



CENTRO FEDERAL de EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA do PARANÁ
UNIDADE SUDOESTE DO PARANÁ – PATO BRANCO

Texto apoio: Aquisição de dados no laboratório de Física¹

Jalves Sampaio Figueira – CEFET-PR

¹ Este material é quesito parcial para a conclusão do trabalho de mestrado de Jalves Sampaio Figueira, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO A MEDIDAS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA	5
I.1 - Algarismos significativos e precisão de instrumentos de medida	6
I.2 - Precisão e exatidão de medidas.....	9
I.3 - Média e desvio padrão da média	11
I.3.1 - Valor médio de uma medida	11
I.3.2 - Desvio padrão de uma medida e da média de um conjunto de medidas.....	12
I.4 - Distribuição de erros aleatórios (Distribuição de Gauss).....	14
I.5 - Atividades	19
Referências	21
II. INTRODUÇÃO AO APLICATIVO EXCEL E À LINGUAGEM VBA	22
II.1 - Aspectos gerais da linguagem VBA	22
II.2 - Macros VBA.....	22
II.2.1 - Construindo Macros no Excel.....	23
II.2.2 - Instalando o Visual Basic no Excel.....	23
II.2.3 - Gravando uma Macro.....	24
II.2.4 - Executando uma Macro	25
II.2.5 - Editando uma Macro.....	26
II.2.6 - Inserindo um botão	28
II.3 - Digitando o código de um programa em VBA	28
II.4 - Resolvendo dúvidas	29
II.5 - Variáveis no Visual Basic for Applications (VBA).....	30
II.5.1 - Declarando variáveis.....	31
II.6 - Atividades.....	35
II.6.1 - Atividades usando funções da planilha Excel	35
II.6.2 - Atividades com a linguagem VBA no Excel	35
Referências	37
III. MOVIMENTOS PERÍODICOS I.....	38
III.1 - Sinal analógico e digital.....	38
III.2 - Placa de som	39
III.2.1 - Entrada de <i>joystick</i> da placa de som	41
III.2.2 - Detecção nas entradas digitais da porta de jogos.....	41
III.2.3 - Detecção nas entradas analógicas da porta de jogos.....	42
III.3 - Acessando o <i>hardware</i> com o Excel –VBA	43
III.3.1 - Configurando uma DLL no editor VBA.....	44
III.3.2 - Identificando um <i>bit</i> na entrada da porta de jogos na linguagem VBA	44
III.4 - Transdutores	46
III.5 - Atividades	48
III.5.1 - Identificando um <i>bit</i> no <i>byte</i> da porta de jogos.....	49
III.5.2 - Pêndulo Simples	50
III.5.3 - Análise do movimento de rotação de um pião.....	54
Referências	56
IV. MOVIMENTOS PERÍODICOS II.....	57

IV.1 - Sensor de luz – LDR (<i>light dependent resistor</i>) resistor dependente da luz).....	57
IV.1.1 - Explorando o sensor LDR e a entrada analógica da placa de som	58
IV.2 - Atividades	59
IV.2.1 - Oscilações – Sistema massa-mola	59
IV.2.2 - Determinando a constante elástica da mola.....	59
Referências	61
V. MEDIDAS DE TEMPERATURA COM UM TERMISTOR – NTC	62
V.1 - Atividades com o termistor NTC.....	63
V.1.1 - Determinando o coeficiente β	64
Referências	66
APÊNDICES	67
Apêndice A - Macro para identificar um <i>byte</i> na entrada de <i>joystick</i>.	68
Apêndice B - Macro para determinar o período de um pêndulo.....	70
Apêndice C - Macro para medida do período de rotação de um pião	74
Apêndice D - Macro para medidas com sensor LDR	78
Apêndice E - Macro para o sistema massa-mola	81
Apêndice F- Macro para medidas da temperatura com NTC	84
Anexo A – Sistemas numéricos	90

APRESENTAÇÃO

As atividades experimentais de laboratório exigem uma variedade de instrumentos eletrônicos de medidas. E isto não é exigência recente. Instrumentos para medidas de corrente e tensão, por exemplo, são necessários desde os primeiros estudos com o eletromagnetismo que datam de meados do século XIX. Quando falamos em instrumentos eletrônicos, estamos a nos referir desde um simples galvanômetro (necessário na análise da Lei de Ampère), até um cronômetro digital (utilizado em medidas de intervalo de tempo), ou mesmo um osciloscópio (imprescindível na análise de formas de onda).

Muitas das atividades de laboratório necessitam de multímetros, analógicos ou digitais, para medidas de tensão e corrente; os modelos mais sofisticados e, portanto, com preços elevados, permitem também medidas de temperatura. Osciloscópios são úteis para medidas de tensão, intervalos de tempo, frequência e no estudo de formas de sinais. Também há necessidade de geradores de sinais, que permitem gerar ondas de diferentes formas com frequências e amplitudes ajustáveis.

Neste texto de apoio, vamos utilizar o microcomputador da mesma forma que é utilizado a variedade dos instrumentos descritos acima, com a vantagem de que o microcomputador, nos últimos anos, está mais presente no dia-a-dia que determinados “instrumentos tradicionais” utilizados nas atividades experimentais.

Da mesma forma que necessitamos de conhecimento prévio e preparo para o manuseio dos equipamentos tradicionais, também necessita para o uso do microcomputador como instrumento de medida. Por isto, nos itens que se seguem iremos descrever como utilizar esse “instrumento eletrônico” e algumas das inúmeras aplicações em medidas físicas nas atividades experimentais de laboratório.

Usando simples rotinas de programação em Basic associadas com a planilha Excel (*Visual Basic for Applications*), descritas no capítulo II, e a placa de som apresentadas no capítulo III, tem-se no microcomputador um útil e necessário instrumento de medida no laboratório didático. As rotinas desenvolvidas em macros do Excel estão disponíveis nos apêndices.

I. INTRODUÇÃO A MEDIDAS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA

Capítulo I – Tópicos sobre medidas físicas e técnicas de tratamento de dados, Algarismos significativos, precisão, média, erros de uma medida e desvio padrão.

Medidas são uma constante em nossa vida diária. No nascimento uma das primeiras preocupações do médico pediatra é tomar as primeiras medidas de altura e peso do pequeno recém-nascido. E, a partir dessas medidas, com base em modelos de crescimento, acompanhar o desenvolvimento da criança ao longo dos anos.

Nas ciências a atividade de medir também é freqüente. Pesquisadores de ciências com base experimental como a Física, Química e Economia necessitam freqüentemente de medidas.

Procura-se obter medidas de grandezas físicas com o objetivo de melhor compreender os diferentes sistemas e suas interações. Para determinado fenômeno observado, buscam-se relações de dependências entre grandezas. E, a partir de novos dados, modelos são ajustados e, como conseqüência, novas previsões e conjecturas são feitas.

A atividade científica utiliza medidas que envolvem desde valores muito pequenos a muito grandes, permitindo avaliar desde modelos teóricos na escala atômica (10^{-9} m) até modelos na escala do universo (10^9 anos luz).

A atividade experimental é bastante complexa, exigindo do pesquisador além do conhecimento dos sistemas e variáveis envolvidas no experimento, preparo dos instrumentos e habilidade no seu manuseio, a análise estatística dos dados obtidos e, por último, a interpretação dos resultados. Assim, é possível dividir o trabalho experimental em etapas. Uma primeira etapa consiste na delimitação do fenômeno a ser estudado; por exemplo, na análise do fenômeno queda dos corpos, selecionamos para estudo determinadas condições: altura, forma dos corpos, pesos, forças de atrito e latitude. Temos, então, um sistema a ser estudado, que é descrito por determinado modelo teórico. Cabe ao investigador a intuição ou argúcia em identificar nestes sistemas as variáveis que melhor descrevem o fenômeno observado. Uma segunda etapa consiste no conhecimento e preparo do material a ser utilizado. Conhecimentos sobre a sensibilidade de instrumentos, escalas envolvidas, características e erros previstos pelo fornecedor são necessários. Segue-se o tratamento estatístico que permitirá chegar a resultados a serem interpretados.

Uma das conseqüências destes vários componentes que envolvem a atividade experimental - instrumentos, observadores e modelos teóricos - é a incerteza do resultado de uma medida. Dizer que determinada medida possui um valor de incerteza, não significa que se cometeu engano ao medi-la. E sim que o resultado está limitado aos instrumentos utilizados e o procedimento adotado. Erros cometidos por descuidos são facilmente corrigidos e não são inerentes ao processo experimental.

Medir uma grandeza θ é compará-la com outra, φ , tomada como padrão. Assim, ao medir a grandeza θ , procura-se determinar quantas vezes esta contém a unidade padrão φ .

$$n = \frac{\theta}{\varphi}$$

Ao realizar uma determinada medida, tem-se que considerar a unidade de medida da grandeza, por exemplo, distância em metros (m), massa em quilogramas (kg), volume em metros cúbicos (m³), temperatura em graus Celsius (°C). Assim como é preciso considerar a precisão requerida, por exemplo, 2,540 m ± 0,004 m , 140,0 g ± 0,5 g.

Atividades em grupo

1- Usando grãos de feijão como unidade padrão de volume, determine o volume de copos plásticos usados em cafezinhos. Utilize as medidas dos diferentes grupos e apresente os resultados em uma tabela.

Tabela 1: Resultados experimentais para diferentes medidas do volume de copos de cafezinho. N é o número de grão de feijão.

Medidas				
N				

I.1 - Algarismos significativos e precisão de instrumentos de medida

O resultado de uma medida deve ser fornecido especificando apenas os números significativos, isto é, aqueles que se tem certeza, mais a unidade que determina a incerteza da medida. Na Fig. 1, temos como exemplo, a escala de um instrumento graduado em graus Celsius. Não tem sentido especificar-se o valor de uma medida realizada com este instrumento com quatro algarismos. Por exemplo, caso se indique como resultado 6,758 °C, o número oito não tem significado. Com este instrumento, a temperatura é medida com precisão

de até meio grau Celsius, ou seja, $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$. Assim, a estimativa da temperatura (incerteza) é de $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$. Observe que a precisão de uma medida determina com quantos algarismos significativos deve ser expressa a medida.

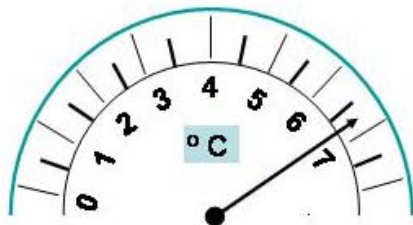


Fig. 1 – A precisão de uma medida é dada pela menor divisão da escala. Neste exemplo, $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$. A estimativa da medida é dada pela metade da menor divisão, ou seja, $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$.

O resultado da medida também pode ser expresso em termos da estimativa da medida como:

$$T = 6,50 \pm 0,25^{\circ}\text{C} .$$

Observe que a precisão de uma medida envolve, entre outros fatores, a precisão da escala e da leitura; sendo esta função da acuidade visual do observador, e nem sempre a precisão do instrumento e da leitura coincidem. Como regra geral considera-se a precisão de um instrumento a metade da divisão de sua escala.

Considere um outro exemplo. Ao expressar uma determinada medida como 12,30 cm, tem-se um valor com quatro algarismos significativos e uma precisão de um décimo de centímetro. O último algarismo expressa a estimativa (incerteza) da medida, que é da ordem de um décimo de milímetro ou centésimo de centímetro. Escrevendo a mesma medida como 0,1230 m ou 0,0001230 km, têm-se os mesmos quatro algarismos significativos. Os números de zeros à esquerda indicam a posição da vírgula. Assim, tem-se que o número de algarismos significativos determina a precisão da medida.

Nas operações aritméticas envolvendo valores experimentais, deve-se manter o mesmo número de algarismos significativos da medida de menor precisão em uma operação.

Exemplo:

Com quantos algarismos significativos deve-se expressar o cálculo da velocidade linear para uma partícula em movimento circular uniforme em uma trajetória com raio de 2,45 m e período de 1,377 s?

Neste exemplo o resultado correto deve ter somente três algarismos significativos. A medida do raio representa a menor precisão, com três algarismos significativos. Logo, o resultado da operação também deve ser expresso com três algarismos significativos.

Atividades

Nas atividades que se seguem ao longo do texto observe as seguintes regras de potenciação:

$$a^p \cdot a^q = a^{p+q} \quad a^{-p} = \frac{1}{a^p} \quad (a^p)^q = a^{pq}$$

1 - Determine o número de algarismos significativos das seguintes medidas:

a) 0,000234 m

b) 2,345 °C

c) $2,3 \times 10^{-4}$ s

d) 2,03 dm³

e) $2,00 \times 10^3$ N

2 - Efetue o cálculo e determine o resultado final usando notação científica:

a) $10^3 \times 10^{-2} =$

b) $(10^{-9} \times 10^3 \times 10^{-1}) / (10^{-3} \times 10^{-5}) =$

3 - Determine o número de algarismos significativos que deve ser representado a área do grande círculo em um campo de futebol, sabendo que é medido das seguintes formas:

a) o jogador A conta o raio do círculo com passos de 0,5 m;

b) o árbitro determina o raio usando uma trena graduada em mm.

4 - Qual o valor da medida da Fig. 2? Expresse o resultado com algarismos significativos nas unidades de mm, cm e metros.

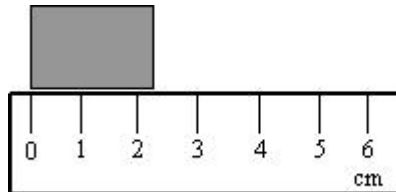


Fig. 2 - A medida do corpo deve ser expressa levando em conta os algarismos significativos.

5- Qual a precisão de um cronômetro cuja menor divisão é $\frac{1}{4}$ de segundos?

6 - Examinando o instrumento analógico da Fig. 3, determine a precisão da escala considerando os seguintes valores para a menor escala do instrumento:

a) 1 mA;

b) 0,1 mA;

c) 0,01 mA.

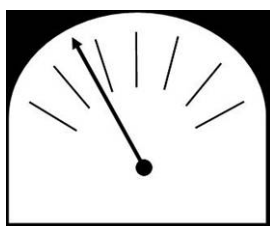


Fig. 3 - A incerteza da medida é função da escala do instrumento.

Usando o Excel

7 - Expresse o conjunto das medidas da Tabela 2 com apenas dois algarismos significativos. Para isso, use a função arredonda do Excel: ARRED().

Primeiro abra o Excel e copie o conjunto das medidas para determinado conjunto de células. Após, escolha determinada célula para o resultado. Por fim, vá em **inserir> função** e escolha ARRED(E12;M12)

Tabela 2 – Medidas do período de um pêndulo

T (s)	T (s)	T (s)	T (s)	T (s)	T (s)	T (s)
3,4670	3,5670	3,4360	3,4058	3,4224	3,4743	3,4555

8 - Compare a função ARRED() com a opção formatar células: vá em **formatar> célula> número**.

