

ASPECTOS DA AUTOMAÇÃO DE PÊNULOS FÍSICOS UTILIZADOS NA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS MECÂNICOS

Warney Fernando Testa (warneyft@terra.com.br)

Antonio Faria Neto (antifarianeto@gmail.com)

Álvaro Manoel de Souza Soares (alvaro@unitau.br)

Claudemir Stellati (cstellati@ul.com.br)

UNITAU – Engenharia Mecânica, R. Daniel Danelli, s/n, Jardim Morumbi, 12060-440, Taubaté/SP

Resumo. *Este artigo apresenta alguns aspectos relevantes à automação de pêndulos físicos aplicados a dispositivos de ensaios mecânicos, tais como o ensaio Charpy. Este artigo faz uma revisão da literatura apresentando alguns dos trabalhos mais importantes da automação de experimentos envolvendo pêndulos físicos. Identifica a arquitetura empregada para a coleta de dados nesse tipo de experimento, bem como as diversas tecnologias empregadas. Esta pesquisa examina a utilização da placa de áudio como dispositivo de condicionamento de sinais e sua respectiva conversão da forma analógica para digital. Constata que essa abordagem não pode ser empregada quando se trata de sinais contínuos. Para contornar esse obstáculo estuda a possibilidade da utilização da porta de jogos do computador para a aquisição de sinais de corrente contínua. Este trabalho propõe como resultado final que o projeto de automação do pêndulo de Charpy seja feito da forma tradicional utilizando-se uma placa de conversão A/D da National Instruments acompanhada do software LabVIEW do mesmo fabricante.*

Palavras Chave: *aquisição de dados, Charpy, pêndulo físico*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Stellati et al (2009), há várias fontes de erros em todos os experimentos que envolvem coletas de dados. Tais erros podem ser aqueles inerentes aos próprios instrumentos de medição ou também outros referentes à interação entre o operador e os instrumentos de medição. Por exemplo, na medida de tempo com um cronômetro existe um erro sistemático devido ao tempo de reação do operador quando ele aciona e pára o cronômetro. Este tipo de erro pode ser minorado diminuindo-se a interação do experimentador com o experimento por meio da automação da coleta dos tempos.

Dentro desse contexto de mitigação de erros sistemáticos, têm sido apresentadas várias propostas de automação de coleta de dados para os mais diversos experimentos, utilizando-se de várias técnicas.

Este artigo apresenta alguns aspectos relevantes à automação de pêndulos físicos, os quais, conforme Garcia et al (2000), têm grande aplicação em dispositivos de ensaios mecânicos, tais como o ensaio Charpy e o ensaio Izod. Ainda segundo Garcia et al (2000), o aspecto fundamental desses ensaios é o conhecimento da energia potencial da massa pendular em determinados pontos de sua trajetória. Para outros experimentos, sobretudo para aqueles de caráter eminentemente didáticos, aplicados à Física, é interessante uma caracterização completa do movimento pendular, isto é, o monitoramento de grandezas como posição angular; velocidades tangencial e angular; energias cinética e potencial ao longo de toda a trajetória da massa pendular. Tais experimentos constituem um campo vasto para a automação da coleta de dados.

Haag (2001), afirma que foi publicada uma série de artigos que empregam o microcomputador na aquisição de dados em laboratórios didáticos de física. Tais trabalhos propõem a utilização de interfaces comerciais, ou a utilização da porta paralela dos computadores. Este segundo caso requer a construção de circuitos eletrônicos relativamente complexos. Assim propõe como alternativa barata e tecnicamente simples, a utilização da placa de som do computador como conversor analógico/digital. Esse trabalho chama a atenção para o fato de que as entradas da placa de áudio não podem ser usadas para a coleta de sinais contínuos e, portanto, sugere o emprego da entrada de joystick para contornar esse problema. Adicionalmente esse artigo apresenta um conjunto de softwares livres que podem ser empregados na aquisição e tratamento dos dados.

