



PLATAFORMA DE CARACTERIZAÇÃO DE EXTENSÔMETRO PARA MEDIÇÃO DE MASSAS UTILIZANDO LABVIEW®

Victor Czarnobay – victor.czarnobay@gmail.com

Victor Ramon França Bezerra de Souza – vicramonee@hotmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Bacharelado do Curso de Engenharia Elétrica

Ademar Gonçalves da Costa Júnior – ademarcosta@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Laboratório de Instrumentação, Sistemas de Controle e Automação (LINSCA)

Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe

58.015-430 – João Pessoa – Paraíba

Resumo: *Uma forma pedagógica de aumentar o interesse dos alunos de cursos de Engenharia é a elaboração de protótipos, unindo os conteúdos teórico e prático da disciplina, utilizando a Abordagem Baseada em Problemas (ABP), como metodologia de ensino. Este artigo apresenta a implementação de uma plataforma de caracterização de extensômetros para medição de massas, utilizando o LabVIEW, desenvolvida durante a disciplina de Instrumentação Eletrônica, do curso de Engenharia Elétrica do IFPB. Foi desenvolvida uma Interface Homem Máquina (IHM) para que o sinal em tensão elétrica fosse medido, em função das massas colocadas sob o extensômetro.*

Palavras-chave: *Extensômetros, LabVIEW, Instrumentação virtual, Amplificadores de instrumentação, Instrumentação eletrônica.*

1. INTRODUÇÃO

Uma forma de aumentar o interesse dos alunos dos cursos da área de Tecnologia é a união entre a teoria de uma disciplina e um problema prático, no qual podem utilizar os conhecimentos adquiridos na disciplina cursada, e sua integração multidisciplinar. Segundo Gomes & Silveira (2007), a educação em Engenharia de Controle e Automação enfrenta desafios na relação ensino-aprendizagem, em demandas sociais, na eliminação de postos de trabalho, no risco tecnológico e ainda os reflexos dos problemas do ensino médio e fundamental.

Desta forma, a utilização de protótipos em forma de planta piloto ou de sistemas automatizados e/ou robóticos, em proporções reduzidas, é muito útil nos cursos de graduação em Engenharia. Além disso, no ambiente de Automação e Controle, a implantação de algoritmos de sistemas de controle e a realização de testes comparativos entre os diferentes tipos de sensores e atuadores, motivam alunos e professores no ensino e na pesquisa. No ambiente acadêmico, a construção de protótipos educacionais em disciplinas ou em trabalhos de iniciação científica ganha cada vez mais espaço, devido ao custo de aquisição dos



protótipos das empresas que os comercializam, além da dependência tecnológica ao ser realizada esta aquisição, não se permitindo muitas vezes, a incorporação de novas tecnologias ou uso de novos algoritmos computacionais para testes comparativos (GOMES & SILVEIRA, 2007; GOMES *et al.*, 2011; MAXIMO *et al.*, 2011).

Para fomentar o interesse dos alunos da disciplina de Instrumentação Eletrônica, do curso de Engenharia Elétrica, do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), campus João Pessoa, e como forma de utilização da metodologia de ensino, Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (RIBEIRO, 2005; FERNÁNDEZ-SAMACÁ *et al.*, 2012; FREITAS, 2012), durante o início do semestre 2013.2 foram propostos projetos em equipe que envolvessem a utilização de sensores e o condicionamento do sinal, além da integração multidisciplinar com outras disciplinas do currículo do curso. Deste modo, o objetivo deste artigo é apresentar a construção de uma plataforma de caracterização de extensômetros para medição de pequenas massas, utilizando conceitos de instrumentação virtual. O sinal de saída de um extensômetro, utilizado para as medições é condicionado de forma adequada, e a aquisição do sinal condicionado é realizada através da placa de aquisições de dados USB-6009 da National Instruments®, sendo conectada a um computador. Um programa em LabView® foi desenvolvido para realizar o tratamento do sinal adquirido, além do desenvolvimento de uma Interface Homem-Máquina (IHM) para visualização dos resultados.

