

SENSOR INDUTIVO PARA O ESTUDO DE MOVIMENTO OSCILATÓRIO E ROTATIVO

C. Stellati¹, J. S. E. Germano², R.M.Marinho Jr.², R. A. Stempniak²,
A . M. C. Bakos³, R. D.Rosa⁴.

¹ Universidade de Taubaté - UNITAU
Rua Daniel Danelli, s/n
Cep.12060-440, Taubaté-SP
cstellati@uol.com.br

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica -ITA
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50
Cep. 12228-900, S.J. Campos-SP
silverio@ita.br, marinho@ita.br, stempniak@directnet.com.br

³ Universidade Paulista - UNIP
Av. Yohiro Takaoka,3500
Cep. 06500-000, Santana de Parnaíba-SP
anabakos@ita.br

⁴ Universidade Guarulhos - UNG
Praça Tereza, 1
Cep. 07023-070, Guarulhos-SP
roddai@ita.br

Resumo: *Este trabalho tem como objetivo apresentar, de uma maneira muito prática, uma proposta de coleta automática de dados com o auxílio da placa de áudio de um computador do tipo residencial. Até este ponto, o nosso trabalho não difere de alguns trabalhos já publicados AGUIAR (2001), MONTARROYOS (2001), MAGNO (2002) e HAAG (2001). Um dos diferenciais deste trabalho é o tipo de sensor usado no estudo de um tipo específico de movimento e no software usado na aquisição dos dados. Propomos com isso um novo tipo de sensor, que nomeamos de sensor indutivo. Um sensor cujo atrito de rolamento é efetivamente reduzido e, conseqüentemente, podendo ser usado no estudo dos movimentos dos tipos oscilatório e rotativo. Movimentos que acreditamos serem muito importantes na engenharia. Este tipo de sensor poderá ser usado no estudo do efeito resistivo do meio na qual o pêndulo físico se encontra imerso.*

Palavras-chave: *Sensor indutivo, coleta automática de dados, movimento oscilatório, movimento rotativo.*

1. INTRODUÇÃO

Em qualquer tipo de experimento que envolve a coleta de dados, além do erro do próprio instrumento de medida, temos o erro ou os erros do operador. Por exemplo, na coleta de tempo com um cronômetro temos o erro devido " tempo de reação humana", este erro aparece quando o operador dispara e trava o seu cronômetro, iniciando e finalizando a coleta, respectivamente. Esse erro, do tipo sistemático, se soma ao tempo de cada ponto coletado.

Para evitá-lo, podemos fazer uma coleta automática de dados, desse modo diminuindo a interação do operador com o experimento.

O sensor/software usado na coleta, serão os agentes responsáveis para minimizar os erros das medidas. Nesse experimento usamos um sensor que nomeamos de indutivo. O método de coleta é feito com o auxílio da placa de áudio do computador MONTARROYOS (2001), MAGNO (2002) e HAAG (2001). Os dados são colhidos pelo programa Realtime Analyzer, que numa versão mais limitada pode ser encontrada disponível livremente na rede(1). Os dados podem ser visualizados diretamente no programa, como por exemplo, o sinal do movimento de um pêndulo físico dada pela Figura 1.

Se desejar, os dados com extensão WAV também podem ser importados para o programa Origin(2), um programa com forte recurso gráfico e neste, feito o gráfico de seu gosto(formatação). Dependendo é claro do tempo disponível para a aula e, principalmente, da ênfase na didática aplicada pelo professor. Essa aula, quando aplicada nos nossos laboratórios de física experimental(UNITAU), privilegiamos o tempo dedicado a exploração dos conceitos envolvidos no fenômeno em estudo. Este trabalho, assim como foi escrito, tem em sua quase totalidade, o tipo de formatação de um dos nossos relatórios.