Aguiar et al (2001), também descreve um sistema de aquisição de dados baseado na porta de jogos de um computador e com a plataforma Windows. A linguagem de programação utilizada é uma versão do Logo. Esse sistema de aquisição de dados também é utilizado para a medida do período de oscilação de um

pêndulo. Os autores alegam que o motivo principal para se usar a porta de jogos é a segurança e a facilidade com que se podem conectar sensores a essa entrada.

Montarroyos et al (2001), apresenta um sistema de geração e aquisição de sinais que simula um gerador de funções e um osciloscópio, utilizando a placa de som de um microcomputador e alguns componentes eletrônicos passivos. É apresentada uma comparação entre o sinal observado em um osciloscópio e a forma de onda detectada pela placa de som.

O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão bibliográfica do assunto para que se possa conhecer todas as filosofias de automação de experimentos com pêndulos, a fim de se determinar a filosofia mais adequada para a automação de um pêndulo de Charpy.

A automação desse tipo de ensaio trará inúmeros benefícios para este tipo de ensaio tais como: melhor precisão e rapidez na sua execução.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste item será feita uma pequena revisão de alguns tópicos que caracterizam esse tipo de automação bem como a evolução das propostas tecnológicas ao longo do tempo.

2.1. Arquitetura Utilizada para Automação de Coleta de Dados

As técnicas de automação de coleta de dados em experimentos físicos baseiam-se numa arquitetura que pode ser descrita como sendo um sensor capaz de converter a grandeza física monitorada em sinais de tensão ou corrente elétrica; um circuito condicionador de sinais analógicos, responsável pela adequação dos níveis de tensão ou corrente provenientes dos sensores; um conversor análogo/digital e finalmente um computador que gerencia a coleta de dados bem como armazena e processa os dados coletados. A Figura (1) ilustra esta arquitetura típica.

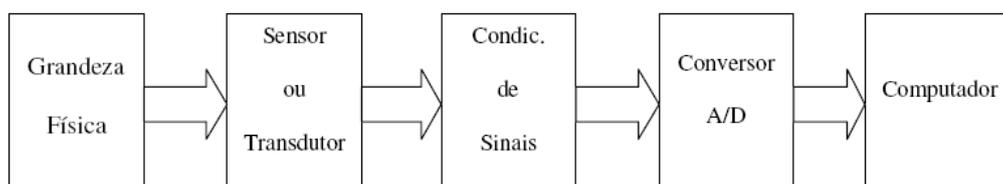


Figura 1. Arquitetura utilizada para automação de coleta de dados.

São várias as maneiras de se implementar essa arquitetura. Dependendo da grandeza física a ser monitorada escolhe-se, dentro de uma grande variedade, o tipo de sensor mais apropriado. Nos modelos mais tradicionais de aquisição de dados o condicionador de sinais e o conversor A/D são dispositivos externos ao computador que se conectam a ele diretamente no seu barramento interno, pela interface serial ou modernamente pela interface denominada USB.

É nesse ponto que surgiram algumas novidades. Vários artigos têm sido publicados, conforme mencionado na introdução desse trabalho, apresentando a placa de áudio do computador como recurso para aquisição de dados. A placa de áudio reúne em um único módulo o condicionamento dos sinais e a sua conversão A/D. O sinal proveniente do sensor é conectado à entrada do microfone ou à entrada line in da placa de áudio. Evidentemente o nível do sinal deve ser compatível com o nível de tensão dos circuitos eletrônicos da família TTL. Essa filosofia apresenta baixo custo e de simples implementação. Contudo, apresenta o inconveniente de não permitir o monitoramento de sinais contínuos, uma vez que as entradas de áudio estão conectadas em série com um capacitor que tem por finalidade o desacoplamento do sinal DC.

Igualmente interessante e simples é a utilização da entrada de jogos da placa de áudio para monitorar sinais DC. Há uma série de artigos, também relacionados na introdução desse trabalho, que relatam experiências bem sucedidas de aplicação da porta de jogos.