Este artigo está dividido deste modo. Na Seção 2 são apresentados conceitos básicos sobre extensometria e uma visão geral sobre os componentes da plataforma de caracterização do extensômetro. Na Seção 3 é apresentada a plataforma de caracterização proposta, e na Seção 4, as considerações finais deste trabalho.

2. A EXTENSOMETRIA E OS PRINCIPAIS COMPONENTES DA PLATAFORMA DE CARACTERIZAÇÃO UTILIZADOS

Segundo Balbinot & Brusamarello (2011), a extensometria é o método que utiliza o princípio da relação que existe entre tensões mecânicas e deformações em corpos submetidos a solicitações mecânicas, conforme estabelecido pelos estudos de Robert Hooke no século XVII. Deste modo, os extensômetros ou *strain gages* são dispositivos resistivos cuja resistência varia com a sua deformação (AGUIRRE, 2013).

2.1 Extensômetro de Resistência Elétrica

O extensômetro de resistência elétrica é um sensor que transforma pequenas variações de dimensões, em pequenas variações de sua resistência elétrica. Os mais comuns, que são do tipo folha ou lâmina, são formados, basicamente, por dois elementos: a grade e a base (Figura 1). A grade é uma liga metálica que serve como elemento resistivo, enquanto a base é, usualmente, uma lamina de epóxi ou poliamida de grande elasticidade, que permite a fixação e a isolamento elétrico do extensômetro na superfície de interesse da medição (CAMARGO, 2008; BALBINOT & BRUSAMARELLO, 2011).

A variação da resistência em um fio condutor, por uma deformação infligida nele, foi primeiro observada por Kelvin, em 1856, que constatou que uma tração no fio acarreta um aumento na resistência deste, enquanto uma compressão, causa o efeito contrário. Esta variação relativa da resistência sobre a variação relativa da deformação é uma constante, que é calculada pela Eq. 1 (BALBINOT & BRUSAMARELLO, 2011).

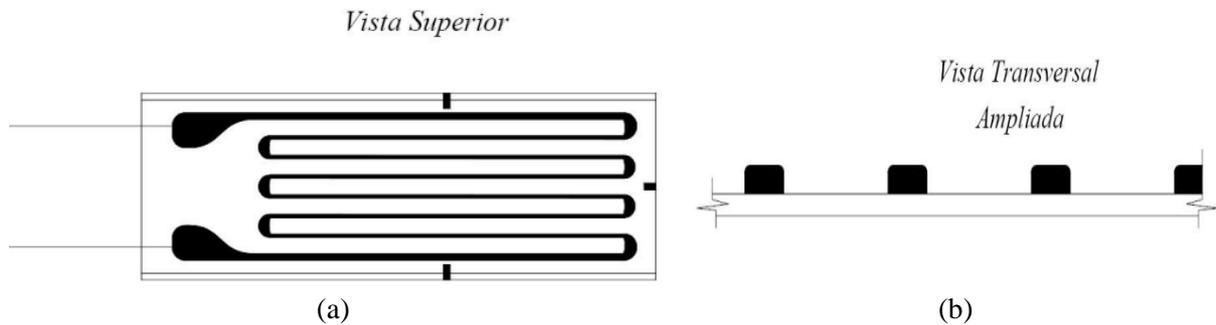


Figura 1 – Extensômetro do tipo folha. Fonte: CAMARGO, 2008.

$$K = \frac{\Delta R / R_0}{\Delta l / \Delta l_0} \quad (1)$$

no qual, K é a constante de sensibilidade à deformação do material, ou o “fator do extensômetro”, R_0 é a resistência inicial do fio metálico, l_0 é o comprimento inicial e ΔR e Δl são as variações de resistência e de comprimento, respectivamente.