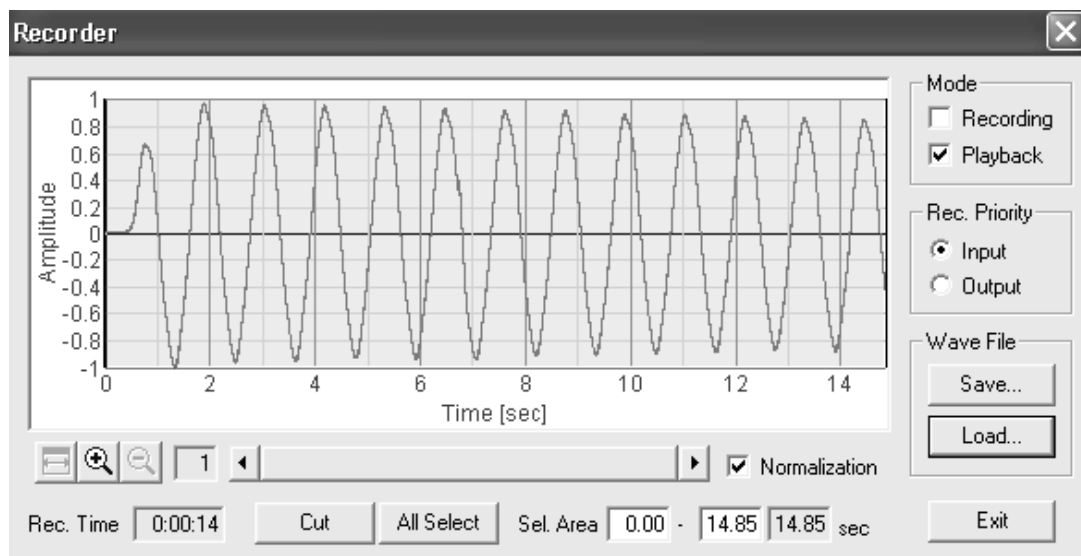


Figura 1: Gráfico gerado pelo Realtime Analyzer.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Como foi dito, aplicamos esse método, coleta automática de dados pela placa de áudio com o uso do sensor indutivo, no estudo do movimento de um pêndulo GOLDEMBERG (1968). A palavra automática está ligada, além da parte experimental que resume na coleta de dados, ao fato de que o aluno terá grande parte do seu tempo dedicado para a exploração dos conceitos envolvidos no experimento.

Uma barra de ferro é posto à oscilar, cujo o eixo de sustentação está ligado ao eixo do sensor do tipo indutivo. Mais especificamente um dínamo, um motor do tipo usado em toca-fitas. O movimento de rotação desse eixo é capaz gerar uma força eletromotriz(f.e.m)

induzida, que produz corrente no circuito. Essa f.e.m, que varia com o tempo, é coletada em tempo real pelo programa Realtime Analyser(1). A Figura 1 representa os primeiros dados, ainda sem qualquer tipo de ajuste, referentes às onze primeiras oscilações de um pêndulo físico. Esses dados podem, como já dito, ser manipulados, por uma planilha gráfica, por exemplo, o Origin. Este software que especialmente gostamos muito, é capaz de importar o arquivo com extensão WAV gerado pelo software Realtime Analyser(1). A Figura 1 pode lhes dar a idéia da interface software/operador, no modo de gravação de dados do Realtime Analyser(1).

2.1 Materiais

1. Uma barra de ferro na forma de chapa, cujas as dimensões estão representadas na Figura 2;
2. Um motor do tipo usado em toca-fitas, cuja a tensão de operação esteja no ordem de 0–12(V) de corrente contínua;
3. Um computador na qual a entrada LINE IN da placa de áudio esteja funcionando normalmente;
4. O programa Realtime Analyser(1), que numa versão básica, como já foi dito, pode ser encontrado livre na internet;
5. Um cabo do tipo P2, para acoplar o sinal que sai do motor(sensor indutivo) à entrada LINE IN da placa de áudio do computador.

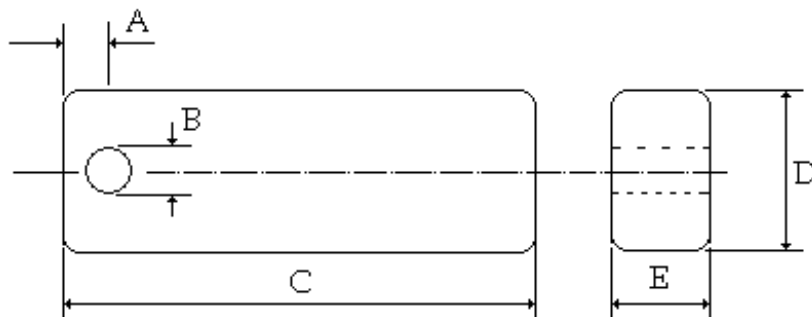


Figura 2: Barra usada na confecção do pêndulo: $A = 5 \times 10^{-3} m$, $B = 2 \times 10^{-3} m$, $C = 0,8 m$, $D = 25 \times 10^{-3} m$ e $E = 5 \times 10^{-3} m$.

3. TEORIA

3.1 Período do pêndulo

Um pêndulo físico, cujo o eixo de sustentação esteja distanciado $|\vec{r}|$ do centro de massa (CM), poderá oscilar com um certo período T . A Figura 3 nos dá uma visão mais didática do nosso experimento.

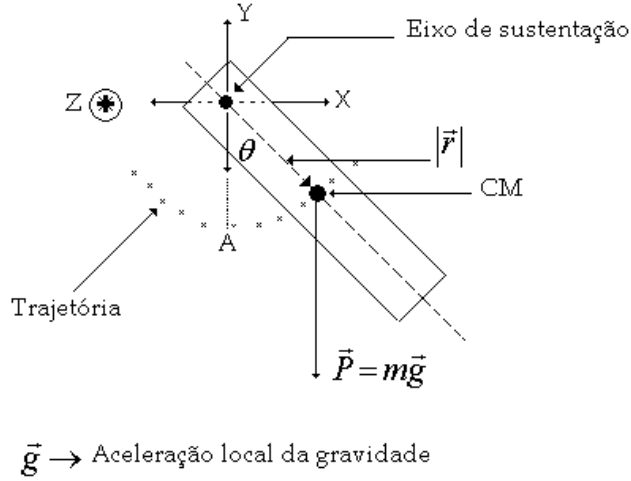


Figura 3: Pêndulo físico: representado aqui a força peso \vec{P} , trajetória do CM e o referencial adotado.