I.2 - Precisão e exatidão de medidas

Ao medir determinada grandeza, tem-se um conjunto de fatores que acarretam uma incerteza no valor obtido, tais como: o procedimento utilizado, equipamentos e o próprio observador contribuem para que os valores medidos apresentem erros.

A teoria de erros busca determinar o melhor valor para uma grandeza a partir de n medições, atribuindo à medida um valor que mais se aproxima do verdadeiro valor desta grandeza, y_v . Assim, o erro de uma grandeza, η , é definido como:

$$\eta = y - y_v, \quad (1)$$

onde y representa o valor medido e y_v , o valor verdadeiro da grandeza. Por outro lado, o valor verdadeiro da grandeza, y_v , é desconhecido, afinal este é o objetivo da medida. Logo, na Eq. (1) também não se conhece o valor de η . Contudo, considerando que os erros envolvidos sejam de natureza estatística, é possível estimar em termos probabilísticos o valor de η .

É possível classificar os erros de uma medida em dois grupos: os erros sistemáticos e os aleatórios.

- **Erros Sistemáticos:** aqueles que alteram a exatidão de uma medida. Geralmente estão associados a equipamentos mal calibrados e a variáveis não consideradas na análise de determinado sistema, como temperatura, forças de atrito. Os erros sistemáticos alteram de forma sistemática toda uma série de medidas.

Por exemplo, na Fig. 4 o dispositivo empregado para gerar as marcas pretas apresenta precisão, pois as marcas se concentram em uma pequena região, porém pouca exatidão, pois esta região não está no alvo central. Há um desvio **sistemático** para baixo e para direita. Caso se use um instrumento de medida mal calibrado, por exemplo, um metro cuja graduação esteja mais espaçada do que deveria, todas as medidas que forem feitas com este metro, fornecerão valores menores que os verdadeiros. Tem-se, assim, um erro sistemático para menos.

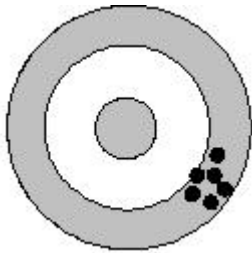


Fig. 4 - Na ilustração o dispositivo empregado apresenta muita precisão e pouca exatidão

- **Erros aleatórios (ou estatísticos):** são aqueles que produzem variações ao acaso em uma medida, relacionadas com flutuações estatísticas de uma medição y_i , de tal forma que os n resultados y_i distribuem-se de forma aleatória em torno da grandeza verdadeira y_v . Uma das possíveis fontes para erros estatísticos são os fatores ambientais, como possíveis variações de temperatura ou oscilações de sinais, como tensão da rede. Também podem estar associados a vibrações em sistemas mecânicos.

Nem sempre é possível eliminar os diferentes erros envolvidos em uma medição. Uma solução para diminuir seus efeitos é repetir muitas vezes a medição. Para $n \rightarrow \infty$ ou n suficientemente grande, tem-se uma aproximação da média em torno do valor verdadeiro (caso não haja erro sistemático), de modo que o valor médio tem um erro estatístico aleatório menor.

Medidas que apresentam erros aleatórios, por conseguinte, quando repetidas exatamente sob as mesmas condições terão uma determinada dispersão. Isto é, têm-se flutuações dos valores individuais y_i em torno da média \bar{y} . Pode-se ver na Fig. 5 um instrumento pouco preciso, pois apresenta uma dispersão das marcas em torno do alvo.

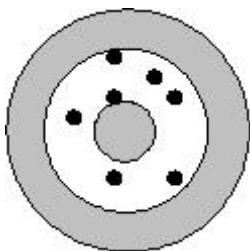


Fig. 5 - Dispositivo com pouca precisão

Na prática, os erros sistemáticos e estatísticos ocorrem simultaneamente. Assim, considera-se que para um número muito grande de medidas, $n \rightarrow \infty$, o valor médio da

grandeza \bar{y} é uma boa aproximação do valor médio verdadeiro \bar{y}_v , sendo a diferença entre o valor médio verdadeiro e o valor verdadeiro da medida, o erro sistemático.

I.3 - Média e desvio padrão da média

Após tomadas n medidas de determinada grandeza física, duas estatísticas fornecem informações sobre os dados obtidos. São elas: a média e o desvio padrão.

I.3.1 - Valor médio de uma medida

Para n medições de uma grandeza y , em condições de repetitividade, isto é, medições idênticas, feitas com o mesmo instrumento e as mesmas condições ambientais, não teremos sempre o mesmo valor, devido aos erros aleatórios. Denominando por y_n o valor obtido para a medida n , os valores nas n medidas serão representados por

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_{n-1}, y_n,$$

sendo o valor médio definido por:

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} + y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (2)$$

A Fig. 6, ilustra o comportamento da média \bar{y} para os diferentes valores medidos y_n .

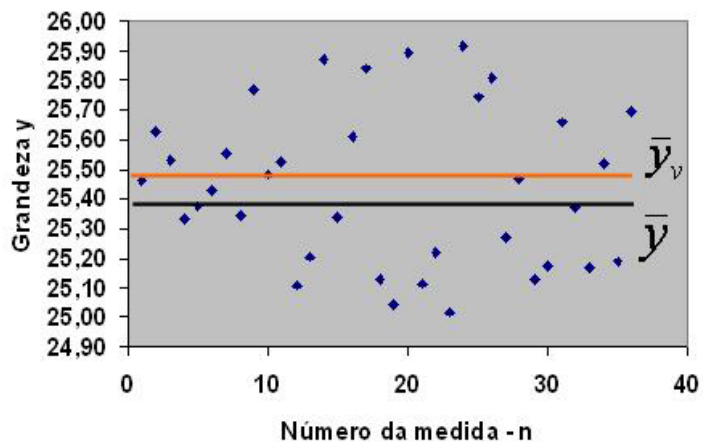


Fig. 6 - A diferença entre o valor médio e o valor médio verdadeiro é devido aos erros sistemáticos.

A medida que n cresce, o valor médio aproxima-se de um valor definido (esta afirmação decorre da lei dos grandes números), que é chamado de valor médio verdadeiro

(\bar{y}_v) ou média limite (também chamado de esperança matemática de y , ou média da distribuição”.)

Assim, o valor médio verdadeiro pode ser representado por $\bar{y}_v = \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{y}$. A diferença

entre \bar{y}_v e \bar{y} (para $n \rightarrow \infty$) é devido aos erros sistemáticos envolvidos no processo. Contudo como \bar{y}_v é uma quantidade desconhecida, na prática considera-se \bar{y} , de n medições, uma boa aproximação para \bar{y}_v .

Em uma análise do gráfico da Fig. 6, pode-se identificar a incerteza associada ao valor médio, \bar{y} , em relação à incerteza dos valores individuais y_i da medição. A aproximação entre \bar{y} e \bar{y}_v está relacionada ao tipo de erro da medida. Instrumento com precisão ruim (erros sistemáticos grandes) terão uma menor aproximação entre \bar{y} e \bar{y}_v .

I.3.2 - Desvio padrão de uma medida e da média de um conjunto de medidas

O desvio padrão, σ , de uma medida é a estatística que descreve a dispersão de um conjunto de medidas em relação à média. E com isso temos uma informação da precisão do conjunto de medidas individuais.

Considerando n medições, com valores $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{n-1}, y_n$, define-se o desvio d_i de cada valor medido y_i , como $d_i = y_i - \bar{y}_v$. Assim, nas n medições tem-se: $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{n-1}, d_n$ e o valor médio dos desvios é dado por:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_v)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_v}{n} \quad (3)$$

Como $\sum_{i=1}^n \bar{y}_v = n \bar{y}_v$, e \bar{y} aproxima-se de \bar{y}_v . Temos que a média dos desvios tende a ser nula

$$\bar{d} = (\bar{y} - \bar{y}_v) = 0.$$

Contudo, tomando-se a Eq. (3) e fazendo a média dos quadrados dos desvios quando $n \rightarrow \infty$, obtém-se a relação (4) definida como variância.

$$\sigma_v^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y}_v)^2 \quad (4)$$

A variância, σ_v^2 , é um parâmetro desconhecido. A melhor estimativa experimental à variância é $\hat{S}^2 = \frac{1}{n-1} \sum (y_i - \bar{y})$.

O desvio padrão σ_v , isto é, desvio médio quadrático, é a raiz quadrada da variância:
 $\sigma_v = \sqrt{\sigma_v^2}$.

Na prática, uma grandeza de uso em atividades experimentais é o desvio padrão do valor médio S_m , estimado da seguinte forma:

$$s_m \approx \frac{\hat{s}}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

onde o desvio padrão \hat{s} é dado pela expressão:

$$\hat{S} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

Pela expressão (5), observa-se que o desvio padrão do valor médio é $(n)^{-1/2}$ vezes menor que o desvio padrão \hat{s} . Por exemplo, em um conjunto de dezesseis medidas, o desvio padrão médio S_m é $\frac{\hat{S}}{4}$ vezes menor que o desvio padrão.

O desvio padrão do valor médio é uma medida de dispersão da média \bar{y} . Em outras palavras, o desvio padrão do valor médio informa-nos quanto a média de um conjunto de n medidas varia aleatoriamente. E, assim temos como prever a incerteza da média \bar{y} para futuras medições que podem ser realizadas. Na seção I.4, será mostrado graficamente o melhor modelo para as flutuações de um conjunto de medidas em torno da média.

Atividades

Simulando erros estatísticos com o Excel

A planilha Excel dispõe das funções ALEATÓRIO() e RANDBETWEEN (- c, c) que permitem gerar números aleatórios. A função ALEATÓRIO(), retorna um número aleatório maior ou igual a 0 e menor que 1 distribuído igualmente e RANDBETWEEN (- c, c) gera números compreendidos entre -c e c. Ou ainda, a opção ALEATÓRIO()*(b-a)+a para gerar números aleatórios entre **a** e **b**. Com isso é possível escolher os números **a** e **b** em torno de um ponto central, isto é, simétricos e portanto com igual probabilidade.

É possível explorar as funções da planilha Excel para gerar números aleatórios na simulação de erros estatísticos de uma medida e , com isso, analisar o comportamento desses para um número $n \rightarrow \infty$. A média dos erros estatísticos deverá tender a zero, considerando a mesma probabilidade de ocorrer um erro positivo ou um erro negativo. A medida que $n \rightarrow \infty$ tem-se que:

$$\bar{n} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{\infty} \eta_n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} (y_n - y_v) = 0 \quad (7)$$

Ou ainda, quando n tende a infinito a média dos valores obtidos tende ao valor verdadeiro da grandeza.

$$\bar{y} = y_v = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_n \right) \quad (8)$$

Na Tabela 3 tem-se alguns números aleatórios de um conjunto de dez mil, obtidos usando a função **ALEATÓRIO ()*(b-a)+a**, entre $-0,75$ e $0,75$. Observe o comportamento da média para diferentes valores de n .

Tabela 3 - Na primeira linha tem-se alguns dos valores de N , na segunda linha o enésimo número aleatório gerado e na última a média dos n primeiros números aleatórios gerados.

N	1	2	3	...	10	...	100	...	1000	...	10000
ALEATÓRIO ()	0,44	-0,29	-0,39		-0,55		-0,67		0,58		-0,41
Média	0,44	0,37	0,55		0,1934		0,0194		0,0007		0,0004

9- Use a função Aleatório() e determine números aleatórios no intervalo de $-2,45$ a $2,45$. Faça uma análise do comportamento da média para diferentes valores de N .

I.4 - Distribuição de erros aleatórios (Distribuição de Gauss)

Conforme visto na seção I.3 em uma medida de uma grandeza física experimental $-y$ (*mensurando*), busca-se como um dos objetivos encontrar o valor verdadeiro da grandeza $-y_v$. Assim, considera-se o valor verdadeiro como desconhecido; para isso se faz medidas.

A partir disso tem-se que o erro de uma medida é definido como: $\eta = y - y_v$. Visto que não se conhece y_v , o erro também não é conhecido. Entretanto, considerando que o erro seja aleatório, este segue determinado modelo teórico.

Estamos constantemente procurando e usando modelos; tanto no campo conceitual, para descrever determinadas percepções, quanto para descrever determinados conjuntos de valores numéricos. Deste modo, podemos prever um conjunto de experiências. Esta é uma das

vantagens em procurar por modelos. Assim, não somos pegos de surpresa em situações novas. De certa forma o pesquisador detesta surpresas e sempre procura descrever o novo a partir de modelos já conhecidos.

Com este objetivo procuramos modelos estatísticos que melhor descrevam um conjunto de dados experimentais. Ou, em outras palavras, qual é o modelo que melhor descreve a distribuição de erros aleatórios, supondo que estes sejam resultados de um somatório de erros elementares e independentes.

Um dos modelos que descrevem a distribuição de erros é dado por uma gaussiana – distribuição gaussiana - cuja representação é ilustrada pela Fig. 7, também conhecida como distribuição normal. A equação que descreve esta distribuição é

$$G(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_v^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\bar{y}_v}{\sigma_v}\right)^2}, \quad (9)$$

na Eq. (9) o valor médio verdadeiro é \bar{y}_v e o desvio padrão verdadeiro é dado por σ_v , sendo $G(y)$ a função densidade de probabilidade. Sendo a probabilidade de encontrar um valor y em um intervalo Δy proporcional a $G(y)$, e esta representa a área da gaussiana (Fig. 7).

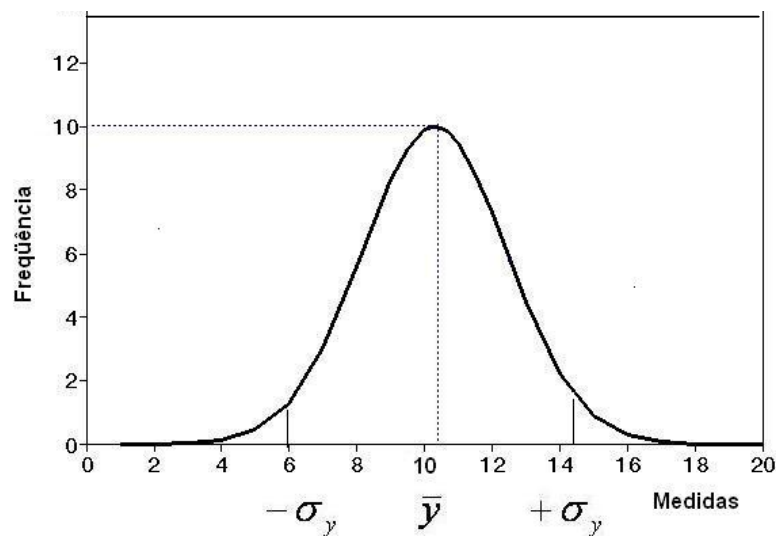


Fig. 7 - Distribuição gaussiana.

