e fornecedor de dados através de uma plataforma de fácil entendimento e acesso em relação às variáveis desejadas; e sensores que junto aos indicadores proporcionam a obtenção de dados relevantes para análise posterior (FIALHO, 2005).



Em relação a sensores que podem ser encontrados na bancada estão os de corrente de Efeito Hall (Figura 5), de tensão de Efeito Hall (Figura 5) que são comumente utilizado no condicionamento de sinais, posto que a conversão A/D é realizada pela placa de aquisição da National Instruments®, sensores de vibração (Figura 6), torque (Figura 7), velocidade (Figura 8) e temperatura (ROLDAN 2002).

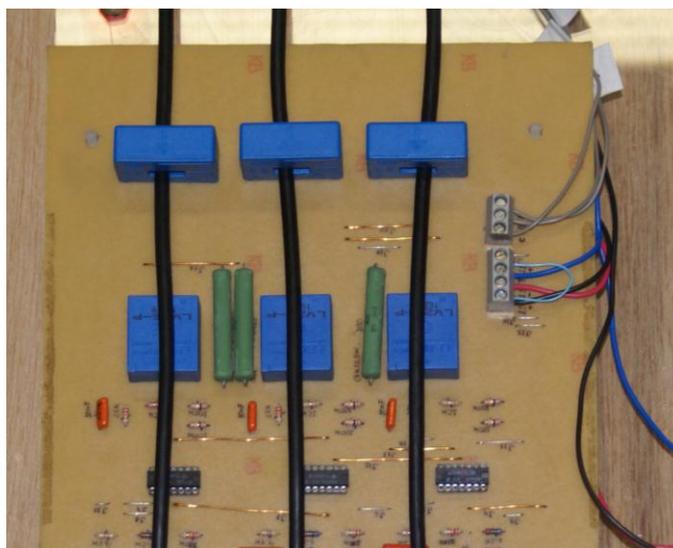


Figura 5 – Sensores de corrente e de tensão da LEM®.

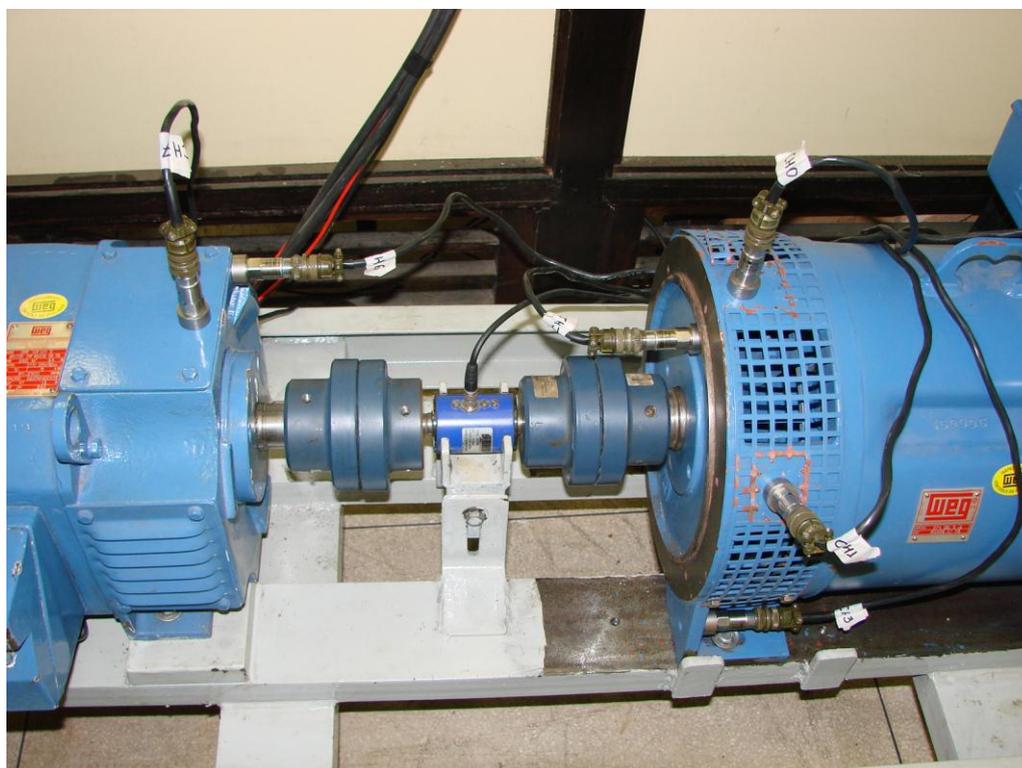


Figura 6 – Sensor de vibração da Wilcoxon®.

