



SOFTWARE DIDÁTICO PARA AULAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM BANCADAS DE SIMULAÇÃO DE SISTEMAS INDUSTRIAIS

Ricardo B. P. Ribeiro – ricardobpr@hotmail.com

Thiago M. Novaes – thiagomn_91@hotmail.com

Thiago C Dias – tcdias@yahoo.com.br

Maria E. L. Tostes – tostes@ufpa.br

Maria F. Corral – filomenacorral@yahoo.com

Thiago C. Soares – thiago_motasoares@yahoo.com.br

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá

CEP 66075-110 – Belém - Pará

***Resumo:** Este artigo propõe o uso de bancadas didáticas de um sistema de controle e supervisão industrial para o ensino de Eficiência Energética na graduação dos estudantes de Engenharia Elétrica através de simulações e ensaios práticos utilizando o software LabVIEW. As bancadas didáticas são constituídas por uma bomba, um compressor industrial, um exaustor/ventilador e uma correia transportadora. Com esse ambiente é possível realizar diversas configurações e estratégias de controle através da utilização da interface homem-máquina (IHM). A partir da utilização dessas ferramentas de automação nos processos industriais, são realizados ensaios nas bancadas de modo que se possa analisar a eficiência energética dos processos. Com o auxílio do Matlab foram criados Instrumentos Virtuais (VI) para cada uma das 4 bancadas presentes no laboratório, os quatro VIs, que foram primeiramente desenvolvidos individualmente, foram integrados em uma única plataforma. Para integrar os softwares, os diagramas de blocos que já existiam separadamente para cada uma das 4 bancadas, foram colocados em um único VI. Este artigo apresenta estas bancadas com os softwares desenvolvidos, um questionário aplicado para avaliar a importância de estudar eficiência energética na graduação, assim como alguns métodos didáticos para facilitar o entendimento de cada discente. É apresentado também o resultado de uma pesquisa obtida através de uma aula prática que foi executada apenas na bancada de bombeamento d'água, onde os alunos acionam e monitoram os dispositivos deste protótipo para realizar um ensaio de ajuste de vazão visando a eficiência energética.*

***Palavras-chave:** Eficiência energética, Instrumentos Virtuais, Sistemas supervisórios, LabVIEW.*

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética é muitas vezes negligenciada nas indústrias. Ainda está presente a ideia de que o crescimento econômico acarreta necessariamente um aumento exagerado do consumo de energia. O conceito de Utilização Racional de Energia alterou a forma de analisar esta situação, demonstrando ser possível desenvolver o setor industrial sem aumentar drasticamente a demanda energética e afetar negativamente a qualidade da produção.

A classe industrial corresponde a aproximadamente 45,5% do consumo de energia global produzido do país, e destes, 49% representa o consumo de sistemas motrizes, constituídos de motores elétricos, acionamentos, acoplamentos e cargas como bombas centrífugas, ventiladores, compressores e correias transportadoras. Como consequência deste consumo energético, intensificam-se as pesquisas sobre processos energéticos industriais em laboratórios pelo Brasil. O CEAMAZON – Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia, através do LAMOTRIZ – Laboratório de Sistemas Motrizes, tem como um de seus objetivos a simulação de processos industriais sob diferentes condições de trabalho objetivando elevar a eficiência dos mesmos. Neste laboratório estão as quatro principais cargas existentes na indústria: Bombeamento d'água, Correia transportadora, Exaustão/Ventilação industrial e Compressão industrial.

O *software* LabVIEW possui uma grande vantagem na aquisição de dados e controle de máquinas industriais. É possível utilizar uma grande variedade de controladores e indicadores, tais como interruptores, botões e gráficos, além de outros. Estas funções são visíveis em um painel frontal com comandos facilmente identificáveis e compreensíveis. O controle pode ser feito diretamente em botões semelhantes aos das máquinas reais, dando uma maior verossimilhança no momento de controlar a máquina.