Examinando a Fig. 7, pode-se obter as estimativas percentuais da probabilidade de uma medida y encontrar-se em determinado intervalo. A Tabela 4 apresenta a probabilidade de uma medida se situar dentro do intervalo $\bar{y} \pm \delta$. De acordo com a tabela, aproximadamente 2/3 das medidas estão entre $\bar{y} \pm \sigma$.

Tabela 4 – Distribuição da probabilidade em função do desvio.

Desvio (δ)	Probabilidade de uma medida estar no intervalo δ
0	0
1σ	0,683
2σ	0,954
3σ	0,997
∞	1,000

A Fig. 8 apresenta – usando uma simulação no Excel - em um histograma um conjunto de 68 medidas do diâmetro de uma moeda de 50 centavos, usando régua de diferentes procedências e com precisão de 0,5 mm.

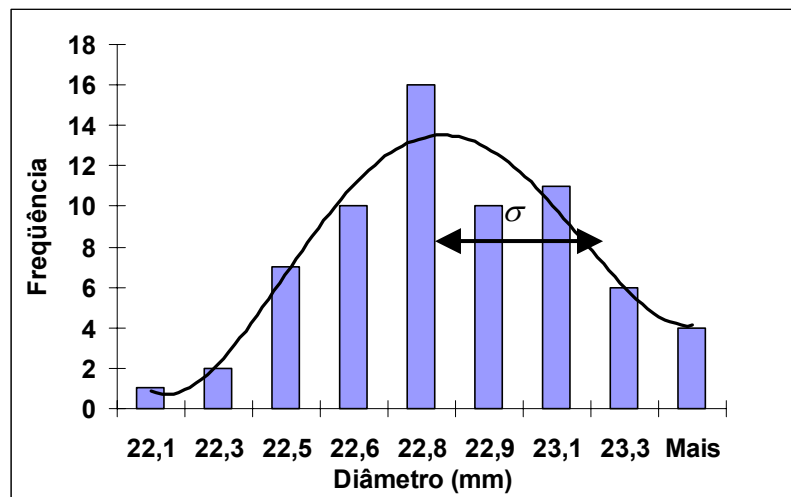


Fig. 8 - Histograma para medidas do diâmetro de uma moeda de 50 centavos.

O valor médio obtido é de $\bar{y} = 22,81\text{mm}$ com desvio padrão de $\sigma = 0,26\text{mm}$. Verifica-se, conforme Tabela 4, que a melhor distribuição para as n medidas é uma curva normal.

O gráfico da Fig. 8 pode ser obtido facilmente usando a função frequência. Vá em Inserir> Função> Estatísticas e escolha a função frequência. Assim, temos a frequência com que os valores ocorrem em um determinado intervalo de valores. Pelo fato da Frequência retornar uma matriz, deve ser inserida como uma fórmula matricial. Após escolha Inserir> Gráfico e escolha o tipo de gráfico como colunas.

A Fig. 9 ilustra dois histogramas para dois conjuntos de medidas, sendo um deles com desvio padrão duas vezes maior. Observa-se que quanto menor o desvio padrão, mais aguda é a gaussiana. E, portanto, os erros maiores têm uma probabilidade menor de ocorrer.

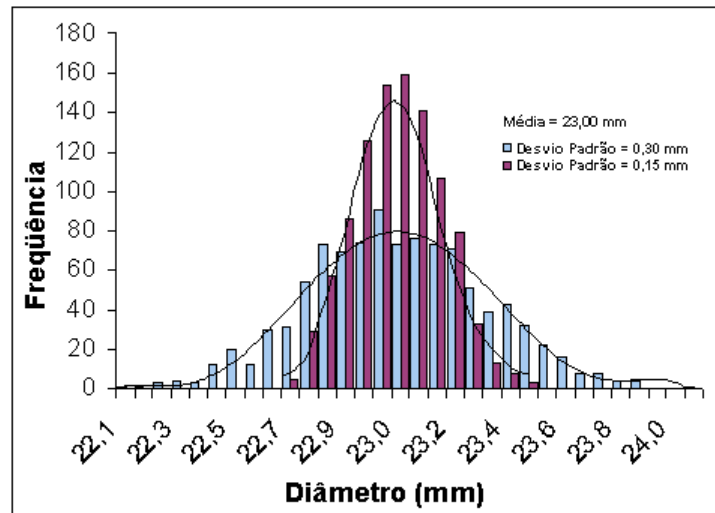


Fig. 9 - Ambas os dados descrevem a distribuição de um conjunto de medidas em torno da média para uma moeda de 50 centavos.

Também é possível constatar o comportamento da gaussiana examinando a Eq. (9). O coeficiente da exponencial é função de $\frac{1}{2\sigma^2}$. Assim, quanto maior o desvio padrão, mais achatada é a gaussiana, o que corresponde a uma precisão pequena.

Determinando a média com a ferramenta “Função” do Excel:

10 - Para o cálculo da média, utilize a opção inserir função: primeiro copie o conjunto dos dados abaixo, para uma linha da planilha. Após, escolha uma célula na qual você deseja colocar o resultado e, em seguida, no menu **inserir > função** escolha a função média, digite o intervalo de células que deseja determinar a média: MÉDIA(A12;G12)

Tabela 5 – Medidas do períodos de um pêndulo simples.

1,3245	1,4356	1,2678	1,2876	1,3034	1,31224	1,3498
--------	--------	--------	--------	--------	---------	--------

11 - As medidas de média, desvio padrão e variância da amostra podem ser determinadas de uma só vez. Para isso use a ferramenta **estatística descritiva**.

Abra o arquivo **tempo.xls**², contendo medidas de período de um pêndulo simples. Após vá à barra de Menus e selecione **Ferramenta> Análise de dados**. Assim, teremos uma nova janela. Escolha a opção **Estatística Descritiva**. Selecione o conjunto de dados a ser analisado.

A ferramenta estatística descritiva cria um relatório com as principais informações para uma análise de um conjunto de medidas.

Média	9,666502
Erro padrão	0,115694
Mediana	9,836378
Desvio padrão	0,834279
Variância da amostra	0,696021
Intervalo	2,772751
Mínimo	8,15021
Máximo	10,92296
Soma	502,6581

12 - Use a função Aleatório() para simular o comportamento de erros estatísticos em uma medida. Considere com medida verdadeira de uma grandeza $y_v = 4,75$ Volts. Use a função Aleatório () e acrescente erros aleatórios no intervalo de -0,75 à 0,75. Após, use a função Estatística descritiva e faça uma análise dos dados, observe o comportamento da média e desvio para os dados obtidos.

Observe os resultados obtidos na Tabela A, $n = 2865$, e compare com os valores com a Tabela B para $n= 15$ medidas obtidas.

Tabela A – Relatório com as principais funções.		Tabela B – Relatório com as principais funções.	
Média	4,751	Média	4,989
Erro padrão	0,008	Erro padrão	0,088
Desvio padrão	0,434	Desvio padrão	0,342
Variância da amostra	0,188	Variância da amostra	0,117
Intervalo	1,499	Intervalo	1,229
Mínimo	4,000	Mínimo	4,264
Máximo	5,499	Máximo	5,493
Contagem	2865	Contagem	15

² Disponível no CD que acompanha este material.

I.5 - Atividades

Esta seção consta de um conjunto de três atividades, com a seguinte estrutura metodológica: a primeira atividade, desenvolvida no laboratório de física, deve ser executada em grupos de no máximo quatro alunos. Após realizar os experimentos propostos, com a ajuda do professor, serão exploradas questões relacionadas a erros, algarismos significativos e precisão de uma medida. Em seguida, na sala de informática, em grupos de dois, executar as questões pedidas com os valores obtidos nas atividades experimentais e usando funções da planilha Excel.

Por fim, a última atividade procura explorar algumas rotinas em VBA, com base nas medidas da atividade experimental.

As questões que seguem devem ser respondidas após a realização de cada uma das atividades.

- a) Quais os possíveis erros encontrados no conjunto de medidas?
- b) Com quantos algarismos significativos devemos expressar o valor da medida?
- c) Qual o procedimento que devemos seguir no arredondamento?
- d) Qual o valor mais provável da medida e como devemos expressar esse resultado?
- e) Em qual situação o zero é significativo – à esquerda / à direita?
- f) Como expressar o resultado significativo em potência de dez?
- g) Qual é a estatística que determina a flutuação (dispersão) de cada medida em torno da média?

1 – Com um barbante de 0,70 m de comprimento e um pequeno peso, construa um pêndulo e pendure em um tripé.

Usando um cronômetro digital, determine o período, medindo o tempo de apenas uma oscilação (T).

2 – Usando régua de diferentes procedências, determine o diâmetro de uma moeda de 25 centavos. Realize uma medida com cada régua e expresse o resultado levando em conta os algarismos significativos.

3 – Usando paquímetros repita a atividade I 5.2.

4 – Nesta atividade realizada em duplas, um aluno segura uma régua pela extremidade, na vertical, colocando o início da escala entre os dedos indicador e polegar de seu colega. Sem avisar seu colega, a régua é solta e este deve pegá-la.

A partir da distância percorrida pela régua entre o início da queda e o instante em que é pega, determine o tempo de reação do colega. Arranje os dados dos diferentes grupos, em uma tabela .

Referências

VUOLO, J. H. *Fundamentos da teoria dos erros*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

GUIMARÃES, P. S. *Ajuste de curvas experimentais*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2001.

BUCHWEITZ, B.; DIONÍCIO, P. H. *Óptica experimental*. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1994.

Aprendendo a errar. Disponível em: <<http://www.galeradafisica.com.br/fe/20/medidas.pdf>>
Acesso em 15 out. 2005.

BUENO, W. A. *Manual de laboratório de física-química*. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.

LOPES, P. A. *Probabilidades e estatística*. Rio de Janeiro: Reischman & Afonso, 1999.

YOUNG, H. D. *Statistical treatment of experimental data*. New York: McGraw-Hill, 1962.

MARINELLI, F. et al. Uma interpretação para os erros nas representações das medidas realizadas no laboratório didático. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. *Atas do XV*. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv/atas/>>. Acesso em 15 de out. de 2005.

GOLDEMBERG, J. *Física geral e experimental*. Vol. 1 Ed. da USP 1968.

II. INTRODUÇÃO AO APLICATIVO EXCEL E À LINGUAGEM VBA

Capítulo II – Principais comandos do aplicativo Excel e aspectos gerais da linguagem VBA.

II.1 - Aspectos gerais da linguagem VBA

O VBA (*Visual Basic for Applications*) é uma adaptação da linguagem de programação Visual Basic que acompanha a planilha Excel. Ao construir uma aplicação em VBA, o código desta fica contido no que chamamos “macros VBA”.

Uma das vantagens oferecidas pela linguagem de programação VBA é a sua uniformidade. A linguagem está presente em todo pacote Office, e pode ser utilizada em qualquer ferramenta da Microsoft, como: MSEXCEL, MSWORD, MSACCESS, etc. Outra importante característica da ferramenta, acessada facilmente pelo menu, é a ajuda, que contém os principais conceitos da linguagem, com exemplos e aplicações em português, disponíveis ao usuário.

Dentre as demais vantagens oferecidas pelo uso de macros na planilha Excel, se destacam: automatizar seqüências de cálculos repetitivos e criar novas funcionalidades à ferramenta Excel. Assim, com o uso da linguagem VBA, o Excel torna-se uma ferramenta poderosa e com características de linguagem de programação.

Nosso propósito ao longo deste trabalho não é fornecer um curso da planilha Excel e, muito menos, ensinar a programar em VBA. Para isso, precisaríamos de no mínimo um semestre inteiro para explorar as principais funções do Excel e mais um para as funções em VBA. Contudo, vamos explorar algumas características da ferramenta com um objetivo bem determinado, que é sua aplicação na aquisição de dados em atividades de laboratório didático.

Ao longo dos tópicos da disciplina de Física, vamos explorar alguns conceitos e aplicações de macros no Excel e, ao final, culminar com o uso da ferramenta em práticas de laboratório no campo da mecânica e da termodinâmica.

II.2 - Macros VBA

Emprega-se o termo “macro VBA” para um conjunto de instruções – procedimentos – escrito em código VBA. O VBA tem como estrutura base a linguagem Basic. Esta apresenta uma estrutura e sintaxe flexível e de fácil assimilação. O ambiente Visual (o Windows)

integrado aos produtos do pacote OFFICE com a linguagem Basic representam uma poderosa ferramenta de programação Visual.

II.2.1 - Construindo Macros no Excel

O Excel apresenta ferramentas que facilitam a atividade de criação de macros. A ferramenta gravar uma macro é semelhante a gravar uma fita cassete: após o início da gravação, todas as tarefas executadas na planilha são convertidas automaticamente em código VBA. Assim, atividades repetitivas podem ser executadas tantas vezes quanto se queira, facilitando nosso trabalho.

II.2.2 - Instalando o Visual Basic no Excel

Um primeiro passo para trabalhar com macros na planilha Excel é a instalação da caixa de ferramentas. Para adicioná-la, proceda como indicado na Fig. 10. Vá em **Exibir> Barra de ferramentas> Visual Basic**.



Fig. 10 - Adicionando ao Excel a caixa de ferramentas do Visual Basic

Após a instalação, aparecerá na barra de ferramentas do Excel o seguinte conjunto de botões da Fig. 11, com as funções especificadas na Tabela 6.

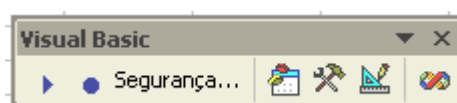







Fig. 11 - Ferramentas do VBA

Tabela 6 – Ícone mostrado na caixa de ferramentas e função desempenhada pelo botão.

	Permite escolher, criar e executar macros presentes
	Gravador de macros
	Abre o editor do VBA
	Permite abrir o conjunto de ferramentas do VBA
	Edita o conjunto de componentes inseridos na planilha do Excel

II.2.3 - Gravando uma Macro


Para gravar uma macro, clique na opção . Deste modo teremos uma janela, Fig.12, com as seguintes opções:

Nome da macro - Ao gravar uma macro, escolha um nome significativo para a atividade desenvolvida.

Teclas de atalho – O MS Excel permite que se execute as macros por teclas de atalho.

Armazenar macro em – Escolha a opção **Esta pasta de trabalho**

Ao clicar **OK**, todas as tarefas executadas na planilha serão gravadas em código VBA.

Ao final das atividades, clique no botão  para finalizar a gravação.