Os extensômetros, devido a suas características sensíveis, possuem diversas aplicações, como medição de massa, força, pressão e tensão, e por isso, são largamente utilizados em meios industriais, militares, médicos e comerciais. As principais características atribuídas a extensômetros são: excelente linearidade, alta precisão de medição, fácil instalação, boa resposta dinâmica, possibilidade de medição à distância.

Os tipos de extensômetros são variados, e sua escolha para uma determinada aplicação deve ser influenciada pelo tipo de medição, o material onde está colado, dimensão do sensor, precisão, potência de dissipação, materiais envolvidos e tratamento e proteção do medidor e configuração (VASCONCELLOS, R. M. P. *et al.*, 2005).

2.2. Condicionamento do sinal

O sinal de saída de um extensômetro é um valor constante de resistência. Para o processamento deste sinal é necessário transformar este valor obtido de resistência, em uma grandeza adequada para processamento digital, como corrente ou tensão.

Para adquirir um sinal de tensão, proporcional a variação da resistência, foi utilizado um circuito em configuração de ponte de Wheatstone, composto por quatro resistores de mesmo valor (sendo um o extensômetro sem nenhuma deformação), em um arranjo semelhante ao da Figura 2, conhecido comumente como ponte simples de Wheatstone (AGUIRRE, 2013).

Deve ser lembrado que outras configurações de ponte de Wheatstone são possíveis, quando se possui dois ou quatro extensômetros iguais, denominados, respectivamente, de meia ponte e ponte completa. Ambas apresentam maior imunidade às variações de temperatura, que os circuitos na configuração de ponte simples.

As deformações no extensômetro acarretam uma pequena variação na resistência do mesmo, o que provoca um desequilíbrio na ponte de Wheatstone, alterando proporcionalmente a tensão E_0 (DUNN, 2005).

O sinal de saída da ponte é geralmente de amplitude muito baixa, tornando-o susceptível a ruídos do meio, e dificultando a digitalização do mesmo.

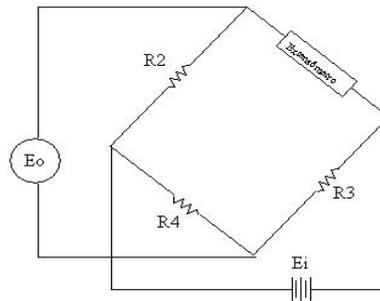


Figura 2 – Configuração do extensômetro, em ponte simples de Wheatstone.

Para que o sinal da saída da ponte simples de Wheatstone fosse conectada à placa de aquisição de dados, foi projetado um amplificador de instrumentação, utilizando amplificadores operacionais TL084CN, conforme ilustrado na Figura 3. As características desejadas de um amplificador de instrumentação são: resistência de entrada muito elevada; resistência de saída reduzida; CMRR maior que 100dB; ganho de tensão maior e mais estável que amplificadores operacionais (AMPOP's) comuns (DUNN, 2005; AGUIRRE, 2014).

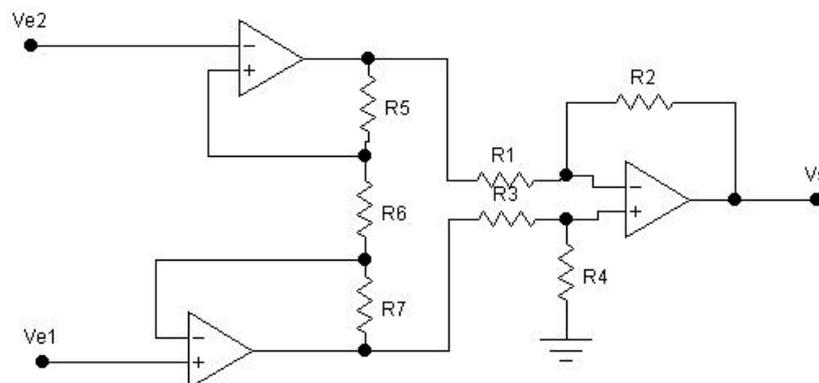


Figura 3 – Amplificador de Instrumentação.