O agente físico responsável pelo movimento desse sistema é o torque. O torque desse sistema, onde a única força considerada presente é a força peso \vec{P} , é dada por:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \wedge \vec{P} \quad (1)$$

Esse torque, conforme a Figura 3, é um vetor que penetra perpendicularmente na folha, ou seja, paralelamente ao eixo Z:

$$\vec{\tau} = \tau \vec{k} \quad (2)$$

onde \vec{k} é o vetor unitário do eixo Z. Lembremos ainda que o torque é também dado pela derivada, com relação ao tempo, do momento angular \vec{L} da barra, ou seja,

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(\vec{r} \wedge \vec{p})}{dt} = \vec{r} \wedge \vec{P} \quad (3)$$

onde $\vec{p} = m\vec{v}$ é o momento linear da barra. Observe também que o vetor \vec{L} é um vetor orientado ao longo do eixo Z, desde que estamos admitindo que a barra está no seu movimento de ascensão,

$$\vec{L} = m|\vec{r}||\vec{v}|\vec{k} = |\vec{L}|\vec{k} \quad (4)$$

Lembrando que nesse movimento em torno do eixo de sustentação, a velocidade tangencial de qualquer partícula do material que compõe a barra é do tipo $|\vec{v}| = \omega|\vec{r}|$. O que nos permite reescrever a equação (4), como sendo:

$$\vec{L} = m|\vec{r}|^2 \omega \vec{k} = |\vec{L}|\vec{k}$$

$$|\vec{L}| = m|\vec{r}|^2 \omega \quad (5)$$

Os termos $m|\vec{r}|^2$ e $\omega = \frac{d}{dt}\theta$, são definidos como momento de inércia I e velocidade angular, respectivamente. Logo a equação (5) pode ser reescrita como:

$$|\vec{L}| = I\omega \quad (6)$$

$$|\vec{L}| = I \frac{d\theta}{dt} \quad (7)$$

Derivando a equação (7) com relação ao tempo, temos que o módulo do torque é da forma:

$$\tau = \frac{d}{dt}|\vec{L}| = I \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (8)$$

Igualando a equação (8) com a equação (1), teremos:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} \vec{k} = \vec{r} \wedge \vec{P} \quad (9)$$

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = -|\vec{r}||\vec{g}| m \text{sen}(\theta) \quad (10)$$

A equação (10) não é linear para altos ângulos θ , contudo esta equação se transforma numa equação do tipo linear se $\theta \ll 10^\circ$. Segundo essa condição, a equação (10) poderá ser reescrita como:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = -|\vec{r}||\vec{g}| m\theta \quad (11)$$

A solução da equação diferencial (11) é do tipo:

$$\theta(t) = \theta_1 \cos(\lambda t) + \theta_2 \text{sen}(\lambda t) \quad (12)$$

onde λ é a parte imaginária da raiz da equação (12), que é do tipo:

$$\text{raiz} = 0 + \lambda i \quad (13)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{m|\vec{r}||\vec{g}|}{I}} \quad (14)$$

As constantes θ_1 e θ_2 são determinadas pelas condições de contorno:

$$\theta(0) = \theta_0 \quad (15)$$

$$\frac{d\theta(t)}{dt}\Big|_0 = 0 \quad (16)$$

Substituindo a equação (15) na equação (12), temos:

$$\theta(0) = \theta_o = \theta_1 \quad (17)$$

onde θ_o é o ângulo de deslocamento do pêndulo da posição de equilíbrio. Agora, substituindo a equação (16) na derivada temporal da equação (12), teremos:

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = -\theta_1 \lambda \text{sen}(\lambda t) + \theta_2 \lambda \text{cos}(\lambda t) \quad (18)$$

$$\theta_2 = 0 \quad (19)$$

Substituindo as equações (17) e (19) na equação (12), teremos:

$$\theta(t) = \theta_o \text{cos}(\lambda t) \quad (20)$$

Desde que a raiz λ é a velocidade angular ω , teremos:

$$\lambda = \omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{m|\vec{r}||\vec{g}|}{I}} \quad (21)$$

O período do pêndulo fica então determinado como sendo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m|\vec{r}||\vec{g}|}} \quad (22)$$

Observe que o período desse pêndulo, depende do momento de inércia da barra. Em outras palavras, este período fica determinado somente se o momento de inércia da barra puder de alguma forma ser calculado.

3.2 Momento de inércia da barra

Como vimos, o período do pêndulo fica totalmente determinado se o momento de inércia for calculado. Inicialmente calcularemos o momento de inércia da barra com relação ao centro de massa (CM), ou seja, conforme a Figura 4, quando o eixo de sustentação estiver posicionado no centro de massa da barra.