2.2. Características dos Experimentos Utilizando Pêndulos Físicos

Os pêndulos físicos são caracterizados por uma massa pendular fixada em uma das extremidades de uma haste. A massa dessa haste é significativamente menor do que a da massa pendular. A outra

extremidade da haste é fixada de forma a permitir a oscilação do conjunto em torno desse ponto. A Figura (2) ilustra um pêndulo utilizado para o ensaio de Charpy.



Figura 2. Pêndulo de Charpy.

Tanto a energia cinética quanto a energia potencial da massa pendular, de acordo com Kittel et al (1973), podem ser determinadas indiretamente, monitorando-se a posição angular da haste pendular ou a velocidade da massa pendular. O monitoramento da posição angular da haste pendular pode ser feito por intermédio de um potenciômetro e o monitoramento da velocidade angular por intermédio de um pequeno motor de corrente contínua funcionando como gerador, tal como sugerido por Stellati et al (2009).

Para controlar toda a aquisição de dados é necessário um software de aquisição e tratamento de sinais. Tal software pode ser desenvolvido especificamente para o hardware utilizado ou pode-se optar por um pacote comercial. Um pacote comercial amplamente utilizado para esse tipo de aplicação é LabView™, pela facilidade de construção de rotinas de aquisição de dados, pelos recursos gráficos disponíveis e pelas ferramentas de tratamento de sinais prontas para utilização.

2.3. Utilização das Entradas de Áudio para Aquisição de Dados

Haag (2001), explica que quando a placa de som é utilizada para gravar um sinal analógico, como é o caso do sinal proveniente de um microfone, este sinal passa por um misturador analógico e depois é convertido de analógico para digital. Esse sentido se inverte quando se deseja converter um sinal digital em analógico. A Figura (3) ilustra o fluxo dos sinais.

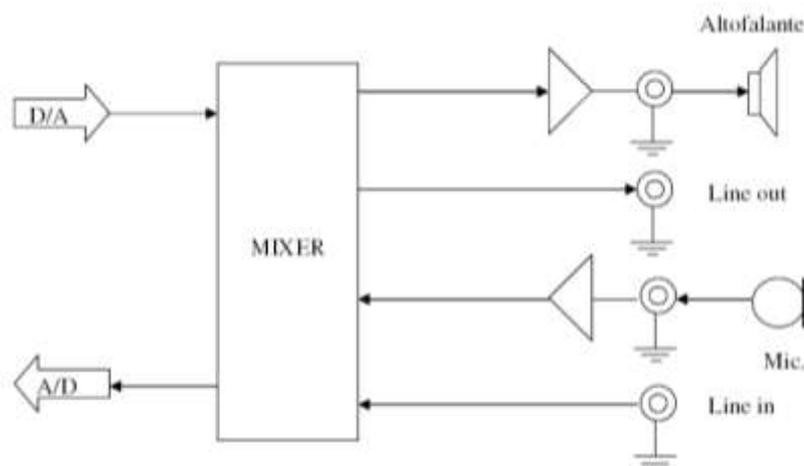


Figura 3. Fluxo de sinais na placa de áudio segundo Haag (2001).

Haag (2001), esclarece que a conversão A/D e D/A pode ser feita em 8 e 16 bits e com uma taxa de amostragem de 44,1 kHz. A resolução será tanto melhor quanto maior forem os números de bit da aquisição e maior for a taxa de amostragem.

Haag (2001), salienta que a grande desvantagem da utilização da placa de áudio para utilização em sistemas de aquisição de dados reside no fato de não ser possível efetuar aquisição de sinais contínuos, porque as suas entradas são conectadas em série com um capacitor. A faixa de sinais que podem ser lidos pela placa varia de 20Hz até 20kHz.