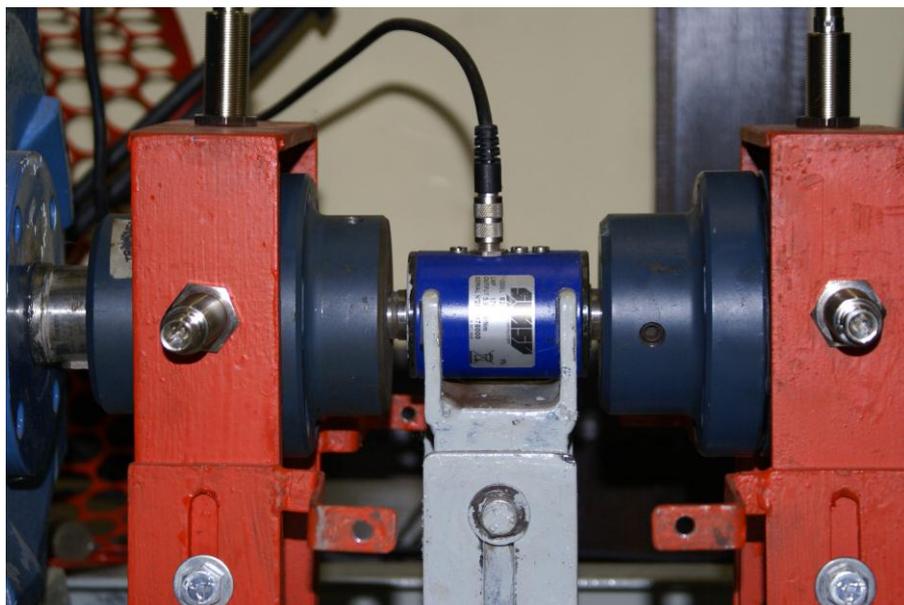


Figura 7 – Sensor de Torque da Sensy®.



Figura 8 – Sensor de Velocidade da Heidanhain®.

A obtenção de dados a partir de tais sensores é uma importante ferramenta para os alunos de graduação na medida em que devem ser observados no que se refere a suas inter-relações e aos seus princípios de funcionamento e aplicação. Além disso, os resultados do sensoriamento podem ser analisados e discutidos quanto à correspondência com a teoria prevista. Neste sentido, podem ser demonstradas as formas de ondas esperadas no caso



prático, como por exemplo, formas de onda de corrente e tensão, torque, velocidade, temperatura esperadas conforme o regime de operação da bancada.

Diante dos resultados dessa conexão entre à instrumentação e o supervisor, pode-se dizer que a análise de dados feita, leva à conclusões, e é ainda visível a formação de novos questionamentos, incitando os alunos à pesquisa como pode ser observado no caso do estudo de efeitos dos distúrbios na geração causada por problemas nos rolamentos, que é parte da pesquisa da pós-graduação, mas que pode eventualmente surgir como um assunto de caráter ilustrativo a ser mencionado nas aulas da graduação.

Acionamentos

Dentre os elementos do sistema de acionamentos que compõem a bancada, o conversor de frequência, desempenha papel relevante para os propósitos das pesquisas da pós-graduação, entretanto outros elementos típicos de acionamentos podem ser encontrados. Como por exemplo, o conversor CA/CC, contatoras e botoeiras (FRANCHI, 2007), (PAPENKORT, 2006).

Embora experiências exclusivas deste tema não possam ser realizadas, os elementos de acionamentos existentes na bancada podem demonstrar várias aplicações reais aos discentes de graduação.

2.3. SISTEMA SUPERVISÓRIO

Através do supervisor desenvolvido em LabVIEW®, o qual permite a realização de programação gráfica é possível integrar todo o sistema da bancada para o acompanhamento da evolução das experiências, através da visualização de gráficos de tensão, corrente, torque, temperatura, vibração, bem como outros que podem ser obtidos através do processamento digital das formas de ondas obtidas, tais como valores médios, rms, espectro de harmônicas, etc. Além de permitir o registro das informações resultantes de processamento e formas de ondas no computador, o que permite uma análise posterior à experiência prática (SILVA Jr., et al., 2005).

A Figura 9 mostra a tela principal do supervisor desenvolvido e os botões de acesso aos subsistemas que permitem visualizar, gravar e processar digitalmente os sinais obtidos por meio da placa de aquisição.