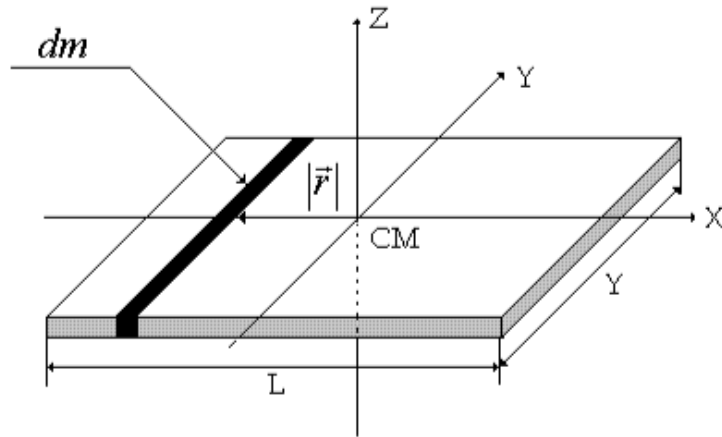


Figura 4: Representação da geometria e do elemento de massa de uma barra com densidade de massa linear uniforme, juntamente com o seu centro de massa(CM).

Vimos que o momento de inércia foi definido como $I = m|\vec{r}|^2$, que numa forma mais geral poderá ser reescrita como sendo:

$$I = \int |\vec{r}|^2 dm \quad (23)$$

Desde que, nesse nosso experimento, $L \gg Y$ e, além disso, muito maior que a espessura da barra, podemos definir uma densidade linear de massa, dada por:

$$dm = \lambda dx \quad (24)$$

Observe que, de acordo com a Figura 4 e o referencial adotado, $|\vec{r}| = x$ e, dessa forma podemos reescrever a equação (23), como sendo:

$$I = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \lambda x^2 dx = \lambda \frac{x^3}{3} \Big|_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \quad (25)$$

$$I = \frac{mL^2}{12} \quad (26)$$

A equação (26) nos dá o momento de inércia sobre o eixo do centro de massa(CM). A equação (22) foi deduzida para o caso na qual o eixo de sustentação esteja deslocado de uma distância $|\vec{r}|$ do centro de massa(CM). Esse momento de inércia, deslocado $|\vec{r}|$ do centro de massa poderá ser calculado pelo teorema do eixo paralelo, que toma a forma:

$$I = \frac{mL^2}{12} + mx^2 \quad (27)$$

Equações finais usados na análise do fenômeno:

Lembrando que $|\vec{r}| = x$ e, substituindo a equação (27) na equação (22), teremos:

$$xT^2 = \frac{4\pi^2 L^2}{12|\bar{g}|} + \frac{4\pi^2}{|\bar{g}|} x^2 \quad (28)$$

A equação (28) nos permite calcular a aceleração local da gravidade $|\bar{g}|$, conhecido o período do pêndulo e da posição do eixo de sustentação, medido a partir do centro de massa(CM). Um outro possível procedimento experimental, na qual já estamos trabalhando, seria investigar as implicações didáticas numa aula do tipo em que fosse questionada a relação entre os períodos e as posições do eixo de sustentação. Comentaremos esse procedimento na próxima seção.

Outra equação que também usaremos em nossa análise é a do deslocamento angular do pêndulo, na qual usaremos para determinar o período médio do pêndulo:

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\lambda t) \quad (29)$$

4. COLETA DE DADOS E AS SUAS VANTAGENS

4.1. Vantagens

No método tradicional, o período do pêndulo é medido com um cronômetro. Geralmente escolhemos como período a média aritmética de aproximadamente 10 oscilações, tentando dessa forma amenizar o erro devido ao "tempo reação humana", durante o disparo e o travamento do cronômetro. O sistema de coleta por nós proposto é feito via software(1). O aluno tem na tela do computador o sinal da função $\theta(t)$ dada pela equação (20) ou (29). Caso você não esteja satisfeito com a saída gráfica do software(1), os dados salvos com extensão WAV, podem ser importados pelo Origin(2), por exemplo. No Origin você poderá usufruir dos inúmeros recursos que esta ferramenta oferece e, neste poderá ser graficado. Nessa nossa proposta de trabalho, não se faz necessário, por exemplo, a criação de programas como propostos por SOUZA (1998) e HAAG (2001), para a leitura e armazenamento de dados. Esses programas só puderam ser gerados quando se têm fortes conhecimentos de hardware e software, que admiramos muito desses autores. Acreditamos que o nosso sistema ficou muito automatizado, o aluno tem em tempo real o sinal na tela do computador. E além disso, construir a função $\theta(t)$ pelo método tradicional, é uma metodologia de trabalho impraticável numa sala de aula de física experimental.

4.2 Circuito de coleta

Na Figura 5 apresentamos o circuito de coleta de dados, onde o terminal B é a entrada LINE IN da placa de áudio, M é sensor nomeado por nós como sensor indutivo e P2 é um pino comercial de acoplamento do sinal analógico na placa de áudio do computador .