2.4. Utilização da Porta de Jogos para Aquisição de Dados

Segundo Haag (2001), são poucos os trabalhos publicados que utilizam a placa de jogos para a aquisição de dados. A porta de jogos usa um conector do tipo DB15 (fêmea), e está localizada na placa de áudio. A Figura (4) ilustra esse conector.

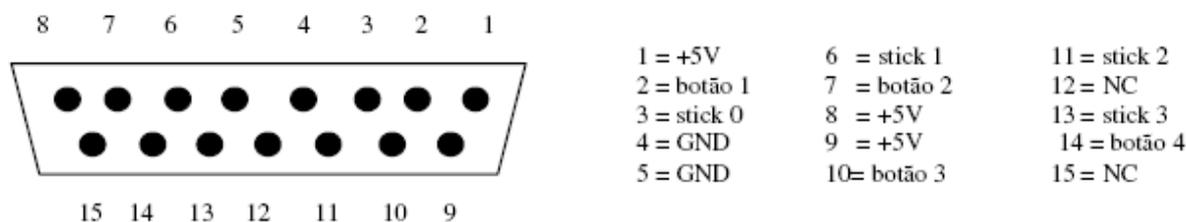


Figura 4. Conector DB15(fêmea) segundo Haag (2001).

A porta de jogos possui quatro entradas que recebem informações na forma digital (0 ou 1), que são aquelas identificadas por botões, e quatro entradas analógicas, que são aquelas indicadas por sticks. A porta de jogos é uma porta de 8 bits, que está no endereço 201H. Os quatro primeiros bits indicam o estado lógico das entradas digitais, enquanto que os quatro últimos bits estão relacionados com as entradas analógicas.

De acordo com Aguiar et al (2001), as entradas analógicas dos joysticks representadas pelos sticks 0 a 4 são potenciômetros cujas respectivas resistências variam de 0 a 100kΩ. Assim, o movimento das alavancas de um joystick implica na variação da resistência desses potenciômetros. Portanto, os quatro bits relacionados com as entradas analógicas são responsáveis pela informação da resistência de cada um dos potenciômetros. A determinação da resistência desses potenciômetros é feita com o auxílio de um circuito integrado denominado NE558, composto basicamente por quatro circuitos multivibradores monoestáveis. Esses multivibradores mantêm os bits, associados a estas entradas, em zero até que se escreva algo no endereço da porta. Neste instante o circuito descarrega os capacitores através de seus respectivos potenciômetros e coloca os bits no estado lógico 1. Cada capacitor começa então a ser carregado através de seu potenciômetro, e o bit correspondente é mantido em 1 até que a tensão no

capacitor chegue a 3,3V. A partir daí o circuito coloca o bit novamente no valor 0. O tempo T durante o qual o bit permanece no estado 1 depende da resistência R do potenciômetro:

$$T(\mu\text{s}) = 24,2 + 11R(k\Omega) \quad (1)$$

Assim, conhecendo-se T determina-se R . O tempo T é determinado por um programa de contagem, que deve ser escrito em uma linguagem de baixo nível, por ser esse tempo muito pequeno, isto é, em torno de 1mS para um valor de resistência de 100 k Ω . A Figura (5) ilustra esse circuito.