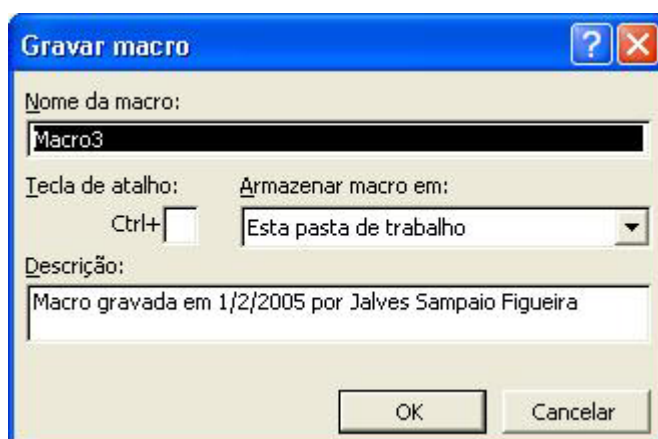


Fig. 12 - Gravador de macros

Atividades- 1A

1 - Com a planilha aberta escreva a equação que transforme determinada temperatura da escala Celsius para a temperatura na escala Fahrenheit. Use o gravador de macros para gravar


toda a atividade executada. Procure colocar o valor da grandeza Celsius na célula (4, 2) e o resultado na célula (4, 3). Veja figura abaixo:

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		T (°C)	T (°F)				
4		1,0	33,8				
5							
6							


Escolha **Temperatura01** para o nome da macro e grave-a.

2 – Grave uma nova macro com o nome **Pintar** e, use **Shift + P** para teclas de atalho. Após, clique sobre a célula (5, 3) e preencha com determinada cor usando o balde de tinta, existente na ferramenta desenho. Observe que o Excel está gravando toda a atividade executada com o *mouse*.

II.2.4 - Executando uma Macro

Ao clicar na opção , executar macro, é aberta uma nova janela, Fig. 13, com as principais ferramentas de edição e execução de macros.

Teclas de atalho – Para rodar a macro utilize as teclas de atalhos escolhidas na gravação.

Comandos – Uma outra opção é escolher uma macro dentre uma lista de macros já gravadas e utilizar o comando .

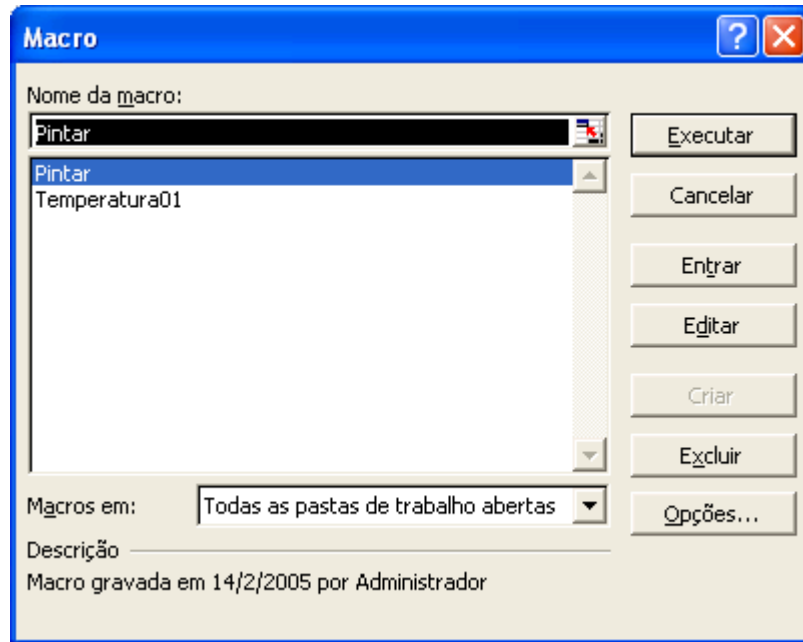



Fig. 13 – Janela que permite criar, editar e executar macros.

II.2.5 - Editando uma Macro

Ao clicar em  é aberto um novo ambiente de trabalho, que é o editor do VBA. Assim, pode-se visualizar o código da linguagem de programação VBA.

Neste ambiente de desenvolvimento, Fig. 14, é possível observar os principais elementos da ferramenta de programação VBA:

- barra de ferramentas – fornece um conjunto de ícones para as principais funções;
- barra de menus – permite acesso a todas as funções do VBA;
- janela de projetos – mostra os projetos atualmente abertos;
- janela de módulos – exibe o módulo atual. Sequência de instruções em VBA.

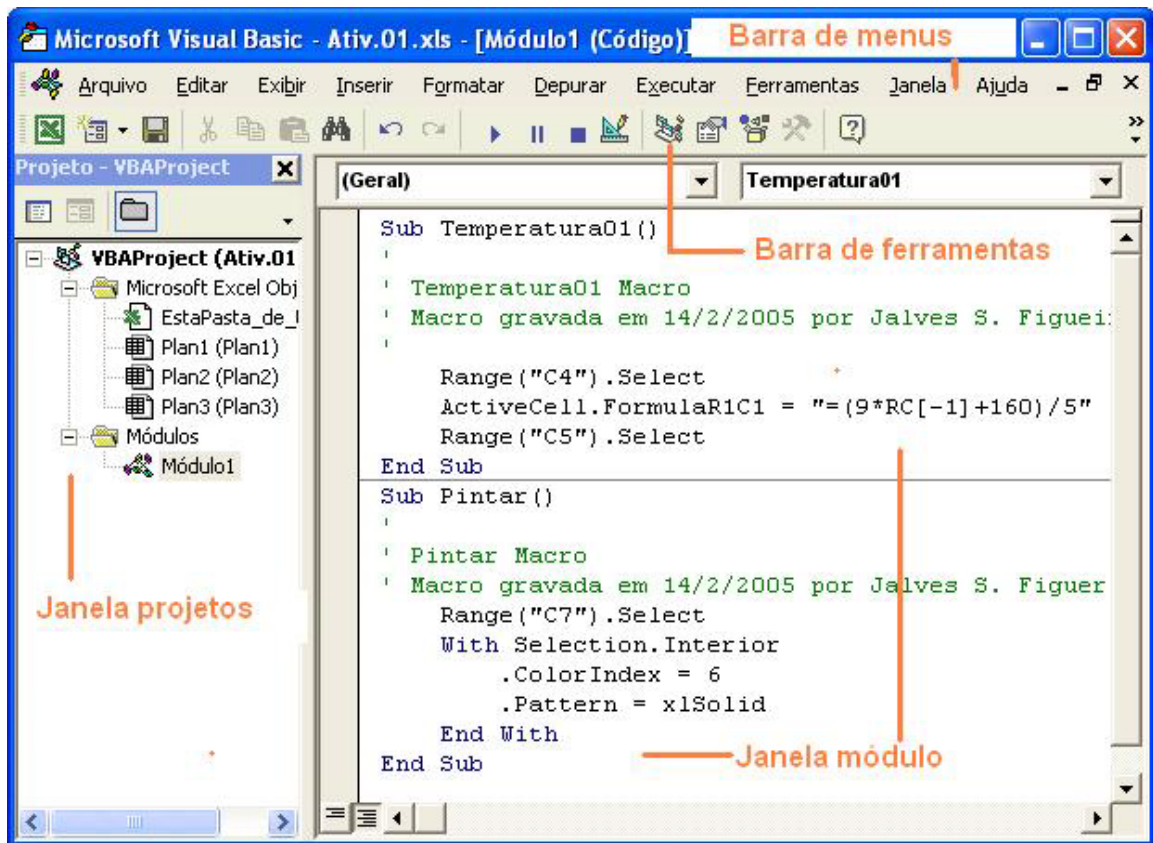


Fig. 14 - Ambiente de programação VBA.

O conjunto de instruções, na linguagem VBA, está localizado em um módulo. Pode-se identificar na pasta módulo1, Fig. 14, as macros gravadas: “**Temperatura01**” e “**Pintar**”. Observa-se ainda que o conjunto de sub-rotinas em VBA inicia com as instruções SUB e terminam com END SUB. Também é possível identificar os comentários no interior de um procedimento. Um comentário é identificado pelo símbolo apóstrofe no início da linha ou pela instrução REM (remember).

Atividades- 2A

1 - Com o editor VBA aberto, reescreva a macro “Temperatura01” com as seguintes instruções:

```
Sub Temperatura02()
" Temperatura Macro
' Macro gravada ...
Cells(10, 3) = (9 * Cells(12, 2) + 160) / 5
End Sub
```

2 - Construa também uma macro obedecendo as seguintes instruções:

```

Sub Temperatura03()
'
' Temperatura Macro
' Macro gravada em...
'
x = Cells(12, 2).Value
Cells(10, 3).Value = (9 * x + 160) / 5
End Sub

```

Compare as instruções e identifique a função dos comandos cells (i,j)

II.2.6 - Inserindo um botão

É possível executar as macros dos exemplos acima através de um botão de comando. Para isso, vamos inserir um botão na barra de ferramentas da planilha Excel.

Para adicionar um botão, posicione o cursor do *mouse* na barra de ferramentas da planilha e clique com o botão direito, após em **personalizar> formulários**. Localize o botão e arraste para a barra de ferramentas do Excel. Para adicioná-lo à planilha, clique sobre o botão e na área de trabalho.

Um outro caminho é **Exibir> barra de Ferramentas> Caixa de Ferramentas de Controle**.

II.3 - Digitando o código de um programa em VBA

Uma “macro VBA” é uma série de instruções com comandos na linguagem VBA. Esse conjunto de instruções, denominado simplesmente procedimento em VBA, pode ser construído na forma de sub-rotinas ou funções; as funções VBA são sub-rotinas que retornam valores.

Uma “macro VBA” é formada por pelo menos uma sub-rotina. Desde modo, pode-se ter em um módulo um conjunto de sub-rotinas (funções) ou vários módulos cada um com suas sub-rotinas.

As sub-rotinas começam pela palavra chave SUB e terminam com End Sub. Da mesma forma as funções iniciam com Function e End Function.

Por fim, uma sub rotina tem a seguinte sintaxe:

[**Public/Private**] Sub [nome da sub rotina] ()

‘Comentários ao longo do programa iniciam-se por *apóstrofe*

REM ou pelo comando REM(*remember*)

[Declarações]

End Sub

Public - Opcional. Indica que o procedimento Sub é acessível a todos os outros procedimentos em todos os módulos

Private - Opcional. Indica que o procedimento Sub é acessível somente a outros procedimentos no módulo em que é declarado

Atividades – 3A

1 - Com o editor do VBA aberto vá à barra de menus e clique em **Inserir> Módulo**. Após, digite as seguintes linhas na janela de módulos.

```
Sub Teste01()  
MsgBox " Aluno : Roberto da Silva"  
End Sub
```

2 – Neste exemplo, vamos utilizar a função InputBox. Repita o procedimento acima e insira um novo módulo. Após, digite a macro abaixo:

```
Sub Teste02()  
Resp = InputBox(" Digite o número de matrícula")  
Range("A1") = Resp  
End Sub
```

OBS: Para executar as macros acima pressione a tecla F5 ou



II.4 - Resolvendo dúvidas

Uma importante característica da linguagem VBA é a documentação. A Microsoft disponibilizou uma ajuda, toda em português, com os principais conceitos do Visual Basic com exemplos e aplicações. Para acessar o help, clique no menu Ajuda> Ajuda do Microsoft Visual Basic.

No parágrafo seguinte, pode-se conferir a definição de Function obtida no Help do VBA. Acesse este tópico em menu **Ajuda>Ajuda do Microsoft Visual Basic> Tópicos conceituais do Visual Basic**.

Um procedimento **Function** pode utilizar argumentos, como constantes, variáveis ou expressões passadas para ele por um procedimento de chamada. Caso um procedimento **Function** não tenha argumentos, sua instrução **Function** deve incluir um conjunto de parênteses vazio. Uma função retorna um valor atribuindo um valor ao seu nome em uma ou mais instruções do procedimento.

No exemplo a seguir, a função **Celsius** calcula o número de graus Celsius a partir dos graus Fahrenheit. Quando a função for chamada a partir do procedimento **Main**, uma variável que contém o valor do argumento será passada para a função. O resultado do cálculo é retornado para o procedimento de chamada e exibido em uma caixa de mensagem.

```
Sub Main()  
    temp = Application.InputBox(Prompt:=  
        "Digite a temperatura em graus F.", Type:=1)  
    MsgBox "A temperatura é " & Celsius(temp) & " graus C."  
End Sub  
  
Function Celsius(fDegrees)  
    Celsius = (fDegrees - 32) * 5 / 9  
End Function
```

II.5 - Variáveis no Visual Basic for Applications (VBA)

Toda a informação armazenada no computador ocupa um determinado “espaço”. Assim, esta informação pode ser chamada durante a execução de determinado procedimento.

Nomear uma variável de memória é reservar um espaço para determinado tipo de dados. O VBA não necessita que as variáveis sejam declaradas, contudo ao declará-las otimizamos seu uso e nosso programa se torna mais legível.

Regras para nomeação de variável

- As variáveis não devem conter pontos, espaços, ou símbolos;
- O nome deve iniciar com uma letra;
- Não deve exceder 255 caracteres;
- Não podem ser utilizadas palavras reservadas do VBA. Por exemplo: Sub, End, if, Microsoft Excel.

A descrição a seguir “**Declarando Variáveis**” foi retirada do Help do VBA.

II.5.1 - Declarando variáveis

Ao declarar variáveis, você geralmente utiliza uma instrução **Dim**. Uma instrução de declaração pode ser colocada dentro de um procedimento para criar uma variável de nível de procedimento. Ou ela pode ser colocada na parte superior de um módulo, na seção **Declarações**, para criar uma variável de nível de módulo.

O exemplo a seguir cria a variável `strName` e especifica o tipo de dados String.

```
Dim strName As String
```

Se esta instrução aparecer dentro de um procedimento, a variável `strName` poderá ser utilizada somente nesse procedimento. Se a instrução aparecer na seção **Declarações** do módulo, a variável `strName` estará disponível para todos os procedimentos dentro do módulo, mas não para procedimentos em outros módulos no projeto. Para tornar essa variável disponível para todos os procedimentos no projeto, preceda-a com a instrução **Public**, como no exemplo a seguir:

```
Public strName As String
```

Para obter mais informações sobre a nomenclatura das suas variáveis, consulte **Regras de nomenclatura do Visual Basic** na **Ajuda** do Visual Basic.

As variáveis podem ser declaradas como um dos seguintes tipos de dados: **Boolean**, **Byte**, **Integer**, **Long**, **Currency**, **Single**, **Double**, **Date**, **String** (para seqüências de caracteres de comprimento variável), **String * length** (para seqüências de caracteres de comprimento fixo), **Object**, ou **Variant**. Caso você não especifique um tipo de dados, o tipo de dados **Variant** será atribuído como padrão. Você também pode criar um tipo definido pelo usuário através da instrução **Type**. Para obter mais informações sobre tipos de dados, consulte **Resumo de tipos de dados** na **Ajuda** do Visual Basic.

Você pode declarar diversas variáveis em uma instrução. Para especificar um tipo de dados, você deve incluir o tipo de dados para cada variável. Na instrução a seguir, as variáveis `intX`, `intY` e `intZ` são declaradas como tipo **Integer**.

```
Dim intX As Integer, intY As Integer, intZ As Integer
```

Na instrução a seguir, `intX` e `intY` são declaradas como tipo **Variant**; apenas `intZ` é declarada como tipo **Integer**.

```
Dim intX, intY, intZ As Integer
```

Você não precisa fornecer o tipo de dados da variável na instrução de declaração. Caso você omita o tipo de dados, a variável será do tipo **Variant**.