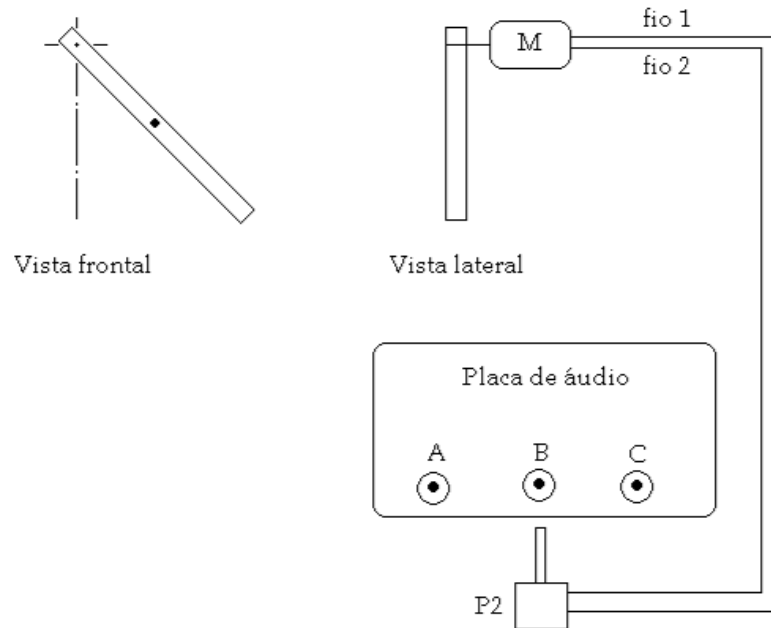


Figura 5: Circuito de coleta dos dados.

Comentários gerais:

1. Observe que o sensor indutivo(dínamo/motor) não é energizado. Ao girar o eixo do sensor indutivo, um sinal de tensão é gerado entre os fios 1 e 2 e, o software(1), com sensibilidade suficiente tanto em tensão quanto em tempo para a análise, é capaz de registrar esse sinal. Um osciloscópio comercial talvez não teria sensibilidade no tempo, para registrar a curva $\theta(t)$ dada pela equação (20). O sinal dessa curva pode ser vista na Figura 6;
2. O computador só lê valores binários, dessa forma, a placa de áudio faz o papel do conversor analógico-digital, usado por nós por ser de baixo custo. O sinal, como já dito, é analógico nos fios 1 e 2 e digital a partir da placa de áudio que, a partir do qual o software(1) é capaz de reconhecer e organizar esses dados;
3. Podemos estudar este experimento de duas maneiras distintas, como já comentado na seção (3.2). Segundo a equação (28), temos:
 - (a) CASO 1: Determinando o período para uma posição fixa $|\vec{r}| = x$ do centro de sustentação;
 - (b) CASO 2: Fazendo vários furos ao longo da barra, ou seja, para diferentes posições de $|\vec{r}| = x$ do centro de sustentação. Um trabalho que também tão logo pretendemos publicar, em vista dos resultados interessantes já alcançados, em termos de uma proposta didática de aula.

Caso analisado:

Nós em especial neste trabalho estudamos o primeiro caso(CASO 1), na qual o eixo de

sustentação está posicionado 5mm a partir do topo da barra. Como esta posição é $|\vec{r}| = x \square \frac{L}{2}$, temos que $|\vec{r}| = x \square \frac{L}{2}$, medido como já foi dito com relação ao centro de massa (CM). Deste modo podemos escrever a equação (28), como sendo:

$$\frac{L}{2} T^2 = \frac{4\pi^2 L^2}{12|\vec{g}|} + \frac{4\pi^2}{|\vec{g}|} \frac{L^2}{4} \quad (30)$$

$$T = \sqrt{\frac{8}{3} \frac{\pi^2 L}{|\vec{g}|}} \quad (31)$$

Segundo o gráfico da Figura 6, medimos o período, tempo transcorrido entre duas posições sucessivas. Como já dito é quase que impraticável a construção da curva $\theta(t)$ dada pela equação (20). Essa curva, ao nosso entendimento, muito enriquece a discussão da solução da equação diferencial (11) e, por nós foi usada para a medida dos tempos das cinco oscilações que foram registrados na tabela 1. Na Figura 6 os valores de $\theta(t)$ estão normalizados, ou seja, o valor 1 corresponde à $\theta = 10^\circ$. Lembre-se que $\theta = 10^\circ$ é o limite da validade para o sistema onde a resistência do ar pode ser desprezada.