O objetivo deste trabalho é a utilização de modelos supervisórios 2D elaborados no *software* LabVIEW em conjunto com bancadas didáticas disponíveis no LAMOTRIZ para a realização de ensaios para medição de consumo energético e geração de indicadores de desempenho. É objetivo também apresentar estas bancadas com os softwares desenvolvidos, mostrar os resultados de um questionário aplicado para avaliar a importância de estudar eficiência energética na graduação, assim como alguns métodos didáticos para facilitar o entendimento de cada discente, além de apresentar também o resultado de uma pesquisa obtida através de uma aula prática que foi executada apenas na bancada de bombeamento d'água, onde os alunos acionam e monitoram os dispositivos deste protótipo para realizar um ensaio de ajuste de vazão visando à eficiência energética, tanto localmente como remotamente através da internet.

2. DESCRIÇÃO DO LABORATÓRIO DE SISTEMAS MOTRIZES

2.1. Sistema supervisório:

O Sistema Supervisório do LAMOTRIZ tem como função básica a simulação de processos industriais comuns aos mais variados tipos de indústrias. Utilizando-se o *software* LabVIEW, foram criados instrumentos virtuais (do inglês, *virtual instruments*,

ou simplificadamente, V.I.) responsáveis pela simulação e controle de diversos dispositivos presentes no laboratório. Tais dispositivos estão dispostos em quatro bancadas, sendo cada uma responsável pela operação de somente um tipo de processo que pode ser um sistema de bombeamento d'água, de compressão industrial, de correia transportadora e de ventilação/exaustão industrial.

2.2. Bancada de bombeamento de água:

Composta por dispositivos sensores e dispositivos de controle, a bancada de bombeamento de água, "Figura 1", permite ao usuário verificar o consumo energético em diversas situações de vazão, pressão, entre outros parâmetros. Na bancada, existe fisicamente implementado 1 (um) sensor de vazão na tubulação, 1 (um) sensor de nível no reservatório superior, 2 (duas) boias de nível on/off e 2 (dois) sensores de pressão na tubulação (bar). Para o controle do dispositivo, dispõe-se de 3 (três) válvulas on/off, 1 (uma) válvula de controle automatizado, 1 (uma) chave de partida direta, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica do tipo Soft-Start, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica utilizando controle de referência de velocidade, contendo um contator e um inversor de frequência e 1 (um) controle de velocidade utilizando o inversor de frequência.

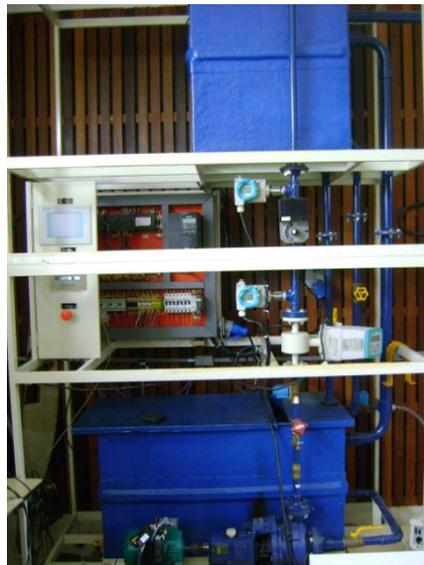


Figura 1 - Bancada de bombeamento d'água

2.2. Compressor:

Outra carga importante presente nos processos industriais é o compressor industrial, "Figura 2", podendo este ser do tipo recíproco, a parafuso e também centrífugo, dependendo da necessidade e do porte da indústria em que ele será instalado. Para estudos, possuímos um modelo composto por 1 (um) sensor de vazão na tubulação e 1 (um) sensor de pressão na tubulação (bar). Para fins de controle temos 4 (quatro) válvulas On/Off, 1 (uma) chave de partida direta, contendo um contator, 1 (uma) chave

de partida eletrônica do tipo Soft-Start, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica utilizando controle de referência de velocidade, contendo um contator e um inversor de frequência, e 1(um) controle de velocidade utilizando o inversor de frequência.



Figura 2 - Bancada do compressor.

2.3. Correia transportadora:

As correias transportadoras são predominantes no transporte de materiais em indústrias devido às vantagens como baixo custo operacional, segurança e uma longa vida útil. O modelo representativo existente no LAMOTRIZ, "Figura 3", é composto por 1 (um) sensor de peso aplicado na esteira e 1 (um) sensor de velocidade da esteira. Para controlarmos a bancada dispomos de 1 (um) setpoint de peso aplicado na esteira (opções de mais ou menos peso), 1 (uma) chave de partida direta, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica do tipo Soft-Start, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica utilizando controle de referência de velocidade, contendo um contator e um inversor de frequência, e 1(um) controle de velocidade utilizando o inversor de frequência.