Utilizando a instrução **Public**

Você pode utilizar a instrução **Public** para declarar as variáveis públicas em nível de módulo.

```
Public strName As String
```

As variáveis públicas podem ser utilizadas em todos os procedimentos do projeto. Caso uma variável pública seja declarada em um módulo padrão ou um módulo de classe, ela também poderá ser utilizada em qualquer projeto que faça referência ao projeto onde a variável pública é declarada.

Utilizando a instrução **Private**

Você pode utilizar a instrução **Private** para declarar as variáveis privadas em nível de módulo.

```
Private MyName As String
```

As variáveis privadas podem ser utilizadas somente por procedimentos no mesmo módulo.

Observação Ao ser utilizada em nível de módulo, a instrução **Dim** é equivalente à instrução **Private**. Convém utilizar a instrução **Private** para facilitar a leitura e a interpretação do seu código.

Utilizando a instrução **Static**

Quando você utilizar a instrução **Static** no lugar de uma instrução **Dim**, a variável declarada reterá os seus valores entre as chamadas.

Utilizando a instrução **Option Explicit**

Você pode declarar implicitamente uma variável no Visual Basic, simplesmente utilizando-a em uma instrução de atribuição. Todas as variáveis declaradas implicitamente são do tipo **Variant**. As variáveis do tipo **Variant** exigem mais recursos de memória que a maioria das outras variáveis. O seu aplicativo será mais eficiente se você declarar as variáveis explicitamente e com um tipo de dados específico. A declaração explícita de todas as variáveis reduz a incidência de erros de conflitos de nomenclatura e de digitação.

Para impedir que o Visual Basic faça declarações implícitas, você pode inserir a instrução **Option explicit** em um módulo antes de todos os procedimentos. Essa instrução obriga-o a declarar explicitamente todas as variáveis dentro do módulo. Caso um módulo inclua a instrução **Option Explicit**, ocorrerá um erro em tempo de compilação quando o Visual Basic

encontrar um nome de variável que ainda não tenha sido declarada ou que apresente algum erro de digitação.

Você pode definir uma opção no ambiente de programação do Visual Basic para incluir automaticamente a instrução **Option Explicit** em todos os módulos novos. Para obter ajuda sobre como alterar as opções do ambiente Visual Basic, consulte a documentação do aplicativo. Observe que essa opção não altera o código existente que você gravou.

Observação Você deve declarar explicitamente as matrizes fixas e as matrizes dinâmicas.

Declarando uma variável de objeto para automação

Quando você utiliza um aplicativo para controlar os objetos de outro aplicativo, você deve definir uma referência à biblioteca de tipos do outro aplicativo. Quando você define uma referência, pode declarar as variáveis de objeto de acordo com o tipo mais específico. Por exemplo, caso esteja no Microsoft Word ao definir uma referência à biblioteca de tipos do Microsoft Excel, você pode declarar uma variável do tipo **Worksheet** a partir do Microsoft Word para representar um objeto **Worksheet** do Microsoft Excel.

Caso você esteja utilizando outro aplicativo para controlar objetos do Microsoft Access, poderá, na maioria dos casos, declarar as variáveis de objeto de acordo com o tipo de dados mais específico. Você também pode utilizar a palavra-chave **New** para criar automaticamente uma nova ocorrência de um objeto. No entanto, talvez você deva indicar que ele é um objeto do Microsoft Access. Por exemplo, quando você declara uma variável de objeto para representar um formulário do Microsoft Access, a partir do Microsoft Visual Basic, deve diferenciar o objeto **Form** do Microsoft Access de um objeto **Form** do Visual Basic. Inclua o nome da biblioteca de tipos na declaração da variável, como no exemplo a seguir:

```
Dim frmEncomendas As New Access.Form
```

Alguns aplicativos não reconhecem tipos de objeto individuais do Microsoft Access. Mesmo se definir uma referência à biblioteca de tipos do Microsoft Access a partir desses aplicativos, você deve declarar todas as variáveis de objeto do Microsoft Access como tipo **Object**. Você também não pode utilizar a palavra-chave **New** para criar uma nova ocorrência do objeto. O exemplo a seguir mostra como se declara uma variável para representar uma ocorrência do objeto **Application** do Microsoft Access a partir de um aplicativo que não reconhece tipos de objeto do Microsoft Access. Em seguida, o aplicativo cria uma ocorrência do objeto **Application**.

```
Dim appAccess As Object
```

```
Set appAccess = CreateObject("Access.Application")
```

Para determinar a qual sintaxe um aplicativo oferece suporte, consulte a documentação do aplicativo.

II.6 - Atividades

II.6.1 - Atividades usando funções da planilha Excel

1 – Com o Excel aberto, crie uma nova planilha para cada atividade realizada no laboratório (seção I.5). Digite os valores e determine, para cada conjunto de atividades, as seguintes estatísticas:

a- média (\bar{y});

b- desvio da média para cada medida ($|y_i - \bar{y}|$);

c- desvio padrão da média ($S_{\bar{y}}$).

2 - Use a função Aleatório() e determine números aleatórios no intervalo de -2,45 a 2,45 .Faça uma análise do comportamento da média dos números aleatórios gerados para diferentes valores de n .

Com ajuda de um gráfico explore, o comportamento da média em função do número de medidas.

3 - Utilize a função frequência do Excel e construa um histograma para as atividades 1 e 2.

II.6.2 - Atividades com a linguagem VBA no Excel

4 - Usando a linguagem VBA

Com o editor do Visual Basic aberto, insira um novo módulo. Após, na janela módulo escreva uma subrotina para cálculo da média, use os valores da atividade anterior.

Compare a macro criada com a opção que segue.

```
Sub média()  
For i = 1 To 7  
y = Cells(12, i).Value  
x = y + x  
Next  
media = x / 7  
Cells(1, 1) = media  
End Sub
```

Procure explorar esta macro, alterando os valores das variáveis, e acrescentando novos dados.

5 - Com o Editor do Visual Basic aberto, procure construir uma macro para determinar a média das atividades experimentais e use o comando Format (número,"0.00") expressando os valores das medidas com três algarismos significativos.

6 - Semelhante à função ARRED do exemplo anterior, a linguagem VBA possui o comando *Format (número, "0.00")*. Com este comando é possível converter determinada expressão para um número x("0.00") de casas decimais.

Com o editor do Visual Basic aberto, use o comando Format (número,"0.00") em uma macro expressando os valores das medidas com três algarismos significativos.

Compare a macro criada com a opção abaixo:

```
Sub Atividade8 ()  
For i = 1 To 7  
x = Cells (23, i)  
y = Format(x, "0.00")  
Cells (24, i).Value = y  
Next  
End Sub
```

7 - Repita a atividade anterior usando a instrução Do loop: Compare a macro criada com a opção abaixo

```
Sub Atividade9()  
Do  
i = i + 1  
x = Cells (23, i)  
y = Format(x, "0.00")  
Cells (24, i).Value = y  
Loop Until i = 7  
End Sub
```

Obs: Procure explorar estas macros identificando as funções de cada linha.

8- Os períodos de movimento de rotação de um disco estão gravados no arquivo Período.xls. Construa uma macro com estes dados para determinar a velocidade angular do disco sabendo que este possui raio $R = 3,45$ cm. Expresse o resultado incluindo apenas os algarismos significativos.

Referências

FERNANDES, M. *Desenvolvendo aplicações poderosas com Excel e vba*. Florianópolis: Visual Books, 2004.

MATTOS, L. *Treinamento avançado em Excel*. São Paulo: Digerati Books, 2004.

WELLS, E. *Desenvolvendo soluções e aplicações em excel7/ visual basic*. São Paulo: Makron Books, 1997.

III. MOVIMENTOS PERÍODICOS I

Capítulo III – Apresenta o uso da placa de som do microcomputador em sistemas de aquisição de dados. Estrutura da entrada e tipos de entradas da porta de jogos: analógica e digital. Atividades experimentais de medidas tempo e intensidade luminosa. Rotinas em VBA para leitura das entradas.

Neste capítulo são descritos a placa de som com suas principais entradas e ao final, duas importantes aplicações da aquisição de dados utilizando a entrada digital da porta de *joystick*. A primeira atividade explora os principais conceitos associados a um pêndulo simples; medidas do período em função da amplitude e análise das energias envolvidas. O segundo experimento explora a partir de um brinquedo - um pião rotante - conceitos importantes da física do movimento circular e dinâmica de corpo rígido.

III.1 - Sinal analógico e digital

Sinais analógicos são aqueles que podem ser representados por uma função contínua. São exemplos de sinais analógicos as grandezas físicas, tais como tensão e corrente, temperatura e intensidade luminosa. Todos possuem variações contínuas em função do tempo.

Em um microfone a onda sonora, de sinal analógico, produz vibrações mecânicas em um pequeno diafragma, que são transformadas em variações contínuas da corrente elétrica. Na Fig. 15, tem-se uma representação de um sinal analógico. As variações da amplitude do sinal representam variações de tensão.

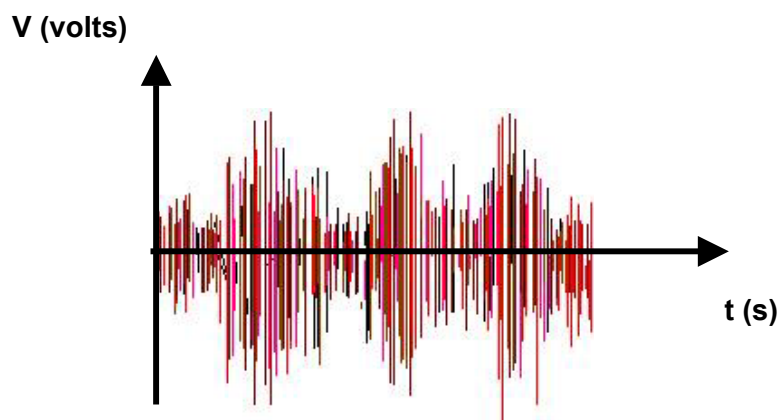


Fig. 15 - Representação do sinal elétrico na entrada do microfone.

A onda sonora, após ser captada pelo microfone, é convertida em variações de tensão que também correspondem a um sinal analógico. Para que o microcomputador “entenda”, ou melhor, processe a informação, esta deve passar primeiro por um conversor analógico/digital (conhecido pela sigla em inglês – ADC³).

Os conversores possibilitam que o sinal seja convertido em “palavras” de 8, 16, 32 ou 64 Bits. Um Bit (*Binary Digit*) corresponde à menor unidade de informação que pode ser processada. A Fig. 16 ilustra o processamento de um sinal na entrada do microfone.

Após o sinal ser digitalizado e a informação ser processada, é possível com o uso de determinados *softwares*, como Excel ou *Spectrogram*, determinar as características do sinal, traçando curvas de frequências e intensidade sonora. De maneira inversa, o conversor digital/analogico transforma uma “palavra” em sua entrada, em analógica na saída (tensão ou corrente).

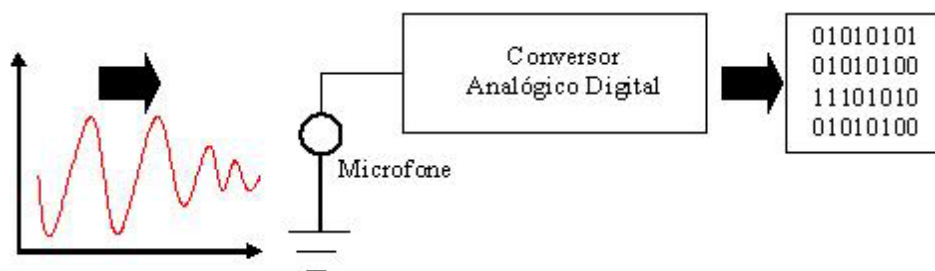


Fig. 16 - Representação do processamento de um sinal na placa de som transformado em uma "palavra" de 8 bits.

III.2 - Placa de som

Uma das primeiras interfaces de comunicação entre o PC e o mundo externo, a placa de som, está presente desde o surgimento dos primeiros computadores pessoais, tornando estes mais próximos dos aparelhos ditos domésticos, na medida em que apresenta uma diversidade de possibilidades de interfaceamento, como amplificadores, microfones e instrumentos de som.

³ ADC do inglês *Analog Digital Converted*.

No ensino, mais especificamente no uso do microcomputador como instrumento de medidas, a placa de som permitiu que inúmeros experimentos didáticos, até então possíveis somente em sistemas importados e com custo elevado, fossem realizados de forma acessível e com baixo custo comparado a sistemas comerciais.

No final da década de 1980, surgem em revistas nacionais de ensino as primeiras propostas de aquisição de dados usando a entrada da placa de som. Experimentos usando o microfone e a entrada de *joystick* são propostos em medidas de intervalo de tempo, resistência elétrica e temperatura, envolvendo conceitos no campo da mecânica, oscilações e termodinâmica.

A linguagem dos computadores é binária, isto é, todo o processamento de informação se dá de forma digital, sendo a unidade básica no processamento da informação “palavras” compostas por grupos de números 0 (bit baixo) e 1 (bit alto). Microfones, sensores (apresentados na seção X) e alto-falantes trabalham com sinais analógicos, ou seja, apresentam como característica principal uma variação contínua no tempo. Assim, a placa de som, geralmente, é a única interface de comunicação analógico-digital e digital-analógico disponível na grande parte dos microcomputadores.

As principais entradas disponíveis na placa de som são: entrada de *joystick*, entrada de microfone, saída de áudio e interface MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*).

A Fig. 17 ilustra uma determinada placa de som e as possíveis entradas de sinais. Nesta placa temos as seguintes entradas: *Line out*, *Line in*, áudio, *joystick* e o sinal MIDI. A entrada MIDI utiliza alguns pinos do conector de *joystick*, para isso necessita de um adaptador especial.

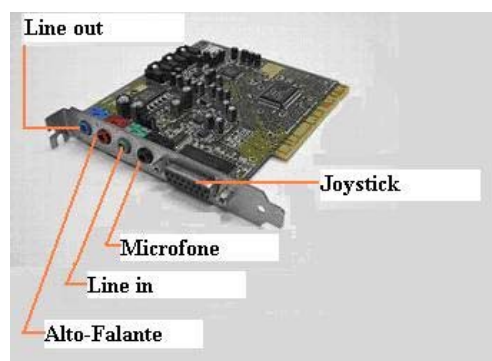


Fig. 17- Placa de som com as entradas de áudio e joystick.

No decorrer das atividades desenvolvidas, serão abordados experimentos de mecânica e termodinâmica usando a linguagem VBA via a entrada da porta de jogos. Dentre as diversas vantagens apresentadas pelo uso da placa de som na aquisição de dados, destacamos o baixo

custo em relação às interfaces comerciais, a segurança contra riscos à placa mãe do microcomputador e a dispensa de circuitos eletrônicos externos que desempenham o papel de interface analógico-digital.