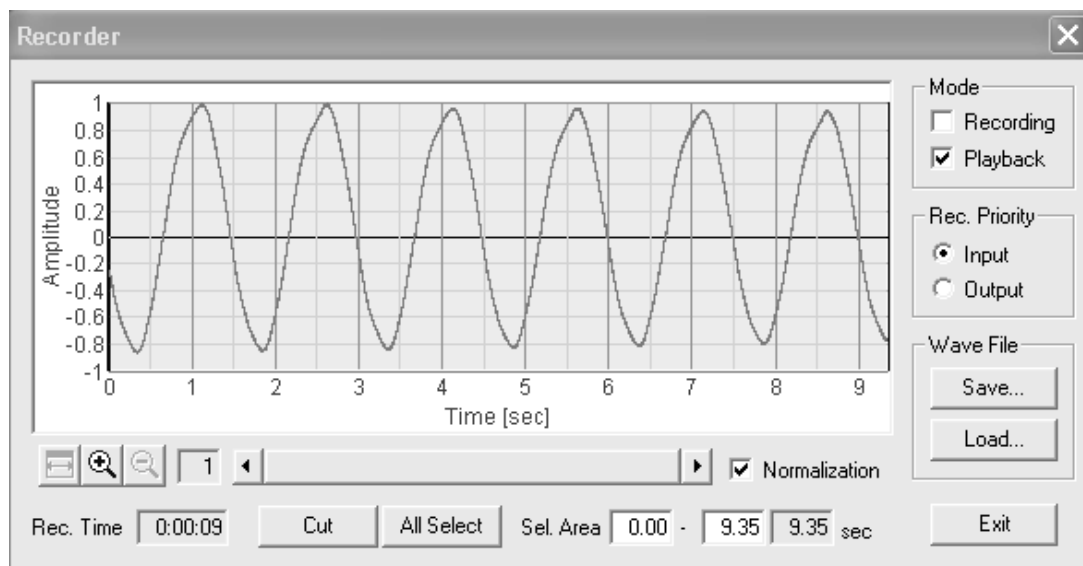


Figura 6: Sinal de um pêndulo físico medido pelo sensor indutivo e registrado pelo Realtime Analyser.

Segundo a Figura 6, na qual os cinco períodos estão representados, poderemos minimizar o erro de avaliação desses períodos, calculando a média aritmética dos mesmos. Admitiremos dessa forma que o valor representativo dessa grandeza será o valor médio desses períodos SANTORO (2005). A tabela 1 nos dá os valores dos cinco primeiros períodos, determinados a partir da Figura 6.

Tabela 1 - Os cinco primeiros períodos do pêndulo físico.

n	1	2	3	4	5
T(s)	1,5	1,6	1,4	1,6	1,4
L(m)	0,81	0,80	0,82	0,80	0,79

Já para a barra, resolvemos medir cinco vezes o seu comprimento e, admitindo para esse comprimento, também segundo SANTORO (2005), o valor médio dessas medidas.

5. ANÁLISE DE DADOS

1. Calculando o período médio:

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^5 \frac{T_i}{5} = 1,50 \quad s \quad (32)$$

2. Calculando o desvio-padrão experimental:

$$\Delta T = \sqrt{\sum_{i=1}^5 \frac{(T_i - \bar{T})^2}{5-1}} = 0,10 \quad s \quad (33)$$

3. Calculando o valor médio de L:

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^5 \frac{L_i}{5} = 0,800 \quad m \quad (34)$$

4. Calculando o desvio padrão-experimental:

$$\Delta L = \sqrt{\sum_{i=1}^5 \frac{(L_i - \bar{L})^2}{5-1}} = 0,011 \quad m \quad (35)$$

5. Segundo a equação(31), a aceleração média, toma a forma:

$$T^2 = \frac{8 \pi^2 L}{3 |\bar{g}|} \quad (36)$$

Se $|\bar{g}| = g$, então o valor médio da aceleração local da gravidade pode ser calculado quando as variáveis da equação (36) assumirem os valores médios, o que nos permite reescrever a equação (36) como sendo:

$$\bar{g} = \frac{8 \pi^2 \bar{L}}{3 \bar{T}^2} = 9,358 \quad m/s^2 \quad (37)$$

6. Desprezando o erro do conversor analógico-digital, o erro na medida do comprimento da barra, o erro na medida com régua ao avaliarmos o período na Figura 6 e, além disso, desprezando o termo de covariância na fórmula de propagação de erros SANTORO (2005), temos para a incerteza Δg :

$$\Delta g = \bar{g} \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{\bar{L}}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta T}{\bar{T}}\right)^2} = 1,3 \quad m/s^2 \quad (38)$$