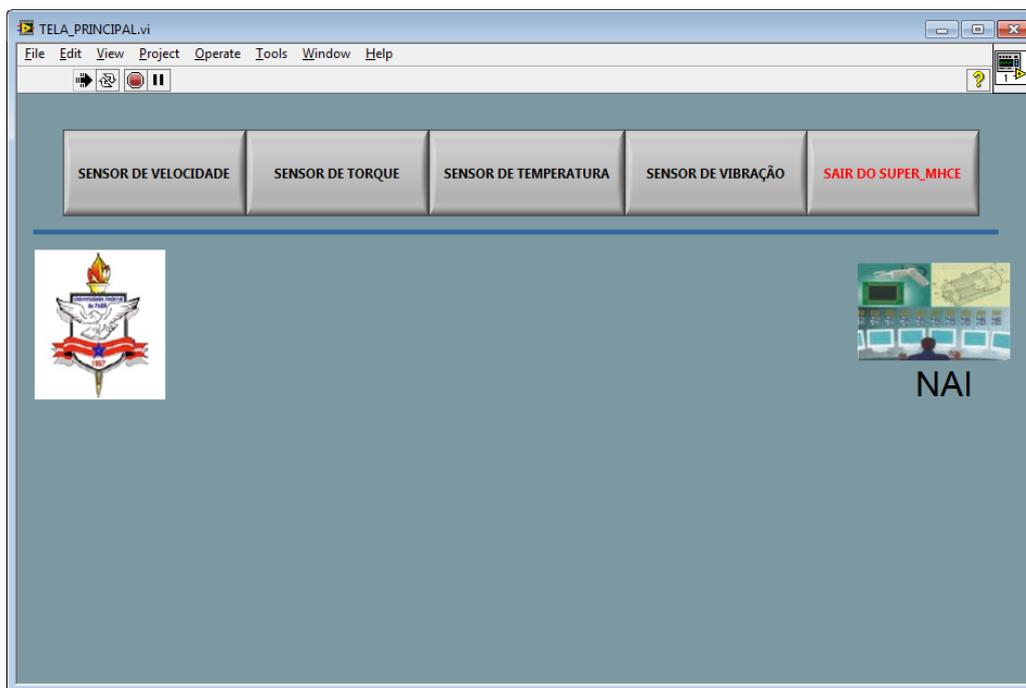


Figura 9 – Tela principal do supervisório desenvolvido.

Em decorrência de o supervisório apresentar as informações de uma forma ilustrativa e organizada, o acompanhamento e entendimento do processo de geração de energia elétrica na bancada pelos alunos de graduação são totalmente viáveis do ponto de vista didático-pedagógico. A Figura 10 mostra um instrumento virtual que permite a monitoração da temperatura do estator.

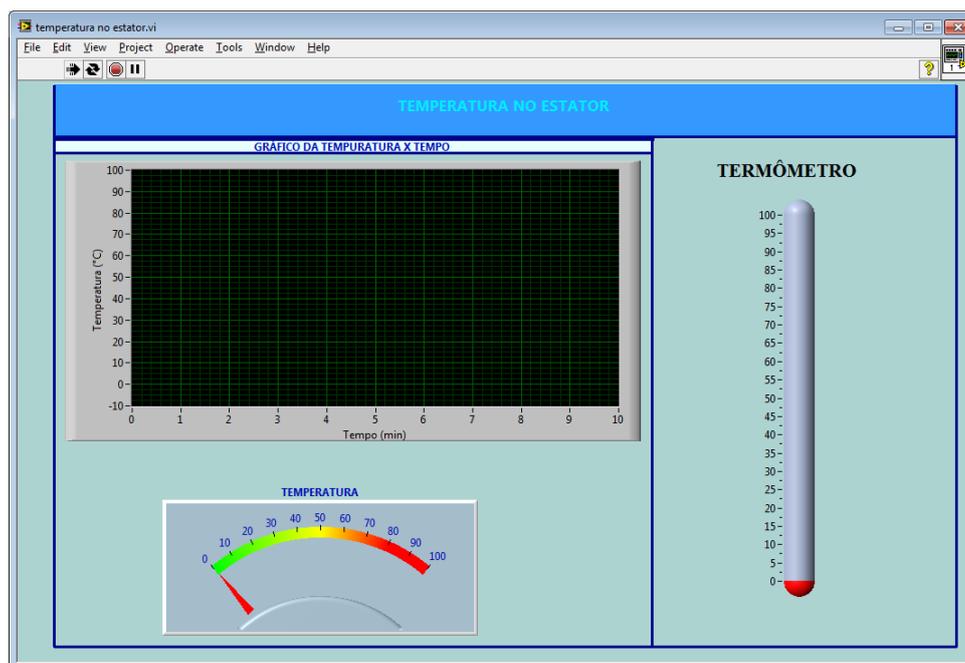


Figura 10 – Instrumento virtual que permite a monitoração da temperatura do estator.