III.2.1 - Entrada de joystick da placa de som

A entrada de jogos ou de joystick utiliza um conector do tipo DB15, com interface para dois joysticks. A Fig. 18 detalha a numeração dos pinos deste conector, assim como indica a função de cada um dos pinos e a tensão (terra ou 5V) fornecida pela porta de jogos. A grande parte dos joysticks trabalha com dois botões e dois potenciômetros cujas resistências variam de 0 a 100 k Ω (até 150 k Ω).

A CPU do microcomputador escreve e lê na porta no endereço I/O 201h (hexadecimal) com “palavras” de 8 bits, sendo quatro bits para as entradas analógicas e quatro para as digitais.

Os joysticks usuais possuem dois botões (A e B) correspondentes às entradas digitais, e dois potenciômetros (X e Y), às analógicas. Na seção V será visto com detalhes o circuito elétrico da porta de jogos. É possível enviar informação para o microcomputador pressionando (liberando) os botões e/ou variando as resistências dos potenciômetros. Ao movimentar o braço do joystick para esquerda-direita (eixo X) variamos a resistência de um dos potenciômetros. De maneira análoga, ao movimentar para frente-trás (eixo Y) mudamos a resistência de um outro potenciômetro.

Nas atividades e experimentos de medidas de intervalo de tempo, usamos sensores conectados à entrada digital, e nas medidas de temperatura e de intensidade luminosa, às entradas analógicas.

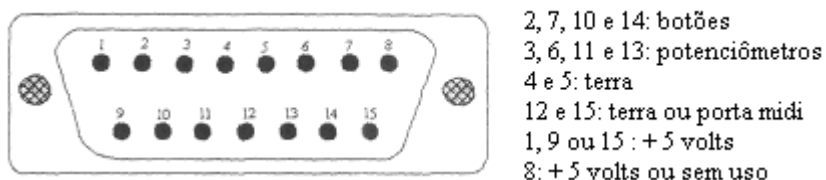


Fig. 18 - Numeração dos diversos pinos do soquete onde é conectado o joystick.

III.2.2 - Detecção nas entradas digitais da porta de jogos

Como foi descrito na seção I, o computador usa o sistema binário constituído pelos dígitos 1 (um) e 0 (zero). O conjunto de entradas digitais e analógicas forma uma “palavra” ou

um *byte*⁴. Ao ler a entrada da porta de jogos, o computador recebe um *byte* de informação, que corresponde a oito bits: um bit para cada um dos quatro botões e para cada uma das quatro entradas analógicas, conforme esquematizado na Fig. 19. Os bits de 0 a 3, da direita para esquerda, informam os estados dos potenciômetros; os de número 4 a 7 informam os estados dos botões.

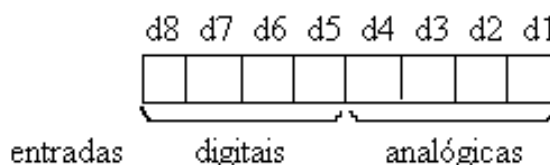


Fig. 19 - Posição dos bits no byte.

Ao ser pressionado um botão, o potencial na linha de saída torna-se 0 V (veja circuito na Fig. 6), colocando o bit correspondente no valor “0”. Quando o botão é solto, o potencial na linha retorna para seu valor original (5 V) e o valor do bit passa a ser “1”. Para se coletar informação via entrada digital, é necessário um sistema que altere o valor do bit de “0” para “1”, ou vice-versa, quando determinado evento ocorrer. Para medidas de intervalos de tempo, um sistema apropriado pode ser construído com um emissor e um receptor de infravermelho. Quando não há obstáculo que impeça a passagem do feixe entre o emissor e o receptor, o sistema permanece em “0”; se houver bloqueio do sinal luminoso, o receptor passa para o “1”. Com um *software* apropriado, por exemplo, a planilha Excel, utilizada neste trabalho, pode-se registrar se o sistema está no estado alto ou baixo em função do tempo e, então, determinar o tempo de bloqueio.

III.2.3 - Detecção nas entradas analógicas da porta de jogos

Vejamos a análise da entrada analógica, a partir do exame do circuito elétrico da Fig. 20. O funcionamento da entrada ocorre da seguinte forma: o capacitor C, está carregado (5 V) por meio da resistência (R) e dos potenciômetros (X e Y). Assim, a saída apresenta um nível lógico alto (1). Quando enviado um sinal (um valor qualquer) para as entradas, inicia-se um processo de descarga do capacitor C, e o sinal passa de alto (1) para um nível lógico baixo (0). Ao atingir um determinado tempo a saída retorna ao seu estado lógico (1) no tempo dado pelo

⁴ Lê-se baite. No Dicionário Houaiss já consta a palavra baite, mas preferimos aqui usar sua grafia original em inglês.

circuito RC. Assim, por meio de *software* é possível determinar o tempo em que o sinal permanece baixo (0) e a partir deste dado determina-se o valor da resistência conectada à entrada (Eq. 10).

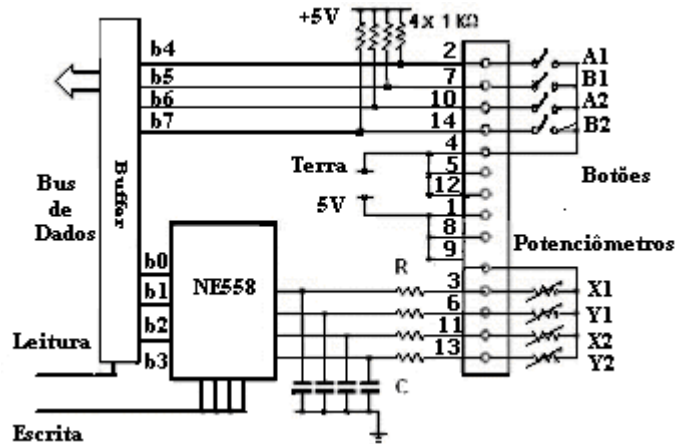


Fig. 20 - Esquema da porta de jogos.

Em outras palavras deve-se primeiro enviar um dado à porta (endereço 201h). Em seguida efetuar a leitura dessa porta, determinando o tempo em que o nível lógico permanece baixo (0). Este tempo é função direta do valor da resistência conectada a entrada que esta sendo monitorada. O valor da resistência é determinado conhecendo-se as constantes da Eq. 10.

$$R = \alpha (\Delta t) + \beta \quad (10)$$

Nas medidas de temperatura, é necessário conectar um sensor cujo valor da resistência dependa da temperatura. Um dos componentes indicado é um termistor, tipo NTC (do inglês: *Negative Temperature Coefficient*).

Da mesma forma, nas medidas de intensidade luminosa, usa-se um semiconductor que apresente uma variação da resistência com a intensidade luminosa. O componente mais indicado, para nossos propósitos, é um LDR (*Light Dependent Resistor*) ou um fototransistor. No Capítulo IV serão detalhados ambos os componentes.

III.3 - Acessando o *hardware* com o Excel –VBA

A leitura de um *byte* na porta de jogos somente é possível com o uso de arquivos de uma biblioteca de *links* dinâmicos, do tipo DLL⁵, que contêm funções específicas para a

⁵ Arquivos do tipo DLL (*Dynamic Link Library*) contêm uma coleção de comandos e dados que podem ser compartilhados por diferentes programas de uma mesma plataforma. Programas executáveis carregam os arquivos DLL enquanto rodam.

leitura e registro dos valores das entradas. Pode-se encontrar na rede diversas opções, algumas gratuitas, para acesso da porta de jogos. As principais, usadas no decorrer das atividades são: io.dll e inpout32.dll – encontradas gratuitamente na rede. Neste trabalho usamos arquivo inpout32.dll, que apresenta a possibilidade de leitura, através da função inp32, e de escrita, com out32.

III.3.1 - Configurando uma DLL no editor VBA

Para ter acesso ao editor do Visual Basic, proceda da seguinte forma: com a planilha do Excel aberta, clique em exibir. Após, em barras de ferramentas e, por fim, em Visual Basic. Assim estará disponível uma caixa de ferramentas para trabalhar com macros. As macros construídas para a coleta de dados terão as seguintes funções: executar cálculos e testes repetitivos e ler o *byte* de informação presente na porta de jogos.

Para que o Visual Basic reconheça as funções (*inp32* e *out32*) e leia o valor do *byte* presente na porta de jogos, há necessidade de configuração da dll. Com a planilha do Excel aberta proceda da seguinte forma: a) abra o Editor do Visual Basic; b) na barra de ferramentas insira um novo módulo; c) copie a seguinte linha de comando:

```
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
```

```
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Byte
```

```
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
```

```
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal value As Byte)
```

d) após copie o arquivo inpout32.dll para a pasta do diretório Windows/System.

Estamos agora em condições de utilizar as funções inp32 e out32 presente no arquivo inpout32.dll.

III.3.2 - Identificando um *bit* na entrada da porta de jogos na linguagem VBA

Ao utilizar a função inp32 da biblioteca inpout32.dll obtém-se um *byte* em sua representação decimal. Isto é, a função inp32 retorna um número compreendido entre 0 e 255. Para saber o valor de cada bit presente no *byte*, deve-se converter este valor para sua representação binária. Deste modo podemos identificar os diferentes bits do *byte* na entrada do conector DB15.

Um dos métodos que permitem identificar os diferentes bits do *byte* correspondente é o operador lógico And. O operador lógico And é representado em matemática pelo símbolo “^”.

Em lógica duas proposições p e q podem ser combinadas pelo conectivo e para formar uma nova proposição, sendo o valor lógico (verdadeiro ou falso) da conjunção de duas proposições (p ^ q) verdadeiro, se, e somente se, cada componente for verdadeira. Para melhor entendimento e análise dos valores lógicos, usa-se a tabela verdade (Tabela 7).

Tabela 7- Tabela-verdade da operação de conjunção

p	q	P ^ q
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

Assim, ao usar o operador lógico **AND** tem-se como resultado uma comparação lógica bit-a-bit, entre duas expressões numéricas. A Tabela 8 ilustra o resultado da operação lógica com a função lógica **AND**. Como exemplo, considere duas expressões numéricas: A = 8 e B = 10. O número decimal 8 é representado no sistema binário por 1000, e o número decimal 10 é representado por 1010. Comparando bit-a-bit os números binários 1000 e 1010 e usando a Tabela 8, tem-se como resultado o valor 1000, que no sistema decimal é igual a 8. Portanto o valor associado a A = 8 e B = 10, é o valor 8. Note que verdadeiro está associado ao número 1, falso ao 0 e nulo à ausência do algarismo.

Ao utilizar esse recurso pode-se facilmente identificar se o sinal em determinado *bit* encontra-se no nível “1” ou “0”. Por exemplo, para identificar se o sinal no *bit* dois (B2) encontra-se alto (“1”) ou baixo (“0”), usamos a seguinte expressão com o operador **AND**:

$$x = \frac{inp32 \text{ and } 4}{4}$$

Tabela 8 - Comparação lógica entre duas expressões numéricas



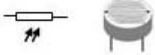
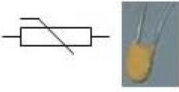


Se <i>expressão1</i> for	E <i>expressão2</i> for	O resultado será
Verdadeira	Verdadeira	Verdadeiro
Verdadeira	Falsa	Falso
Verdadeira	<u>Nula</u>	Nulo
Falsa	Verdadeira	Falso
Falsa	Falsa	Falso
Falsa	Nula	Falso
Nula	Verdadeira	Nulo
Nula	Falsa	Falso
Nula	Nula	Nulo

Disponibilizamos em anexo um texto de Forgiarini, L. S. (2005), a qual descreve o sistema binário e decimal e questões relacionadas à conversão de números de uma das bases para a outra.

III.4 - Transdutores

Transdutores (ou sensores) são dispositivos que transformam uma determinada grandeza física em um sinal elétrico, ou vice-versa. Na Tabela 9, têm-se os principais sensores, usados em sistemas de aquisição de dados no laboratório didático. Nas atividades deste capítulo, faremos uso de dois semicondutores para medidas de intervalo de tempo. Nosso sistema de sensores é composto por um emissor e um receptor de infravermelho. Na Fig. 21 vê-se um esquema do sistema ótico de medida. Os números apresentados do lado esquerdo da figura correspondem à numeração dos pinos do conector DB15 macho. O diodo emissor (B) é um LED de uso geral e o receptor (A), um fototransistor, T1175 ou equivalente. Um resistor (R) de 330 ohms deve ser ligado em série para limitar a corrente que circula pelo LED. O feixe de infravermelho é refletido pela superfície S e dirigido para o receptor. Na parte inferior da figura, vê-se detalhes do circuito emissor e receptor.

Tabela 9 - Principais sensores usados em sistemas de aquisição de dados

Grandeza Física	Transdutor	Aspecto / Símbolo
Posição Espacial	Potenciômetro	
Intensidade Luminosa	Fotodiodo	
Intensidade Luminosa	LDR (Luz Dependent Resistor)	
Temperatura	Termistor NTC (Negative Temperature Coefficient) e PTC (Positive Temperature Coefficient)	
Som	Microfone	
Som	Auto-falante	

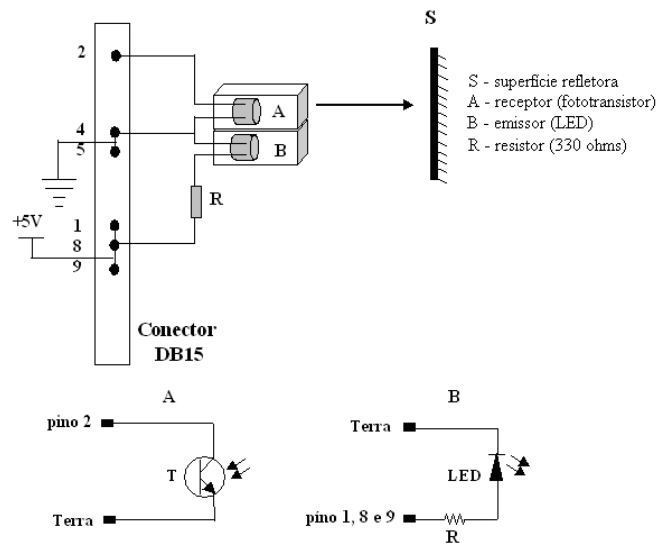


Fig. 21 - Disposição dos sensores na entrada digital da porta de jogos.

Atividades com a entrada digital da porta de *joystick*

III.5 - Atividades

Nas atividades experimentais que se seguem, e do capítulo IV, usaremos o dispositivo de entrada de sinal ilustrado na Fig. 22. Este é composto por uma caixa plástica, com cabo de quinze vias para conexão à entrada de *joystick* da placa de som, contendo oito entradas, que se acoplam, com um conector do tipo *Jack*, mono, às quatro digitais e às quatro analógicas. Este dispositivo nada mais é do que a extensão do conector de joystick DB15, que foi tratado na seção III.2.1.