Finalmente, a aceleração da gravidade local é de:

$$\bar{g} = (9,4 \pm 1,3) \quad m/s^2 \quad (39)$$

6. CONCLUSÕES

1. O valor médio está bem razoável com os valores encontrados da aceleração local da gravidade, admitida uniforme, sobre a superfície terrestre, em alguns livros textos. A discrepância do valor encontrado é usado para discutir os possíveis fatores que devem ter influenciados no resultado da medida. O erro mais crítico está, na maneira pela qual avaliamos o período do pêndulo. Lembre-se que, com uma régua medimos os cinco períodos desse pêndulo registrado na Figura 6, dados esses também registrados na tabela 1. Observamos que ao avaliamos o período do pêndulo direto da tabela de dados gerado pelo programa, o período médio fica da ordem de $T = 1,467$ s e, dessa forma o valor médio da aceleração da gravidade é de $g = 9,78$ m/s². Uma outra proposta seria fazermos sobre o arquivo em formato WAV, resultante da gravação dos dados, uma DFT(Discrete Fourier Transform) e, dessa forma o período de oscilação desse pêndulo poderia ser automaticamente determinado;
2. O método de coleta é automatizado e didático. Automatizado no sentido de que toda a coleta é via software(1), evitando dessa forma erro do tipo de "tempo de reação humana", que implicaria no aumento da incerteza dada pela equação (39). O método é didático no sentido de que os dados são instantaneamente observado na tela do computador e, dessa forma o aluno não precisaria de conhecimento de qualquer linguagem de computação e nem mesmo de software do tipo(2) para qualquer tipo de análise/conclusão do fenômeno;
3. Um novo tipo de sensor(eletromagnético), nomeado de sensor indutivo, foi usado por nós na coleta de dados. Acreditamos dessa forma que o mesmo virá crescer os tipos de sensores SOUZA (1998), hoje usados em coletas por computador/software. Este tipo de sensor baseado no movimento do dínamo, mostrou-se muito eficiente e, além disso, o ruído elétrico produzido pelo mesmo é muito baixo. O ruído elétrico é muito perigoso na coleta via placa de áudio e este, estavam sempre presentes quando

usavamos sensores do tipo resistivos. Testamos, sem sucesso, diversos desses sensores (potenciômetros comerciais) na tentativa de redução desse tipo de ruídos no sinal. Conforme a Figura 7, os ruídos nos potenciômetros comerciais estavam na ordem de 40 Hz. Esses ruídos aparecem devido ao contato elétrico interno nos terminais do potenciômetro. Quando usamos o sensor indutivo, como a geração de corrente/tensão é devido a interação via campo, este ruído não mais foi verificado, o que pode ser confirmado pela Figura 6;

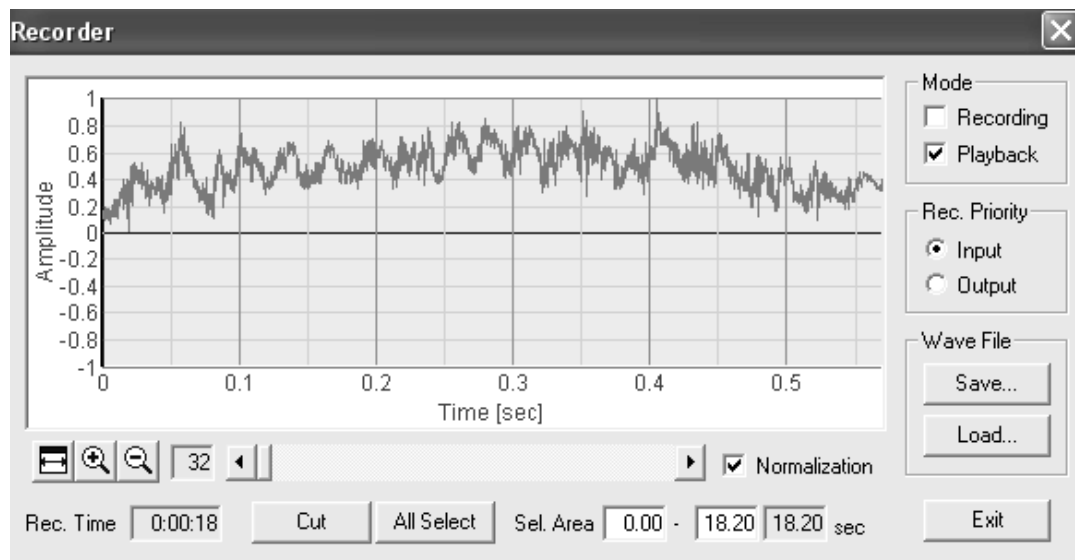


Figura 7: Frequência do ruído encontrado no pêndulo do tipo resistivo.

4. Você podem observar que a nossa curva $\theta(t)$ é contínua no tempo, ao contrário do trabalho de HAAG (2001), que contém um conjunto discreto de dados, na qual foi aplicado algum tipo de método de ajuste para obter uma curva do tipo contínua;
5. Observou-se que o atrito de rolamento encontrado nos potenciômetros comerciais, desconfigura a situação de pêndulo livre. Observamos um fator de amortecimento, conforme a Figura 8, muito grande nesse tipo de procedimento experimental onde a coleta foi também via placa de áudio. O pêndulo para esses casos, eram soltos com $\theta \approx 10^\circ$, de modo que matematicamente também não garantia a validade da equação (11). Nosso sistema utiliza o sensor indutivo, que devido ao próprio método de fabricação do mesmo, apresentou atrito extremamente reduzido, que se pode ser confirmado na Figura 6, onde não se observa o amortecimento. Dessa forma assegurando a veracidade do pêndulo físico livre;