Figura 3 - Bancada da correia transportadora.

2.4. Exaustor/ventilador:

Os ventiladores são tipos de cargas amplamente utilizados nas indústrias em diversos processos, como em siderúrgicas nos alto-fornos e em instalações com caldeiras. A exaustão também é muito comum nas instalações que possuem renovação do ar. O modelo representativo presente no laboratório, "Figura 4", é composto por 1 (um) sensor de vazão na tubulação e 1 (um) sensor de pressão na tubulação (bar). Para o controle, temos 1 (um) damper variando de 0 à 90 graus, , 1 (uma) chave de partida direta, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica do tipo Soft-Start, contendo um contator, 1 (uma) chave de partida eletrônica utilizando controle de referência de velocidade, contendo um contator e um inversor de frequência, e 1(um) controle de velocidade utilizando o inversor de frequência.



Figura 4 - Bancada do exaustor/ventilador.



Em cada uma das quatro bancadas há também 1 (um) Multimetro MID144 responsável pela medição de diferentes grandezas envolvidas no processo, tais quais: tensão nas três fases (V), corrente nas três fases (A), potência ativa (W), potência reativa (VAR), potência aparente (VA), fator de potência, ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente (graus), frequência e a demanda de potências.

3. SOFTWARE SUPERVISÓRIO

O uso de bancadas didáticas de um sistema de controle e supervisão industrial para o ensino de Eficiência Energética na graduação dos estudantes de Engenharia Elétrica está sendo implementado através de simulações e ensaios práticos utilizando o software LabVIEW no Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará. As bancadas didáticas apresentadas na sessão anterior foram reproduzidas em ambiente computacional. Com esse ambiente é possível realizar diversas configurações e estratégias de controle através da utilização da interface homem-máquina (IHM). A partir da utilização dessas ferramentas de automação nos processos industriais, são realizados ensaios nas bancadas de modo que se possa analisar a eficiência energética dos processos.

Programas LabVIEW imitam a aparência e operação de instrumentos físicos, como osciloscópios e multímetros, que são construídos com uma série de ferramentas com o objetivo de executar a aquisição, análise, demonstração e armazenamento de dados.

O software supervisor é um software que utiliza uma linguagem de programação gráfica que usa ícones em vez de linhas de texto para criar aplicações. Em contraste com alguns softwares que utilizam uma linguagem de programação baseada em texto, aonde as instruções determinam a execução dos programas, LabVIEW usa uma programação de fluxo de dados, aonde o fluxo de dados determina as operações.

Dessa forma, foi construída uma interface para o usuário ("*user interface*") usando um conjunto de ferramentas e objetos. A interface para o usuário é conhecida como o painel frontal ("*front panel*"). Adiciona-se então o código no diagrama de blocos ("*block diagram*") usando representações gráficas das funções para controlar os objetos do painel frontal. O diagrama de blocos contém este código. Em algumas situações o diagrama de bloco assemelha-se a um fluxograma de informações.

Para obter-se a qualidade necessária em um sistema industrial automatizado é preciso monitorar cada fase do processo produtivo, obtendo assim um maior desempenho de produção. Através da rapidez na leitura dos instrumentos de campo, as intervenções necessárias podem ser feitas rapidamente. Desse modo, os quatro VIs, um de cada bancada, que foram primeiramente desenvolvidos individualmente, foram integrados em uma única plataforma apresentados na sessão 3.1.

3.1 Modelos 2D desenvolvidos de cada bancada industrial

Para integrar os softwares, os diagramas de blocos que já existiam separadamente para cada uma das 4 bancadas, foram colocados em um único VI. Após corrigir alguns problemas que apareceram nesse processo o próximo passo foi montar o painel frontal, de modo que simplificasse a supervisão e o controle das bancadas didáticas. No painel frontal as bancadas foram divididas em abas, para uma melhor visualização e controle.

Além de não ser preciso reiniciar o software para usar as diferentes bancadas também é possível alternar entre as bancadas com facilidade.