2.3 Aquisição do sinal

Após o condicionamento do sinal, para que seja realizado o processamento digital do mesmo, é necessário sua digitalização. Para isto, foi utilizada a placa de aquisição de dados USB 6009, da National Instruments®, que entre outras funções, realiza a conversão de analógico para digital e a interface com um computador pessoal.

A USB 6009 possui 8 entradas analógicas de 14 bits, 2 saídas analógicas de 12 bits e 12 entradas/saídas digitais; entradas diferenciais de até ± 20 V, temperatura de operação de 0°C a 55°C e comunicação serial (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014).

2.4 Tratamento do sinal

Um programa em LabView® foi desenvolvido para o tratamento do sinal. O LabView® é uma plataforma de programação gráfica originária da National Instruments®, idealizada para o desenvolvimento de qualquer sistema de medição ou controle. A programação é realizada de acordo com um modelo de fluxo de dados, o que oferece vantagens para aquisição de

dados e sua manipulação. O LabView® possui diversas funções já pré-definidas, como, por exemplo, geração de sinais, funções matemáticas, conversão A/D, filtros digitais, etc.

3. PLATAFORMA DE CARACTERIZAÇÃO DO EXTENSÔMETRO PARA PEQUENAS MASSAS

A arquitetura da plataforma de caracterização de extensômetros, para medição de massas, é ilustrado pelo diagrama de blocos da Figura 4. Pode ser observado as etapas de condicionamento de sinal (ponte simples de Wheatstone e circuito de amplificação), aquisição de dados através da placa USB-6009, e etapa de processamento da informação através do LabVIEW.

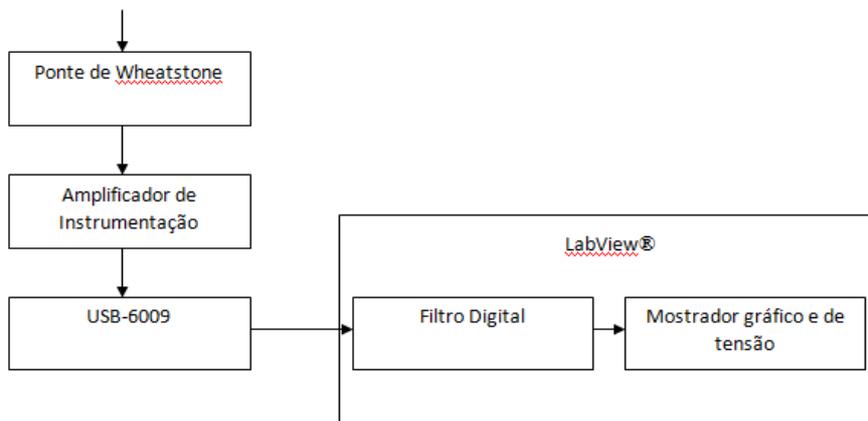


Figura 4 – Diagrama de blocos do projeto.

O extensômetro utilizado neste artigo foi aproveitado de uma balança que estava sucateada em um laboratório do IFPB. Deste modo, a primeira etapa do projeto foi montar o extensômetro existente nesta balança, na configuração de ponte simples de Wheatstone, realizando então sua caracterização. Desta forma, o circuito foi caracterizado com variação de massa entre 0 e 1000 gramas e a curva característica obtida é apresentada na Figura 5.