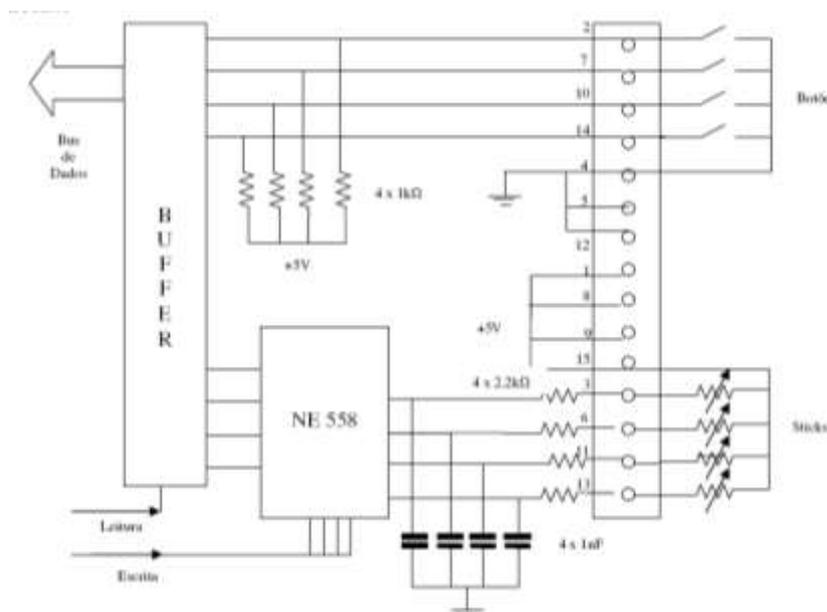


Figura 5. Esquema da porta de jogos segundo Haag (2001) e Aguiar et al (2001).

Segundo Haag (2001), a porta de jogos pode ser utilizada diretamente na aquisição de dados. Pode-se usar as quatro entradas digitais devidamente alimentadas por componentes eletrônicos que operem de forma análoga a sinais digitais (0 e 1). No caso das entradas analógicas, devem ser utilizados como sensores dispositivos eletrônicos de resistência variável, tais como potenciômetros, resistores variáveis com a luminosidade e termistores. Como todas as entradas podem ser utilizadas, é possível monitorar simultaneamente até oito grandezas.

De acordo com Haag (2001), uma das técnicas empregadas para a automação de coleta de dados em experimentos envolvendo pêndulos físicos consiste na utilização de um potenciômetro como sensor para a posição angular da haste do pêndulo. Uma das extremidades da haste do pêndulo é presa ao potenciômetro. À medida que a posição angular da haste pendular varia, o eixo do potenciômetro gira, alterando, dessa forma, sua resistência. Os terminais desse potenciômetro são conectados diretamente às entradas analógicas da porta de jogos. Um programa dedicado se encarrega de fazer a leitura e os registros da variação da resistência em função do tempo. A partir de então pode-se lançar mão de um software para o tratamento desse conjunto de dados.

Ainda segundo Haag (2001), o potenciômetro utilizado deve ser linear e ter sua resistência nominal entre 47k Ω e 1M Ω . A linearidade é importante a fim de que a resistência e a posição angular seja imediata, pois do contrário seria necessário conhecer a relação entre as duas grandezas.

2.5. Software de Aquisição e Tratamento de Dados

Para a aquisição e tratamento dos dados coletados pode-se optar por desenvolver um software específico em linguagem de alto ou baixo nível, ou até mesmo pode-se optar por um pacote de aquisição e tratamento de dados. Um dos mais populares e amplamente utilizados neste tipo de experimento é o LabVIEW, que significa Laboratory Virtual Instrument Electronic Workbench.

O LabVIEW é um produto desenvolvido pela National Instruments, em 1986 e tem sido uma das melhores e mais difundidas plataformas de desenvolvimento de aplicações científicas e tecnológicas. Segundo Regazzi (2005), a diferença marcante existente entre o LabVIEW e as outras linguagens está no fato de o primeiro ser baseado em linguagem gráfica, também conhecida como linguagem G. A linguagem

G possui a vantagem de ser altamente produtiva em aplicações que envolvam sistemas de aquisição de dados controle e instrumentação. Este tipo de linguagem utiliza estruturas em forma de gráficos e diagramas para criar os códigos de programação em blocos, permitindo que pessoas, mesmo com pouco de treinamento, possam realizar tarefas que em outras linguagens demandariam mais tempo.

Os programas em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais (VIs-Virtual Instruments). Os VIs contêm três componentes principais: o painel frontal, o diagrama de bloco e o painel de ícones e conectores.