Fig. 22 - Extensão do cabo DB15.

Os sensores usados nas próximas atividades experimentais, tais como termistor, LDR e fototransistor, também estarão soldados a um plug P2 mono, (Fig. 23), permitindo que sejam facilmente conectados à entrada de sinal.



Fig. 23 - Conector P2 macho.

Um LED verde sinaliza o conjunto de entradas digitais e o vermelho as entradas analógicas. Verifique a posição do LED na caixa de entrada (Fig. 22). Lembrando que, de acordo com a seção III.2.2 as oito entradas correspondem a oito bits, formando um *byte* de sinal.

Serão explorados duas atividades com o microcomputador em medidas de intervalo de tempo. As medidas são efetuadas com sensores ligados à entrada da porta de *joystick* da placa

de som de um microcomputador. Para isso, usa-se linguagem VBA (*Visual Basic Application*) que acompanha a *software* Excel na aquisição automática de dados

Os experimentos foram escolhidos de modo a explorar aquelas situações em que: i) são necessárias medidas em intervalos de tempo pequenos para serem coletadas manualmente, por exemplo, medidas de frequência em polias em experimentos de determinação do momento de inércia e medidas para o estudo da cinemática de rotação de um pião girante; ii) há necessidade de um monitoramento em tempos prolongados, como em medidas do período de um pêndulo durante o tempo de amortecimento em grandes amplitudes.

III.5.1 - Identificando um *bit* no *byte* da porta de jogos

Nesta atividade, será utilizada uma chave tipo *push button*, normalmente aberta (NA) (Fig. 24). A Fig. 25 ilustra a caixa de entrada com duas dessas chaves ligada às entradas digitais (LED verde).



Fig. 24 - Chave liga-desliga tipo push button.

O experimento consiste em identificar os bits do *byte* recebido, quando a chave é pressionada em uma das quatro entradas.



Fig. 25 - Caixas de entrada com chaves push button.

A rotina para esta atividade encontra-se disponível no apêndice A.

Ao executar o arquivo, procure explorar as diferentes entradas, colocando a chave em uma das quatro posições. Analise o valor do *Byte* recebido e a posição da chave.

III.5.2 - Pêndulo Simples

O objetivo desta prática é analisar as variações no período (T) de um pêndulo, em função das grandezas comprimento, massa e amplitude do movimento. E, comparar os valores obtidos no experimento de aquisição de dados com os valores obtidos usando um cronômetro manual visto no primeiro capítulo.

Nosso pêndulo consiste de um corpo de massa m , suspenso por um barbante de comprimento l . A massa do fio, para nossos objetivos, é desprezível. Também consideraremos que o fio é inelástico, ou seja, não varia sua extensão. Consideraremos, ainda, que a massa pendular está toda concentrada em um ponto. Com estas aproximações, podemos considerar o modelo do pêndulo simples como aceitável para descrever este sistema.

Quando afastado da posição de equilíbrio e solto, o pêndulo oscila em um plano vertical, sob a ação da força gravitacional ($m g$), assim tem-se um movimento oscilatório e periódico.

As forças que atuam na partícula de massa m - considerando as dimensões do corpo suspenso desprezíveis - são: o peso e a tensão do fio. A resultante das forças na direção radial ($= T - m g \cos \theta$) fornece a força centrípeta que atua no pêndulo. A componente tangencial $m g \sin \theta$ se constitui em uma força restauradora.

A Fig. 26 apresenta um pêndulo com as componentes da força gravitacional sobre o corpo de massa m .

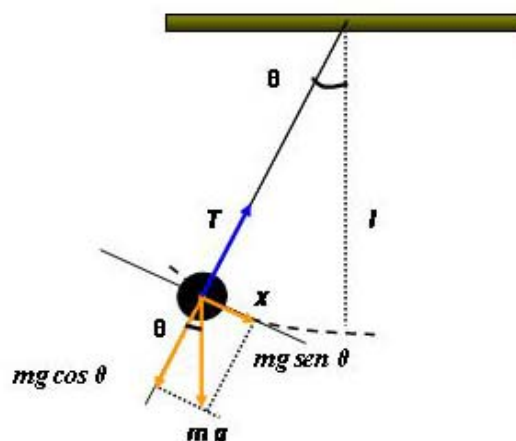


Fig. 26 - Pêndulo simples sujeito a força tangencial $m g \sin \theta$.

Partindo da componente da força peso na direção tangencial, tem-se

$$F = -m g \operatorname{sen} \theta, \quad (11)$$

e considerando pequenas amplitudes, aproximadamente $\theta \leq \frac{\pi}{12}$, isto é, $\operatorname{sen} \theta = \theta$. tem-se

$F = -m g \theta$. Lembrando que a trajetória é um arco de raio $R = l$, sendo l o comprimento do fio. E, que $\theta = \frac{x}{l}$ com isso a Eq. (11) assume a seguinte forma

$$F = -m g \frac{x}{l} \quad \text{ou} \quad F = -K x, \quad (12)$$

onde $K = \frac{m g}{l}$.

Pode-se identificar na Eq. (12), uma característica do movimento harmônico simples, isto é, a força restauradora sendo proporcional ao deslocamento e de sentido oposto a este.

Assim, lembrando da equação do período do movimento harmônico simples

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ e, da relação (12) consegue-se a relação que determina o período um pêndulo

simples para pequenas amplitudes:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (13)$$

Material para prática

O material desenvolvido para esta atividade experimental consta de um conjunto emissor e receptor de infravermelho, disposto em peças de lego. A Fig. 27 ilustra a posição dos semicondutores com respectivas peças de lego.

Os sensores são conectados à entrada digital (primeira entrada), usando para isso a caixa de extensão do conector DB15. Veja Fig. 28.

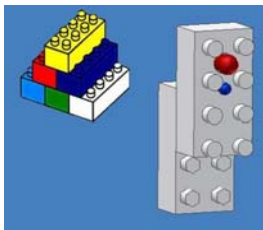


Fig. 27 - Detalhe da montagem do emissor (LED) e receptor de infravermelho (Til75) em peças de lego.



Fig. 28 - Extensão do cabo DB15.

O conjunto de materiais para esta atividade resume-se a:

- esfera de aço com diâmetro de cerca de 2 cm (a esfera que usamos tem: $d = 0,0189$ m);
- cordão;
- sensores de infravermelho e conjunto de peças de lego;
- extensão do cabo de *joystick*;
- tripé para fixação do pêndulo
- macro Pêndulo.xls (apêndice B)

Procedimento experimental

Posicione o sensor e ajuste o comprimento do pêndulo (0,70 m) de modo que o centro da esfera de aço passe pelo feixe de infravermelho, Fig. 29.

Execute a macro Pêndulo.xls (apêndice B) e coloque o pêndulo a oscilar em pequenas amplitudes. Observe o valor das medidas, na coluna dos períodos, apresentada na planilha Excel.

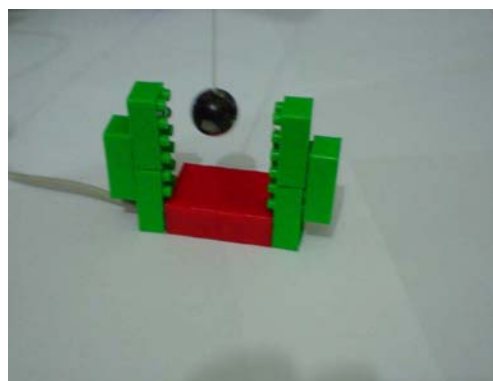


Fig. 29 - Disposição do pêndulo e conjunto de sensores.

Medidas do período para pequenas amplitudes

- a) Procure analisar o comportamento da curva que aparece no gráfico.
- b) Compare o valor do período obtido neste experimento com o valor determinado na atividade realizada com o cronômetro manual do Capítulo I.
- c) Determine a média e o desvio da média nas medidas do período.
- d) Discuta com o grupo os possíveis erros e cuidados que o experimento exige.
- e) Como se relacionam as diferentes energias envolvidas no decorrer das oscilações?
- f) Usando a função análise de dados do Excel, construa um histograma para os dados.

Medidas do período para grandes amplitudes

Nesta prática procure abandonar o pêndulo para “amplitudes grandes” (discuta com o grupo o significado de “amplitudes grandes”). Em seguida execute a macro pêndulo.xls e deixe o sistema oscilar por determinado tempo.

- a) Observe no gráfico o valor do período em função do número de oscilações.
- b) Faça uma análise a partir da relação teórica do período e o critério de aproximação para o seno do ângulo.
- c) Discuta com colegas a validade da equação para o período e para que intervalo de ângulo esta equação torna-se um bom modelo.
- d) Afinal, o que você diria sobre a seguinte afirmativa: O período de um pêndulo é independente da amplitude.

III.5.3 - Análise do movimento de rotação de um pião

Nesta aplicação vamos trabalhar com “velocidades altas” e, portanto, não é possível uma coleta usando cronômetro manual. O objetivo da prática é determinar a velocidade de um pião e como esta varia em função do tempo de giro. No decorrer da prática, veremos que nosso experimento não serve apenas para medidas de velocidade de um pião. Este é apenas um pretexto inicial. As possíveis aplicações são parte de um item das atividades.

A montagem é apresentada na Fig. 30. O emissor (LED) e receptor (transistor) de infravermelho estão presos nas peças de lego. A superfície do pião é refletora e, estando ela à frente do sistema ótico, o feixe de infravermelho é desviado no sentido do receptor. Uma fita adesiva preta, anti-reflexiva, fixa no pião, é necessária para que o sinal na saída do fototransistor seja alternado entre “0” e “1” (e vice-versa) a cada giro do pião.



Fig. 30 - Detalhe do conjunto de lego, pião e sensores.

Algumas considerações devem ser feitas sobre o modelo usado na interpretação dos dados:

- não deve ser considerado o movimento de precessão do pião, pois as medidas devem ser tomadas no início do movimento do pião, quando este efeito ainda não é relevante;
- considera-se somente o torque produzido pelas forças de atrito, pelo argumento que segue.

A dinâmica do movimento é descrita pela equação⁶:

$$I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\tau}_a + \vec{\tau}_c \quad (14)$$

⁶ O caráter vetorial desta equação é dispensável, pois sua validade se restringe ao caso em que o pião gira em torno de um eixo vertical, como no presente caso.

onde $\vec{\tau}_a$ é o torque devido à força de arraste, que é função de características do fluido, no caso ar, do tamanho e forma do pião e do módulo da velocidade angular do pião em relação ao ar; e, $\vec{\tau}_c$ é o torque devido à força de contato, que é uma função de várias variáveis, com estrutura complexa. Porém como o braço de alavanca da força de contato é muito pequeno, $\tau_a \gg \tau_c$ e em uma boa aproximação pode-se desprezar τ_c frente à τ_a . Assim, no lado direito da Eq. 14 pode-se levar em conta somente o efeito da força de arraste, que deverá ser proporcional a ω , ou a ω^2 ou a uma combinação de ambos.

O torque produzido pela força de arraste produz uma desaceleração no pião, reduzindo o valor da velocidade angular. A Eq. 14 mostra a relação de proporcionalidade entre o torque e o valor da aceleração angular ($\vec{\alpha} = d\vec{\omega}/dt$).

Material para prática

- rotina em VBA Pião.xls (apêndice C).
- conjunto de sensores e peças de lego;
- pião.

Questões e sugestões para estudo pelo grupo

Antes de executar o experimento é importante que se faça uma análise da macro Pião.xls. Procure:

- a) identificar os principais comandos usados, com as equações envolvidas;
- b) relacione os ramos da física que descrevem as leis do movimento de rotação de um pião;
- c) identificar as forças exercidas no pião;
- d) discutir com o grupo as semelhanças (caso existam) entre a dinâmica do movimento de um disco girante e a rotação de um pião;
- e) fazer uma análise das leis que descrevem a dinâmica do movimento de rotação de um corpo rígido;
- f) refletir com os colegas em que possíveis experimentos a macro Pião.xls poderia ser útil.

Referências

AGUIAR, C. E.; LAUDARES, F. Aquisição de dados usado Logo e a porta de jogos do PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 23, n. 4, p. 371-380, dez. 2001.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 203-211, Set. 2004.

Planilhas Excel para aquisição de dados via entrada digital. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/excel/excel_digital.html. Acesso em 15 de out. 2005.

HAAG, Rafael - Utilizando a placa de som do micro PC no laboratório didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 23, n. 2, p. 176-183, jun. 2001.

IV. MOVIMENTOS PERÍODICOS II

Capítulo IV– Neste capítulo desenvolvem-se dois experimentos com a entrada analógica da placa de som: medidas da intensidade luminosa e oscilações em um sistema massa-mola.

Seguindo a mesma metodologia das atividades do Capítulo III, neste módulo vamos explorar a entrada analógica da placa de som em dois experimentos de laboratório, um sistema massa-mola e em medidas de intensidade luminosa. Para um melhor entendimento da entrada analógica, veja descrição seção III.2.3

O material necessário para realização das atividades e conexão dos sensores será a extensão do *joystick* (Fig. 31) também utilizado nas atividades do Capítulo III.



Fig. 31- Extensão do cabo DB15 com entradas digitais e analógicas.

IV.1 - Sensor de luz – LDR (*light dependent resistor*) resistor dependente da luz)

Nos experimentos a seguir, faremos uso do componente eletrônico conhecido como LDR. Este permite realizar uma gama de experiências em conjunto com a porta de jogos. Como característica favorável, apresenta um custo acessível e fácil manuseio. Não apresenta polaridade e com isso não oferece dificuldades na ligação à entrada de sinais.

O LDR apresenta uma variação em sua resistência em função da intensidade luminosa aplicada. Isto é, com o aumento da intensidade luminosa o valor de sua resistência aumenta e vice-versa (esta característica é explorada na atividade IV.1.1). A Tabela 9 do Capítulo III apresenta o aspecto físico com a simbologia deste componente.

Para nossos propósitos, o LDR foi disposto no interior de um tubo de uma caneta (Fig. 32), e com isso pode-se focalizar a intensidade de luz em apenas uma direção.



Fig. 32 - LDR com cabos disposto no interior de uma caneta.

Nossa primeira atividade irá explorar o componente eletrônico LDR e a linguagem VBA. Portanto a atividade será aberta: com o auxílio do professor procure explorar o componente, discutindo com os colegas as rotinas e a entrada analógica.

IV.1.1 - Explorando o sensor LDR e a entrada analógica da placa de som

Após o conectar a caixa de sinal (Fig. 31) na entrada de *joystick*, ligue no sensor de luz à entrada B5 – que corresponde ao primeiro bit da entrada analógica. Com o Excel aberto, execute a macro LDR.xls (apêndice D).

Procure explorar o valor do sinal lido em função da intensidade luminosa.

Observe o comportamento do gráfico obtido, examinando-o para diferentes valores de intensidades de luz.