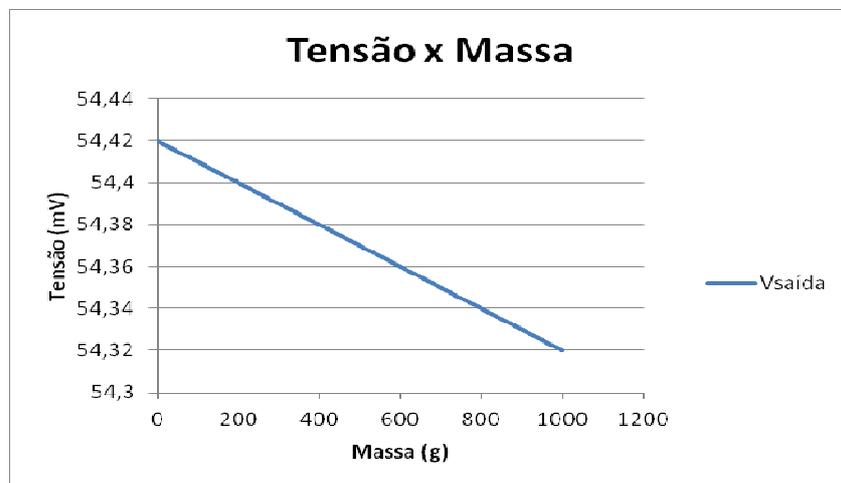


Figura 5 – Curva característica do circuito ponte simples de Wheatstone.

3.1 Condicionamento do sinal

Como a saída do extensômetro é uma variação de resistência, em função da massa em que é colocada sobre o mesmo, foi montado o circuito ponte simples de Wheatstone, que além do próprio extensômetro, existem outros três potenciômetros de precisão (*trimpots*).

O ajuste de zero na ponte foi realizado variando os valores de resistências dos *trimpots*, de forma que fosse o mais próximo possível da resistência do extensômetro. Como a variação da resistência do extensômetro é muito pequena, a tensão de saída da ponte também é muito pequena, tendo uma sensibilidade de $-0,0001$ mV/g. Utilizando um amplificador de instrumentação, com ganho de tensão aproximado de 950, aumentou-se a amplitude do sinal, tornando possível a visualização e o tratamento do sinal. A plataforma de caracterização do extensômetro para medição de pequenas massas (até 1000 gramas) é ilustrado na foto da Figura 6.