O painel frontal é a interface de operação do VI. O painel frontal é construído com comandos e indicadores, que são a entrada com interação e terminais de produção do VI respectivamente. Os controles são botões, discos ou outros dispositivos de entrada. Indicadores são gráficos, LEDs, ou outros mostradores.

Os controles simulam dispositivos de entrada de instrumentos e fornecem dados para o diagrama de blocos do VI. Os indicadores simulam dispositivos de saída de instrumentos e exibem os dados que o diagrama de bloco adquire ou gera.

O LabVIEW possui janelas gráficas flutuantes para auxiliar no desenvolvimento e execução dos VIs. As três janelas são Tools, Controls e Function sendo que a janela de Function somente esta liberada no diagrama de blocos. A Figura (6), mostrando as três janelas.

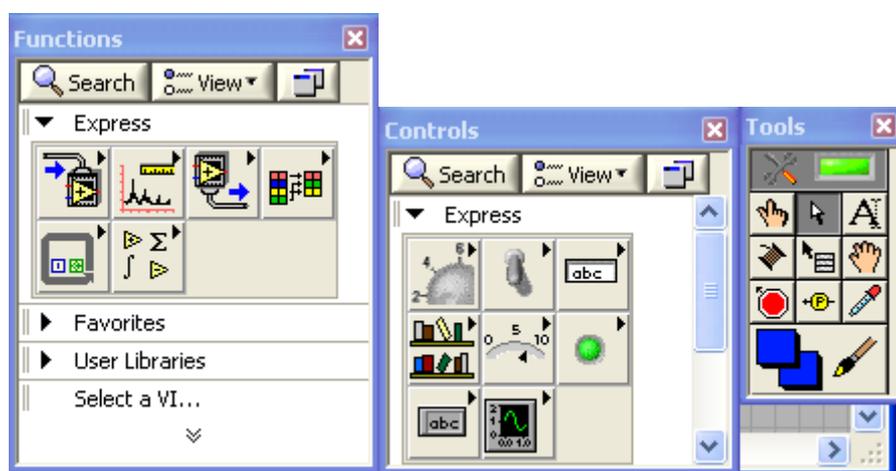


Figura 6. As três janelas de desenvolvimento do LabVIEW.

Com base no exposto acima, verifica-se que o LabVIEW é uma ferramenta extremamente poderosa no que diz respeito à sua aplicação não só na comunidade acadêmica mas em diversas outras áreas da indústria .

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta a caracterização do método utilizado para a realização desta pesquisa. Segundo Silva e Menezes (2005), existem várias formas de se classificar as pesquisas, no entanto os tipos de pesquisa utilizados nas diversas classificações não são estanques, e uma mesma pesquisa pode estar enquadrada em várias classificações ao mesmo tempo, desde que atenda aos requisitos de cada tipo.

A classificação adotada para esta pesquisa é orientada por Silva e Menezes (2005) e por Gil (1991), e leva em consideração a natureza da pesquisa, a forma de abordagem do problema, os objetivos da pesquisa, e os procedimentos técnicos adotados.

Ainda de acordo com Silva e Menezes (2005), do ponto de vista da natureza, esta pesquisa é classificada como pesquisa aplicada, pois tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e direcionada para a solução de um problema específico.

Considerando que o objetivo geral deste artigo é analisar alguns fatores que influenciam a automação de experimentos que se utilizam de pêndulos físicos, esta pesquisa é classificada como descritiva, pois, segundo Gil (1991, p. 46), este tipo de pesquisa tem como objetivo principal a descrição das características de determinado fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis.

Para Gil (1991) “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”, e também de material disponibilizado na internet. Esta pesquisa, também classificada como pesquisa bibliográfica, do ponto de vista dos procedimentos técnicos, fez uso deste tipo de pesquisa.

3.1. Etapas da Pesquisa

Esta pesquisa se desenvolveu da seguinte maneira. Primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica para o levantamento dos casos mais relevantes de automação de experimentos que se utilizaram de pêndulos.