Com a integração de vários softwares de análise em uma única plataforma, são necessários poucos funcionários especializados e menos tempo para análise dos dados, adquirindo uma significativa redução de custos.

Para auxiliar a visualização e o entendimento dos processos, foram desenvolvidos modelos 2D de cada bancada. Estes, por sua vez, são apresentados nas Figura 5, 6, 7 e 8.

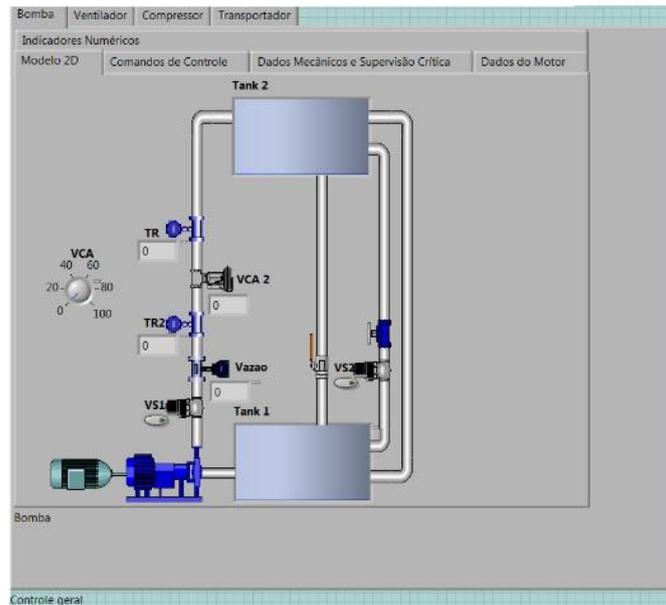


Figura 5 – Painel central com o modelo da bomba d'água.

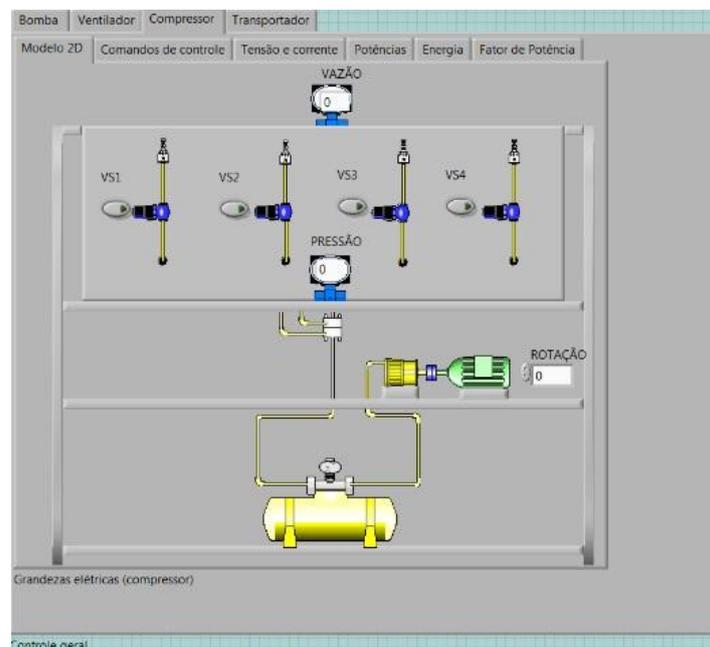


Figura 6 – Painel central com o modelo do compressor.