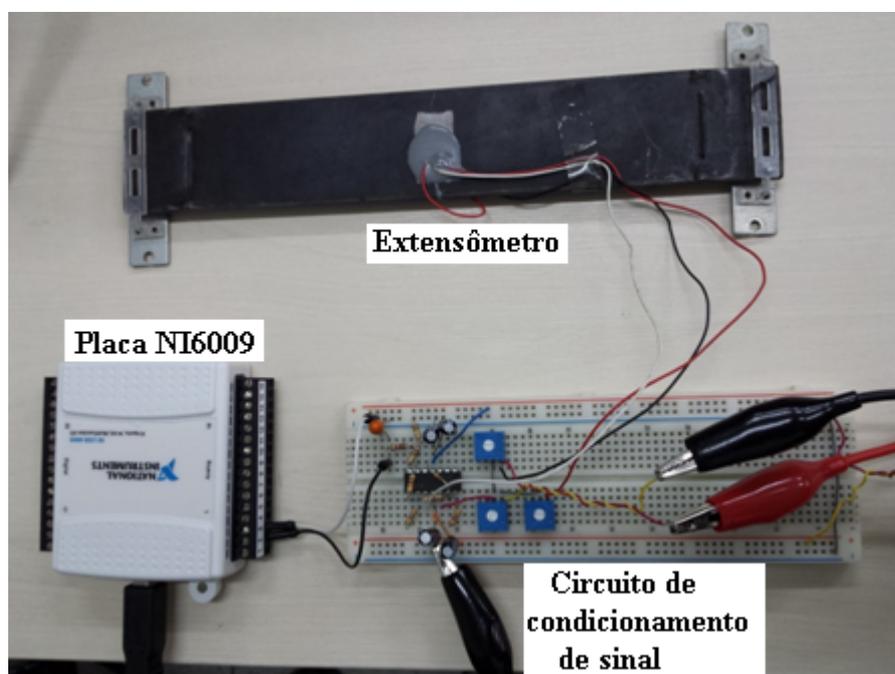


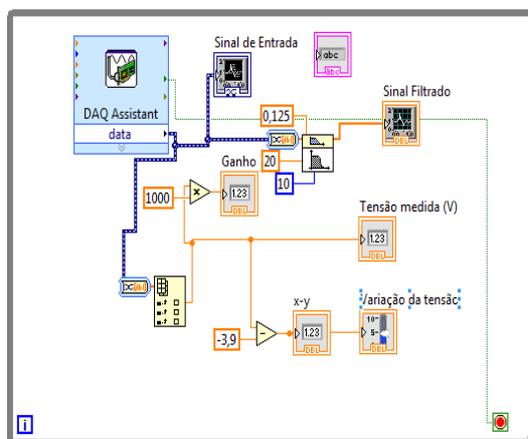
Figura 6 – Plataforma de caracterização de extensômetro para medição de pequenas massas.

3.2. Tratamento do sinal e a IHM da plataforma de caracterização

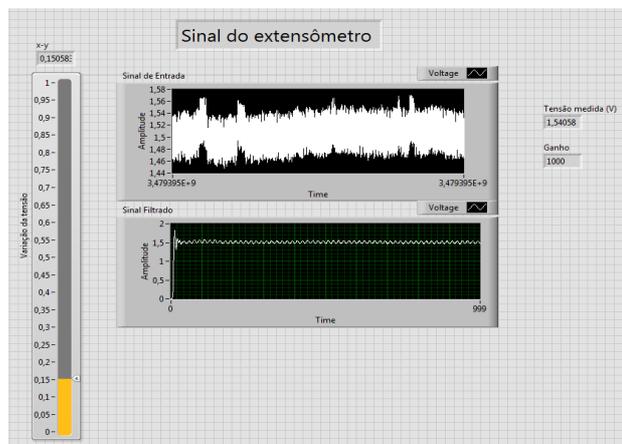
Com o sinal adquirido através da placa de aquisição de dados NI 6009, foi desenvolvido uma Interface Homem-Máquina (IHM), para que a caracterização do extensômetro fosse realizada, através do uso do LabVIEW.

Como o sinal observado na saída da etapa de condicionamento de sinal era bastante ruidoso, devido à interferência causada por ruídos externos, foram desenvolvidos duas abordagens de filtros, um analógico e um digital, com frequência de corte de 20 Hz, para atenuar os sinais interferentes, em específico o de frequência de 60 Hz advindo da rede elétrica. O filtro digital, na configuração Butterworth de ordem 10, implantado no software de tratamento do sinal, apresentou melhores resultados.

Para que o tratamento do sinal fosse realizado, foi construído o diagrama de blocos no LabView (Figura 7a), para dar início a aquisição dos dados e a elaboração da IHM para a caracterização do extensômetro (Figura 7b).



(a)



(b)

Figura 7 – Plataforma de caracterização do extensômetro através do LabVIEW. (a) Diagrama de blocos. (b) IHM implementada.

A captura de dados é realizada através do *DAQ Assistant*, que é uma ferramenta do LabVIEW, que realiza a comunicação entre a placa de aquisição de dados USB-6009 e o computador, para que se possa realizar a coleta de dados do mundo real. Através do ambiente de configuração do *DAQ Assistant*, podem ser realizadas medidas de tensão, corrente, aceleração e outras grandezas analógica/digital, através da placa de aquisição, além da possibilidade de alterar outros parâmetros como, a taxa de amostragem, o modo de aquisição de dados (discreta ou contínua), a faixa de leitura (-10 a +10 Volts), entre outros.

Na IHM do projeto da plataforma de caracterização do extensômetro, que é ilustrado na Figura 7b, foi desenvolvido um mostrador gráfico, que está no lado esquerdo, e dois gráficos de tensão elétrica, no qual o gráfico superior é a tensão antes do filtro digital e o gráfico inferior, após a filtragem, o que fornece a variação da tensão elétrica, em função da massa colocada sobre o extensômetro.