Numa segunda etapa, foi realizada outra pesquisa bibliográfica com o objetivo de se identificar aplicações dos pêndulos físicos à Eng. Mecânica. O que se mostrou positivo na medida em que foram identificados os ensaios de Charpy e Izod de grande importância na caracterização de metais.

A próxima etapa foi a identificação da tecnologia aplicada aos artigos localizados na primeira fase da pesquisa bibliográfica.

3.2. Materiais

Toda essa pesquisa foi desenvolvida nos domínios do laboratório de análise de vibrações daUNITAU, utilizando-se de componentes eletrônicos e computadores pessoais pertencentes a esse laboratório e uma cópia do software LabView da National Instruments.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados os principais resultados alcançados com essa revisão dos mais diversos métodos e tecnologias utilizadas para a automação de experimentos utilizando pêndulos físicos.

4.1. Aplicação de Experimentos com Pêndulos Físicos à Engenharia Mecânica

A pesquisa bibliográfica apontou a possibilidade de se usar os princípios de automação dos experimentos que se utilizam de pêndulos físicos. Para automatizar dois ensaios mecânicos amplamente difundidos na área de materiais, que são o ensaio de Charpy e o ensaio de Izod. Concomitantemente a essa possibilidade não se verificou a existência de trabalhos que trate da automação desses dois ensaios.

É possível incluir na automação dos ensaios acima mencionados outro experimento, bastante útil, qual seja a colocação de um acelerômetro na parte frontal da massa pendular para a determinação de uma curva que relacione a intensidade da força, ao longo do tempo, no momento do rompimento do corpo de prova.

4.2. Comparação Entre as Diversas Tecnologias Utilizadas para Automação da Coleta de Dados de Experimentos com Pêndulos.

Foram identificadas três filosofias de automação de experimentos com pêndulos: a) A utilização de um circuito condicionador de sinais com uma placa de conversão A/D, ambos externos ao computador. Utilizando-se um software escrito em linguagem de alto nível com rotinas de aquisição escritas em assembler, ou um pacote de aquisição e tratamento de dados; b) A utilização da placa de áudio do computador para monitorar sinais provenientes de um motor de corrente contínua funcionando como gerador. Neste caso também o software de aquisição pode ser desenvolvido de forma dedicada ou também podem ser utilizados softwares de tratamento de dados; c) A utilização da porta de jogos para monitorar um sensor resistivo utilizado para monitorar a posição angular da haste do pêndulo.

4.3. Filosofia a Ser Empregada na Automação do Pêndulo de Charpy.

Inicialmente a abordagem mais sedutora, pelo baixo custo e facilidade de implementação, era a utilização da porta de áudio do computador, utilizando-se um sensor indutivo (um motor de corrente contínua funcionando como gerador), para monitorar a posição angular da haste. Contudo, essa abordagem mostrou-se inadequada à medida que o sensor proposto não se mostrou adequado a este fim. Quando se procurou substituir o sensor indutivo pelo sensor resistivo alimentado por uma tensão contínua, a placa de áudio mostrou-se inadequada já que ela não pode ser utilizada para monitorar sinais contínuos. O próximo passo seria utilizar a entrada de jogos para a aquisição dos dados. Esta opção mostrou dois inconvenientes: o software teria que ser desenvolvido sob medida para essa aplicação; alguns computadores não possuem a entrada de jogos.

Assim, a proposta que deverá ser implementada será a utilização de um circuito externo para o condicionamento dos sinais e um placa de aquisição de dados.

Como sensor de posição angular será utilizado um potenciômetro acoplado ao eixo de rotação do pêndulo. Este potenciômetro fará parte de uma ponte de wheatstone alimentada com um sinal de +5V. Assim, o desequilíbrio da tensão da ponte informará a posição angular da haste ao longo do tempo.