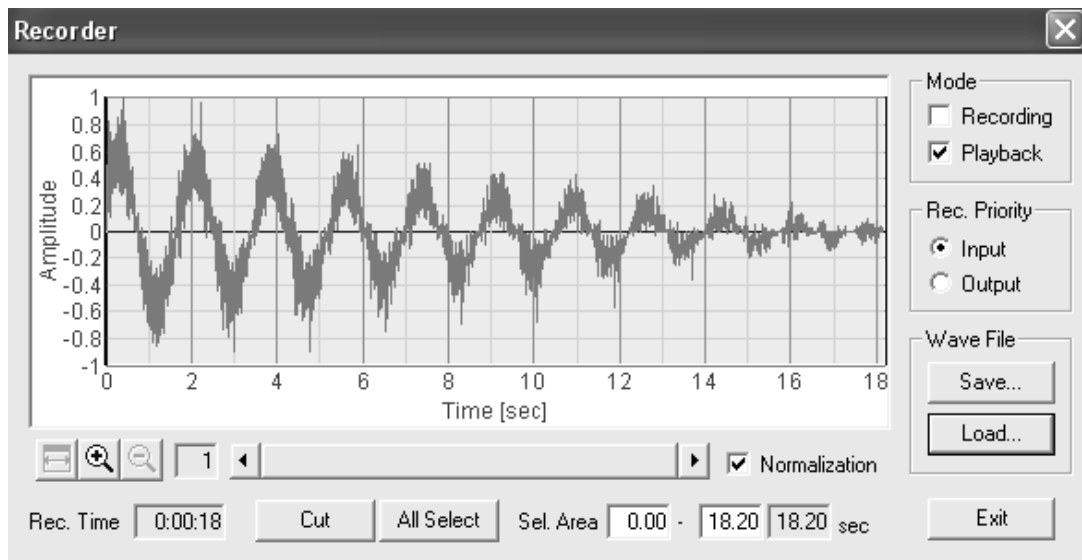


Figura 8: Sinal de coleta com um sensor do tipo resistivo.

6. Segundo a conclusão anterior, acreditamos hoje que esse sistema seria oportuno para o estudo do efeito da resistência do ar, ou até mesmo de outros meios resistivos, em vista do fato de que a magnitude do atrito de rolamento do eixo do sensor indutivo, tem efeito reduzido sobre a possibilidade de estudo desse curioso fenômeno;
7. Já estamos trabalhando no estudo do efeito de diferentes meios resistivos na qual este pêndulo físico está imerso. Dessa forma podemos verificar o sutil efeito da geometria do pêndulo no seu movimento, quando a mesma posição do eixo de sustentação for garantido;
8. Em resumo, acreditamos que este experimento, juntamente com a forma de coleta via placa de áudio e do tipo de sensor usado, em muito enriquece o curso de graduação em engenharia e áreas afins. O que também gostaríamos de frisar é que escrevemos este trabalho com a formatação do material didático do tipo dos nossos relatórios, acreditando dessa forma ter gerado a completeza do assunto abordado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, C. E., LAUDARES, F., Aquisição de dados usando Logo e a porta de jogos do PC, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23,p. 371, 2001.

GOLDENBERG, J., **Física Geral e Experimental**, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1968.

HAAG,R., Utilizando a placa de som do micro PC no laboratório didático de física., **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, p.176, 2001.

MAGNO, W. C., MONTARROYOS, E., Decodificando o controle remoto com a placa de som do PC, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, p.497, 2002.

MONTARROYOS,E., MAGNO, W. C., Aquisição de dados com a placa de som do computador, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, p.57, 2001.

SANTORO, A.,ET AL., **Estimativas E Erros Em Experimentos De Física**, Rio de Janeiro,Ed. UERJ, 2005.

SOUZA, D. F., SARTORI, J., BELL, M. J. V., NUNES, L. A. O., Aquisição de dados e aplicações simples usando a porta paralela do micro PC, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.20, p.413,1998.

1. www.imec.com/products/dssf3e.
2. www.originlab.com.

INDUCTIVE SENSOR FOR THE STUDY OF OSCILLATORY AND ROTATIVE MOVEMENT

Abstract: *This work has the objective of presenting in a practical way, a proposal of automatic collection of data, through a plate of audio of a common microcomputer. Until this point, our work doesn't differ of works published in the literature AGUIAR (2001), MONTARROYOS (2001), MAGNO (2002) e HAAG (2001). The main difference, is in the sensor used in the study of the movement and in the software that makes the acquisition of the data. We propose in this work a new type sensor that will give the name of inductive sensor. A sensor whose rolling friction is effectively reduced, could be used easily in problems related to oscillatory and rotative movements, that be very important in engineering course. This type sensor can be used in studies related to the resistive effect of the middle in the which the physical pendulum is submerged.*

Key-words: *inductive sensor, automatic collection of the data, oscillatory movement, rotative movement*