Com a aquisição de dados verifica-se que, pelo fato do sinal de entrada ser um sinal DC, a interferência externa da alimentação e dos próprios componentes como resistores de tolerância $\pm 5\%$, combinados, prejudica a leitura final do mensurando.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interface desenvolvida no LabVIEW®, juntamente com a placa de aquisição de dados USB-6009, facilitou a caracterização do extensômetro em função das massas colocadas sob o mesmo, automatizando o processo. O extensômetro utilizado, embora não apresentasse grande precisão, mostrou-se um comportamento linear para a faixa de massas medidas.

O ambiente de instrumentação virtual foi importante para o desenvolvimento do projeto, pois dinamizou o processo de aquisição e tratamento do sinal, tornando-o mais rápido e preciso.

Pretende-se, como extensão a este projeto, realizar medições futuras utilizando componentes de maior precisão, como um amplificador de instrumentação encapsulado e resistores de precisão, bem como alterar a configuração da ponte de Wheatstone, que foi utilizada na configuração de ponte simples, para as configurações de meia ponte e de ponte



completa, para que sejam estudadas e realizadas comparações. Além disso, está sendo preparada uma nova versão de IHM, com novas funcionalidades, também para que seja utilizada em experimentos didáticos na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica do IFPB.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFPB pelo apoio na elaboração do projeto e no envio do artigo ao Cobenge 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, L. A. Fundamentos de Instrumentação. São Paulo: Pearson, 2013.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas, volume 2, 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CAMARGO, V. L. A. Desenvolvimento e implementação de uma plataforma para monitoramento estrutural utilizando sensores extensométricos conectados em rede. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Engenharia Elétrica, 211p, il. Dissertação (Mestrado), 2008.

DUNN, W. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control. New York: McGraw-Hill, 2005.

FERNÁNDEZ-SAMACÁ, L. *et al.* Project-based learning approach for control system courses. Revista Controle & Automação, v.23, n. 01, p. 94-107, jan./fev, 2012.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 38, n. 02, p. 403-418, abr./jun, 2012.

GOMES, F. J. *et al.* Módulo laboratorial de baixo custo, baseado em FOSS, para educação em engenharia de controle de processos Industriais. Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau, FURB, 2011.

GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A. Experiências Pedagógicas. In: Enciclopédia de Automática: Controle & Automação – Vol. 1. São Paulo: Blucher, 2007.

MÁXIMO, P. H. M. *et al.* Desenvolvimento de um kit didático para utilização em aulas de laboratório de controle e automação. Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau, FURB, 2011.

RIBEIRO, L. R. C. A aprendizagem baseada em problemas (PBL) – Uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores. UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos, 205p, il. Tese (Doutorado), 2005.

NATIONAL INSTRUMENTS. NI USB-6009. Disponível em: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/pt/nid/201987>> Acesso em: 21 maio de 2014.

VASCONCELLOS, R. M. P. *et al.* Uma balança eletrônica digital implementada em dispositivo lógico programável. Anais: XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Cobenge. Campina Grande, UFCG, 2005.



PLATFORM OF STRAIN GAUGE CHARACTERIZATION FOR THE MEASUREMENT OF MASSES USING LABVIEW®

Abstract: *A pedagogical method to increase student interest in engineering courses is the development of prototypes, in which it can put together the theoretical and practical contents of the course, using the Problem-Based Learning (PBL), as teaching methodology. This paper describes the implementation of a platform for characterization of strain gauges for measuring masses using LabVIEW, developed during the course of Electronics Instrumentation, from Electrical Engineering Undergraduate of the IFPB. It was developed a Human Machine Interface (HMI) for the electrical voltage signal was measured as a function of the masses placed under the strain gauges.*

Keywords: *Strain gauges, LabVIEW, Virtual Instrumentation, Instrumentation amplifiers, Electronic instrumentation.*