A tensão central da ponte deverá ser levada à placa conversora A/D responsável pela conversão do sinal analógico em sinal digital. Essa placa de conversão deverá ser uma placa da National Instruments NI USB-6009.

O software de aquisição e tratamento de sinais serão LabVIEW também, da National Instruments. Pela facilidade de utilização e riqueza de recursos.

5. CONCLUSÕES

Este artigo fez uma revisão dos principais trabalhos de automação de coleta de dados em experimentos que utilizam pêndulos físicos.

Foram identificadas três filosofias de automação de experimentos com pêndulos: a) A utilização de um circuito condicionador de sinais com uma placa de conversão A/D, ambos externos ao computador. Utilizando-se um software escrito em linguagem de alto nível com rotinas de aquisição escritas em assembler, ou um pacote de aquisição e tratamento de dados; b) A utilização da placa de áudio do computador para monitorar sinais provenientes de um motor de corrente contínua funcionando como gerador. Neste caso também o software de aquisição pode ser desenvolvido de forma dedicada ou também podem ser utilizados softwares de tratamento de dados; c) A utilização da porta de jogos para monitorar um sensor resistivo utilizado para monitorar a posição angular da haste do pêndulo.

Embora inicialmente pensava-se em utilizar a placa de áudio para essa automação, pela facilidade de implementação e baixo custo, essa abordagem mostrou-se inadequada à medida que o sensor proposto não se mostrou adequado ao monitoramento da posição angular da haste pendular.

Quando se procurou substituir o sensor indutivo pelo sensor resistivo alimentado por uma tensão contínua, a placa de áudio mostrou-se inadequada já que ela não pode ser utilizada para monitorar sinais contínuos.

A possibilidade de se utilizar a entrada de jogos para a aquisição dos dados apresentou dois inconvenientes: o software teria que ser desenvolvido de forma dedicada a essa aplicação e alguns computadores não possuem a entrada de jogos.

Apresentou-se uma visão geral do software LabVIEW, caracterizando-o como uma importante ferramenta para o desenvolvimento de projetos de automação.

Com base nas pesquisas realizadas constatou-se a importância da automação do pêndulo de Charpy, bem como a escassez de trabalhos que relatam experiências nesse sentido. Essa automação será conduzida com a utilização de um circuito externo para o condicionamento dos sinais e uma placa de aquisição de dados de fabricação da National Instruments (NI USB-6009).

O monitoramento da posição angular da haste do pêndulo ficará a cargo de um potenciômetro acoplado ao eixo de rotação do pêndulo. Este potenciômetro fará parte de uma ponte de wheatstone alimentada com um sinal de +5V. Assim, o desequilíbrio da tensão da ponte informará a posição angular da haste ao longo do tempo.

O software de aquisição e tratamento de sinais serão LabVIEW também, da National Instruments.

6. REFERÊNCIAS

- Stellati C., Germano J. S. E., Marinho Junior R. M., Stempniak R. A., Bakos A. M. C., Rosa R. D. (2009) Sensor indutivo para o estudo de movimento oscilatório e rotativo. In: Proceedings of Garcia A., Spim J. A., Santos C. A. (2000) Ensaio de Materiais. Santos: Ed. LTC.
- Kittel C., Knight W. D., Ruderman M. A. (1973) Mecânica, curso de física de Berkley. São Paulo: Ed. Edgard Blücher.
- Magno W. C., Araújo A. E. P., Lucena M. A., Montarroyos E. (2001) Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. Revista Brasileira de Ensino de Física 26(1), 117-123.
- Haag R. (2001) Utilizando a placa de som do micro PC no laboratório didático de física. Revista Brasileira de Ensino de Física 23(2), 176-183.
- Montarroyos E., Magno W. C. (2001) Aquisição de dados com a placa de som do computador. Revista Brasileira de Ensino de Física 23(1), 57-62.
- Silva E. L. da, Menezes E. M. (2005) Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC.
- Gil A. C. (1991) Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Ed. Atlas.

DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.