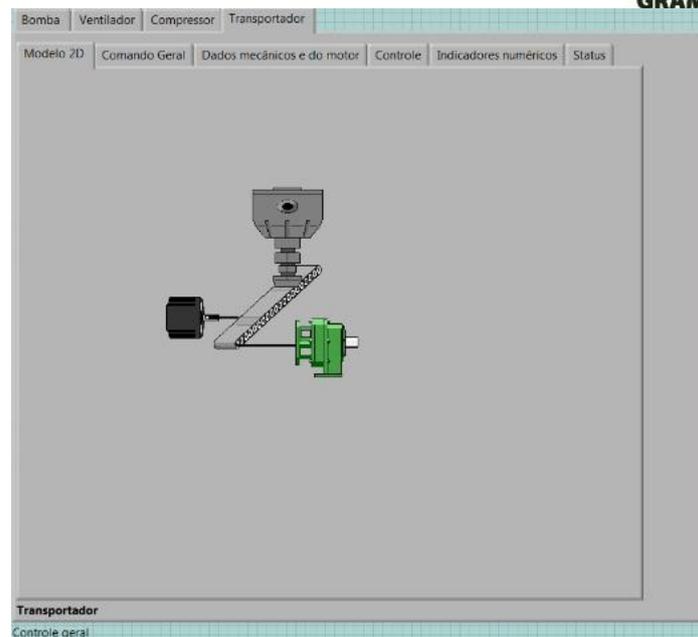


Figura 7 – Painel central com o modelo da correia transportadora.

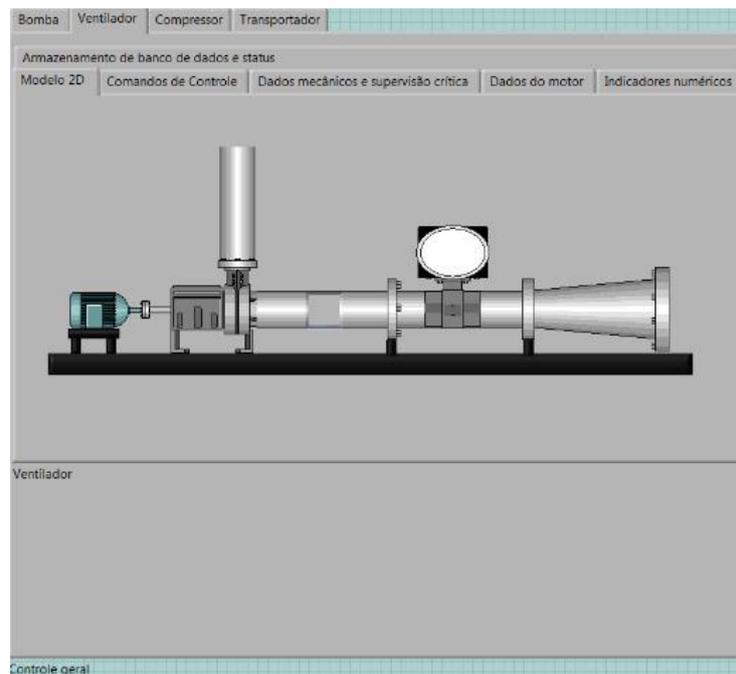


Figura 8 - Painel central com o modelo do ventilador/compressor.

4. RESULTADOS PRÁTICOS EM SALA DE AULA

4.1 Questionário realizado com alunos de graduação

As perguntas do questionário tinham o objetivo de verificar as opiniões dos alunos sobre a necessidade do ensino de disciplinas sobre eficiência energética, assim como alguns métodos didáticos para facilitar o entendimento de cada discente.

Na primeira pergunta, questionou-se a importância de se lecionar uma ou mais disciplinas sobre eficiência energética durante a graduação. As respostas obtidas mostraram que 93% dos alunos estão interessados neste tema. Dentre estes, 71% acreditam que deveria ser uma disciplina obrigatória no curso e o restante prefere que o tema seja abordado como disciplina optativa, conforme ilustrado nas figuras 9 e 10.



Figura 9 - Interesse dos alunos em uma ou mais disciplinas de eficiência energética.

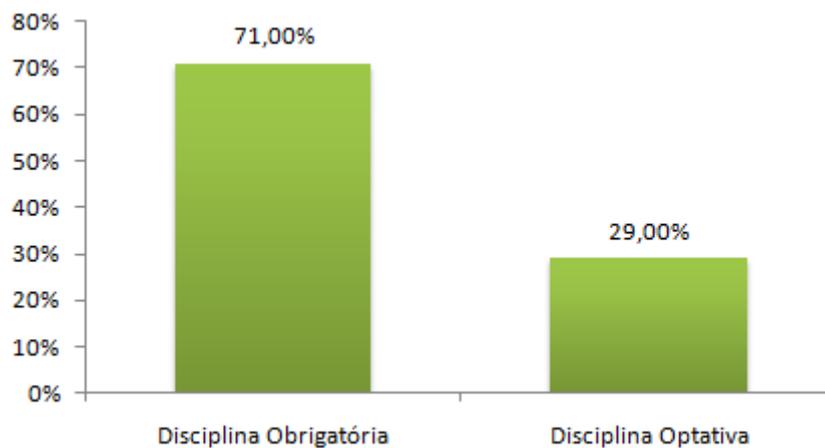


Figura 10 - Interesse dos alunos em disciplinas obrigatórias ou optativas.