3. INTERAÇÃO ENTRE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

A experiência obtida na interação entre graduação e pós-graduação foi estabelecida de duas formas principais:

- no desenvolvimento da bancada;
- na iniciação científica.

Além, destas duas experiências de sucesso, a plataforma de pesquisa e didática desenvolvida deverá já no próximo semestre ser utilizada para demonstrar muitas de suas possibilidades em algumas disciplinas específicas.

Como o projeto é multidisciplinar e bastante amplo, no desenvolvimento estiveram envolvidos vários discentes de graduação, tais como: Felipe Araújo, Letícia Barata e Pedro Henrique Veríssimo. Os quais participaram nas montagens, registros de imagens, elaboração de esquemas e figuras, entre outras atividades; Especificamente, a estudante de Engenharia Elétrica Letícia Barata, contribuiu significativamente com a elaboração deste documento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Demonstrou-se, portanto que a interação entre a pós-graduação e a graduação pode se tornar uma experiência muito rica e indispensável para alcançar uma formação acadêmica mais profunda e que traga uma vivência experiencial típica dos ambientes profissionais aos discentes de graduação, através de exemplos e práticas que antes seriam inviáveis.

Viu-se que os equipamentos que compõem uma bancada desenvolvida por alunos da pós-graduação, tais como, as máquinas rotativas utilizadas, dispositivos típicos de instrumentação e acionamentos elétrico-eletrônicos, podem ser compartilhados. Com a realização desta experiência ficou demonstrado que investimentos em equipamentos adicionais exclusivos para graduação foram evitados. Além disso, estimulando os alunos a ingressarem em programas de pós-graduação ou de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Method for Dynamic Simulation of Air-Gap Eccentricity in Induction Machines.

TOLIYAT, Hamid A., AREFEEN, Mohammed S. and PARLOS, Alexander G. 1996.

s.l. : IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, 1996, Vol. 32.

AHMED, Ashfaq. 2000. *Eletrônica de Potência.* s.l. : Prentice Hall (pearson), 2000.

CREDER, Hélio. 2007. *Instalações Elétricas.* 15. s.l. : LTC, 2007. 9788521615675.

FIALHO, Arivelto Bustamente. 2005. *INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL: CONCEITOS, APLICAÇÕES E.* s.l. : Erica, 2005.



FITZGERALD, A. E., JUNIOR, Charles Kingsley and UMANS, Stephen D. 2006.

Máquinas Elétricas com Introdução à Eletrônica de Potência. s.l. : Bookman, 2006.

FRANCHI, Claiton Moro. 2007. *Acionamentos Elétricos.* s.l. : Erica, 2007.

MAMEDE F., João. 2010. *Instalações Elétricas Industriais.* 8. s.l. : LTC, 2010.

MARTIGNONI, Alfonso. 1987. *Ensaio de Máquinas Elétricas.* s.l. : Globo, 1987.

PAPENKORT, Franz. 2006. *Esquemas Elétricos de Comando e Proteção.* s.l. : Epu, 2006.

ROLDAN, José. 2002. *Manual de Medidas Elétricas.* s.l. : Hemus, 2002.

SILVA Jr., Manoel Feliciano, PEREIRA, Paulo Sérgio and REGAZZI, Rogério Dias. 2005.

Soluções Práticas de Instrumentação e Automação - Utilizando a Linguagem LabVIEW. 2005.

TEIXEIRA, Weldon Elias Teixeira, VIAJANTE, Ghunter Paulo and MARRA, Enes Gonçalves.

2008. Projeto, Simulação e Implementação de um Conversor CC-CC não isolado boost, uma experimentação metodológica. *COBENGE.* 2008.

DYNAMIC WORKBENCH FOR MONITORING AND CONTROL IN THE ELECTRICAL ENERGY GENERATION - A POST-GRADUATION AND GRADUATION INTERACTION

Abstract: *Post-graduation research programs must to produce didactical resources for graduation teaching activities. This interaction between post-graduation and graduation is not always considered by researchers, but, must to be a usual procedure, since brings technological innovations to graduation programs, stimulating sciences students' interest. Great cost reduction sometimes can be observed in the equipment sharing. An experience related to interaction between post-graduation and graduation may be found in a Dynamic Workbench project known as Hydro-generator Monitoring through Stator's Electrical Current - MHCE funded by ELETRONORTE a Brazilian electrical energy company. This work presents this workbench, its resources for post-graduation research use, and its potentialities in the graduation teaching.*

Key-words: *Graduation, Post-graduation, Workbench, Hydro-generator.*