A segunda pergunta referiu-se à quais áreas da engenharia os discentes acreditam que seja importante o ensino de eficiência energética. Os dados coletados mostram que existe um interesse maior nas engenharias elétrica, eletrônica e engenharia de automação, mas ainda sim existe algum interesse na área de engenharia mecânica.

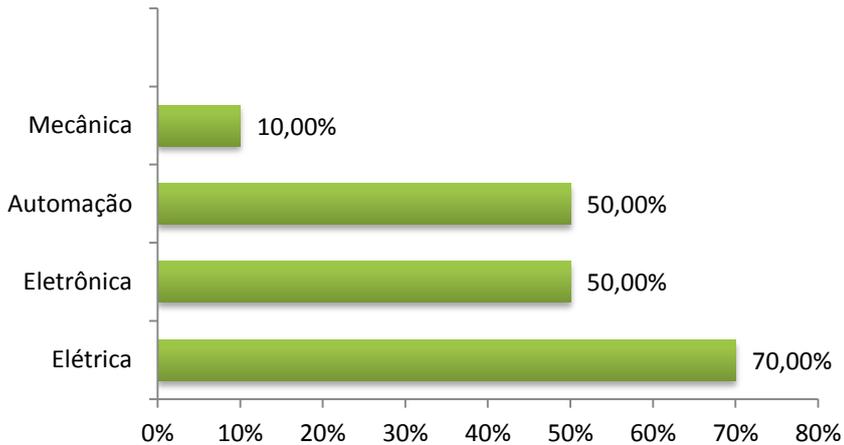


Figura 11 – Áreas da engenharia mencionadas pelos discentes..

A terceira e a quarta pergunta tinham a finalidade de observar a afinidade dos alunos com métodos didáticos de ensino. Foi questionada a aprovação de métodos utilizando *softwares* e bancadas interativas durante as aulas. Obteve-se uma alta aceitação desses métodos, com 100% dos discentes interessados no ensino de eficiência energética aprovando a utilização de ambos durante as aulas.

4.2 Ensaio realizado utilizando LabVIEW na bancada de bombeamento industrial

Não foi possível integrar o software desenvolvido às quatro bancadas industriais que existem no LAMOTRIZ. A aula prática foi executada apenas na bancada de bombeamento d'água, onde os alunos acionam e monitoram os dispositivos deste protótipo para realizar um ensaio de ajuste de vazão visando a eficiência energética [LOUREIRO, 2009].

A utilidade do ensaio em relação ao ensino foi avaliada sendo proposta como tarefa para alunos da disciplina Eficiência Energética da graduação e do Programa de Pós-Graduação e para alunos de graduação da disciplina Laboratório de Conversão de Energia II, todos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará.

Após mostrar como utilizar o software de controle do protótipo, foi enviado um roteiro do ensaio, a fim de que os alunos fossem ao LAMOTRIZ realizar o ensaio. Para finalizar foi solicitado aos alunos que respondessem um questionário com cinco perguntas sobre a dinâmica realizada no laboratório.

A primeira pergunta foi a respeito se o software é apropriado para o ensino de eficiência energética. Mais de 90% dos alunos responderam que sim. A segunda pergunta foi sobre a facilidade de aprender a utilizar o software para as experiências propostas. Todos os alunos responderam que conseguiram aprender com facilidade a utilizar o software. Na terceira pergunta queríamos saber a capacidade do software de prender a atenção do aluno, visto que, para se dar uma aula é preciso que o aluno tenha interesse pelo software. Aproximadamente, 95% dos alunos responderam que o software foi capaz de prender a atenção deles até o fim da aula. Como última pergunta,



foi pedido aos alunos para dar uma nota para a metodologia utilizada no laboratório. Aproximadamente 54% dos alunos deram nota Excelente e 46% nota Bom.

5. CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado o desenvolvimento de um programa computacional em 2D no LabVIEW para simular o comportamento de bombas centrífugas, ventiladores industriais, transportadores de correia e compressor, cargas amplamente utilizadas em processos industriais.

O crescimento da demanda de energia elétrica, o aumento da pressão internacional para a conservação do meio ambiente, bem como os altos gastos de algumas indústrias, são fatores que impulsionam cada vez mais investimentos em eficiência energética, visto que, de modo geral, é mais barato tornar um processo eficiente do que aumentar a produção de energia. Além disso, os espaços físicos para a produção de energia são limitados e a eficiência energética leva a uma melhor utilização destes espaços. Desse modo, torna-se necessário aos alunos e profissionais envolvidos na área um amplo conhecimento sobre eficiência energética.

Pelos resultados obtidos nos questionários percebe-se que os próprios alunos sentem falta de uma disciplina sobre eficiência energética e compreendem a importância que a eficiência energética tem, não somente para o curso de engenharia elétrica, como também para outras engenharias. Vários alunos expõem suas preocupações em estar atrasados em relação a outros que possuem uma disciplina sobre eficiência energética.

As bancadas mostraram ser de grande auxílio para ensinar e para fixar o aprendizado, além de preparar melhor o aluno para o exercício da profissão colocando-o em contato com máquinas que são comumente encontradas em indústrias.

É mais que comprovado que a eficiência energética é muito útil em diversos cursos, o auxílio de um software didático para aulas de eficiência energética em bancadas de simulação de sistemas industriais em engenharia elétrica é uma grande contribuição para o aprendizado de um aluno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Haddad, J. et al (2001). Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Ed.Efei, 2ª edição.

Loureiro, Igor B.; Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Instituto de tecnologia, Universidade Federal do Pará, 2009. Título: Laboratório Remoto para ensino de Eficiência Energética em um Sistema de Bombeamento de Água. Orientadora: Maria Emília de Lima Tostes.

Perrone, F.P.D, et al (2003) Software de Otimização Energética. XVIII SNPTEE, Outubro.



Ribeiro, Manoel ; Diego Pinheiro ; Loureiro, I B ; SILVA, Rogério Diogne de Souza e ; TOSTES, M. E. L. . Laboratório Virtual de Eficiência Energética. In: XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada SRV 2011, 2011, Uberlândia. XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada SRV 2011, 2011.

Rodrigues, Paulo S. B..(1991) Compressores Industriais. Ed. Didática e Científica Ltda.

Sanz. J, Lima, W. (2004) Avaliação da Importância do Emprego de Padrões de Desenvolvimento de Software no Desenvolvimento de Sistema Voltados a Monitoração de Máquinas Rotativas.II ENAM, Novembro.

EDUCATIONAL SOFTWARE FOR CLASSES IN ENERGY EFFICIENCY ON INDUSTRIAL SYSTEMS SIMULATIONS WORKSPACES

Abstract: *This paper proposes the use of didactic workstation of a control and supervisory system for the teaching of Energy Efficiency in the graduation of the students of Electrical Engineering through simulations utilizing the LabVIEW software. The workstations are constituted by a water pump, compressor, exhauster/fan and a conveyor belt. Within this environment it is possible to perform several configurations and control strategies through the utilization of the human-machine interface. From the utilization of these modern automation tools in the industrial processes, experiments are made on the workstation in a way that we can analyze the energetic efficiency of the processes.*

With the assistance of Matlab, Virtual Instruments (VI) were created for each of the 4 workstations of the laboratory, the four Vis, which were primarily developed individually, were integrated in one single platform. To integrate the softwares, the block diagrams which already existed separately for each of the four workstations, were put together in a single VI. This paper presents these workstations with the developed softwares, a questionnaire applied to evaluate the importance of studying energy efficiency in graduation, as well as some didactic methods to facilitate each student understanding. It is also presented the result of a research obtained in a practical class which was given using only the water pump, where the students operated and monitored the devices of this prototype to perform an experiment on the output adjustment aiming at energy efficiency.

Key words: *Energy efficiency, virtual instruments, Supervisory systems, LabVIEW.*