A Fig. 33 ilustra a variação da resistência na entrada analógica em função da intensidade de luz aplicada ao sensor LDR.

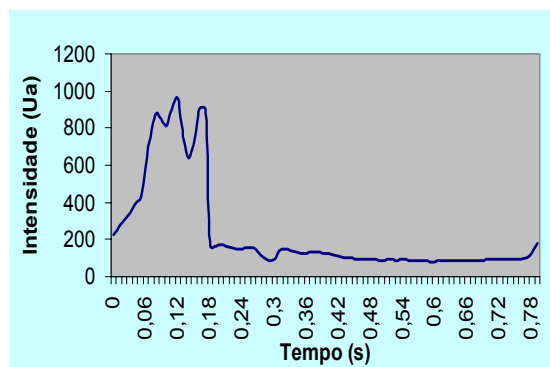


Fig. 33 - Variação da intensidade de luz em função do tempo.

IV.2 - Atividades

IV.2.1 - Oscilações – Sistema massa-mola

Nas próximas atividades iremos explorar o sistema massa-mola. A montagem do experimento está ilustrada na Fig. 34, com a disposição do sensor e suporte para prender a mola.

Monte o sistema massa-mola conforme a Fig. 34. Suspenda determinada massa de valor conhecido na mola.



Fig. 34 - Sistema massa- mola com sensor LDR

Com a planilha do Excel aberta, execute o arquivo OscHarmonico.xls (apêndice E) e em seguida, coloque o sistema em movimento, puxando levemente a massa para baixo.

Verifique o comportamento dos dados pela análise gráfica e procure responder às seguintes questões:

- qual é a forma do gráfico?
- qual é o valor do período para o movimento?
- explore o comportamento do período para diferentes massas;

IV.2.2 - Determinando a constante elástica da mola

Considerando o sistema em equilíbrio, tem-se que a força da gravidade e a elástica se anulam. A força elástica é diretamente proporcional à deformação $F = -Ky$, sendo K a constante elástica da mola e y a deformação. Assim, na condição de equilíbrio temos

$$K = \frac{m g}{y}, \quad (15)$$

onde m é a massa suspensa e g a aceleração da gravidade. O período do sistema oscilatório é dado pela relação

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}, \quad (16)$$

onde K é a constante elástica e, m a massa do corpo suspenso. Está sendo desconsiderada a massa da mola.

Questões para discussão com o grupo

Procure examinar o comportamento do gráfico da amplitude em função do tempo e discuta com o grupo:

-Como você determinaria a constante da mola (K) usando os valores obtidos no gráfico do Excel.

-Qual o comportamento do sistema para valores diferentes de m ? E com diferentes molas?

-O que acontece ao sistema se acrescentarmos mais molas?

A Fig. 35 ilustra as oscilações de um sistema massa-mola, obtidos para uma mola de constante K , e massa m .

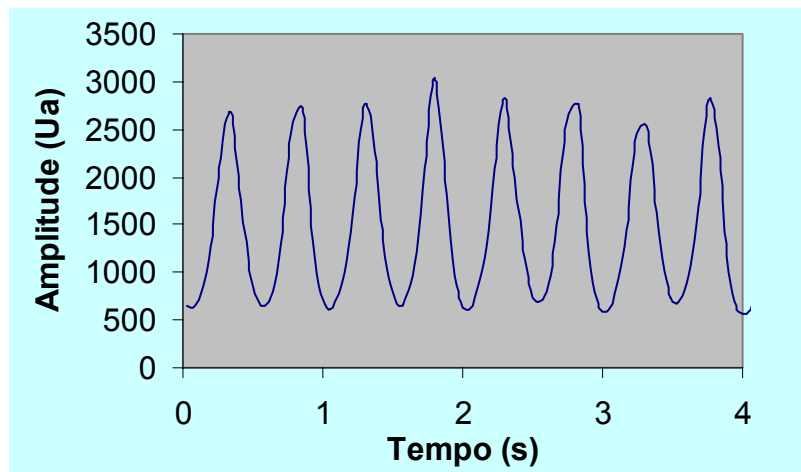


Fig. 35 - Valores obtidos para um sistema massa-mola.

Referências

AGUIAR, C.E.; LAUDARES, F. Aquisição de dados usando logo e a porta de jogos do pc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 23, n. 4, p. 371-380, dez. 2001.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 203-211, Set. 2004.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. *Macro pêndulo: Planilha Excel para leitura da entrada digital da porta de jogos*. Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/excel/tempo.html>>. Acesso em: 23 jan. 2005.

HAAG, Rafael - Utilizando a placa de som do micro PC no laboratório didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 23, n. 2, p. 176-183, jun. 2001.

V. MEDIDAS DE TEMPERATURA COM UM TERMISTOR – NTC

Capítulo V - Neste capítulo serão exploradas medidas de temperatura com um termistor - Tipo NTC (*negative temperature coefficient*). Este sensor apresenta uma variação em sua resistência em função da temperatura, a partir de uma macro em VBA são lidos os valores da resistência.

A temperatura de um corpo é definida pelo estado de agitação das partículas que constitui o corpo. Assim, quanto maior a agitação – energia cinética – maior é a temperatura do corpo.

Nos metais, temos como consequência do aumento da temperatura, um aumento do número e intensidade de choques dos elétrons com os átomos da rede cristalina. Portanto, tem-se o aumento da resistência elétrica do metal. A relação entre resistência (R) e temperatura (T) é dada pela função $R(t) = R_0 \alpha (\Delta T)$, onde R_0 corresponde a resistência a temperatura 0°C e α é uma constante positiva que é função das características do metal.

Nos termistores (Fig. 36) – um aumento da temperatura acarreta uma diminuição da resistência. Isto acontece porque estes materiais, produzidos com óxido de metais como manganês, níquel, cobalto, cobre, ferro, titânio são elementos muito sensíveis a variações de temperatura, apresentando um aumento de elétrons livre com o aumento da temperatura. Como exemplos dos termistores, temos os NTC e os PTC: o primeiro com coeficiente negativo de temperatura e o segundo com coeficiente positivo. Isto significa que nos NTC a resistência diminui e nos PTC a resistência aumenta em função da temperatura.



Fig. 36 - NTC ligado a um plug tipo P2.

A relação entre resistência e temperatura nos termistores tipo NTC não é linear. A função que relaciona o valor da resistência (R) e temperatura (T), segue uma exponencial, com o seguinte aspecto:

$$R = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}, \quad (17)$$

onde R corresponde à resistência em relação à temperatura T e R_0 à temperatura T_0 . A constante β é característica do material e tem o valor entre 2500 a 4000 K.

A Eq. 17 também pode ser escrita na forma

$$\ln\left(\frac{R}{R_0}\right) = -\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right), \quad (18)$$

Assim, tem-se uma relação linear entre a variação do inverso da temperatura e o logaritmo de $\frac{R}{R_0}$, sendo β o coeficiente da reta.

V.1 - Atividades com o termistor NTC

A macro (apêndice F) desenvolvida para esta atividade tem a função semelhante às anteriores, ou seja, a de ler o valor da resistência na entrada analógica da porta de jogos.

Para isso conecte o sensor de temperatura (Fig. 36) à entrada de sinais. Em seguida, execute a macro, procurando examinar o valor da resistência obtida para diferentes temperaturas.

Nesta primeira atividade com o termistor, procure explorar o mesmo aquecendo-o com os dedos ou resfriando com um leve sopro no componente. Examine o comportamento do gráfico, procurando-o identificar se o coeficiente β possui um valor negativo ou positivo.

A Fig. 37 ilustra um gráfico obtido, com o sensor NTC, para determinadas variações de temperatura.

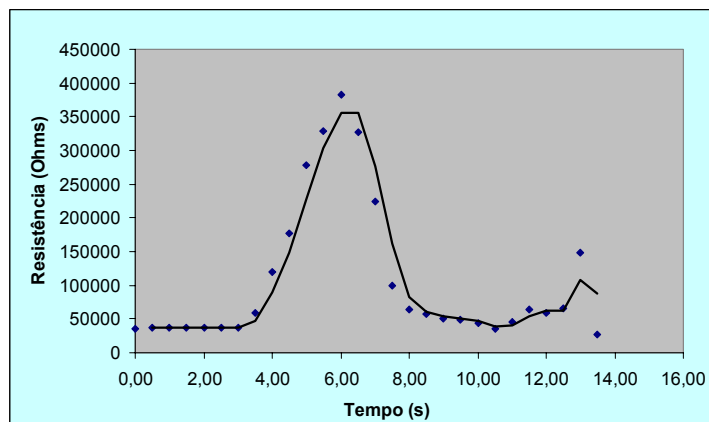


Fig. 37 - Valores de resistência obtidos nos terminais de um NTC.

V.1.1 - Determinando o coeficiente β

O objetivo desta prática é determinar os coeficiente β , definida na função (17), e a partir desse valor ajustar a curva exponencial para medidas de temperatura com o NTC.

Procedimento Experimental:

Para esta atividade há necessidade dos seguintes materiais:

- copo de Becker;
- termômetro;
- água;
- aquecedor;
- macro NTC.xls
- Caixa de entrada de sinais.

Coloque um pouco de água no Becker, posicionando o aquecedor e o termômetro de um dos lados. Após conectar o sensor à entrada de sinais, insira-o na água. Em seguida execute a macro NTC.xls (apêndice F).

Observe se a resistência medida na planilha aumenta com o aquecedor ligado. Procure anotar para diferentes valores de temperaturas os valores correspondentes da resistência (Kohms).

Construa o gráfico de R ($K\Omega$) x T (K) na planilha Excel. Observe o comportamento da resistência com o aumento da temperatura em Kelvin (K). Qual a função que melhor descreve o gráfico?

A partir da Eq. 18, procure determinar o coeficiente β da curva e em seguida use este na função dada pela Eq. 17 convertendo o valor da resistência em temperatura (K).

Na Fig. 38 tem-se um gráfico do valor da resistência R (Kohms) em função da temperatura (k) obtida para dois termistor tipo NTC.

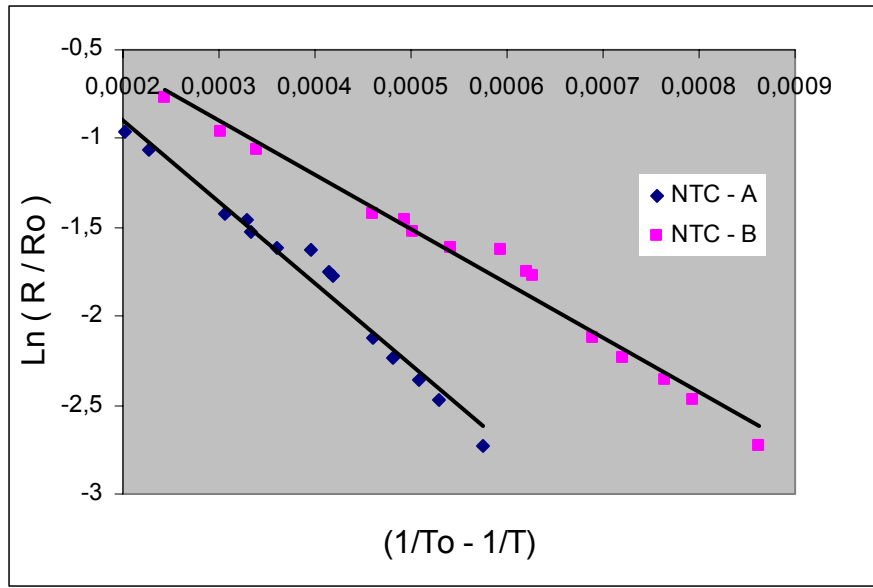


Fig. 38 - Medidas de resistência em função da temperatura de dois NTC.

Referências

AGUIAR, C.E.; LAUDARES, F. Aquisição de dados usando logo e a porta de jogos do pc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 23, n. 4, p. 371-380, dez. 2001.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 203-211, Set. 2004.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. *Macro pêndulo: Planilha Excel para leitura da entrada digital da porta de jogos*. Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/excel/tempo.html>>. Acesso em: 23 jan. 2005.

HAAG, Rafael - Utilizando a placa de som do micro PC no laboratório didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 23, n. 2, p. 176-183, jun. 2001.

APÊNDICES

Apêndice A - Macro para identificar um *byte* na entrada de *joystick*.

Apêndice A

Macro para identificar um byte na porta de *joystick*.

```
Public PortAddress As Integer
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Byte
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Byte)
Sub PalavraByte()
'Aquisicao usando MACRO do EXCELL- Identificando um byte
'jalves@pb.cefetpr.br
Dim x As Integer
x = Inp(513)
Worksheets("Byte").Cells(9, 2).Value = x
End Sub
```

Apêndice B - Macro para determinar o período de um pêndulo.

Apêndice - B

Macro para determinar o período de um pêndulo.

Option Explicit

Global Periodo As Single

Global Vangular As Single

Global i As Integer

Global Raio As Single

Global Diametro As Single

Global count As Integer

Global x0 As Integer

Global xi As Integer

Global x1 As Integer

Global t0 As Long

Global t1 As Long

Global t2 As Long

Global t3 As Long

Global t4 As Long

Global Matriz() As Long

Global PortAddress As Integer

Public Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _

Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Byte

Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _

Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Byte)

' Aquisicao usando MACRO do EXCELL - PENDULO SIMPLES

' jalves@pb.cefetpr.br

Sub Pendulo_Simples()

Raio = Worksheets("Plan1").Cells(12, 1).Value

Diametro = Worksheets("Plan1").Cells(12, 2).Value

PortAddress = &H201

23 xi = (Inp(PortAddress) And 16) / 16

```

If xi = 1 Then
t0 = timeGetTime
x0 = xi
Else
GoTo 23
End If
Do Until DoEvents
x1 = (Inp(PortAddress) And 16) / 16
If x0 <> x1 Then
t1 = (timeGetTime - t0)
t0 = timeGetTime
ReDim Preserve Matriz(count)
Matriz(count) = t1
count = count + 1
If count > 3 Then
x0 = x1
Calculos
count = 0
End If
x0 = x1
End If

Loop
End Sub
Sub Calculos()
t1 = Matriz(0)
t2 = Matriz(1)
t3 = Matriz(2)
t4 = Matriz(3)
Periodo = Format((t1 + t2 + t3 + t4) / 1000, "0.000")
Vangular = Format((Diametro / Raio) * 1000 / (t3), " 0.000")
i = i + 1
Worksheets("Plan1").Cells(i + 9, 4).Value = Periodo

```



```
Worksheets("Plan1").Cells(i + 9, 5).Value = Vangular  
ReDim Matriz(5)  
End Sub
```

Apêndice C - Macro para medida do período de rotação de um pião

Apêndice – C

Macro para medida do período de rotação de um pião

Option Explicit

Global n As Integer

Global Periodo As Single

Global Vangular As Single

Global i As Integer

Global count As Integer

Global x0 As Integer

Global xi As Integer

Global x1 As Integer

Global t As Long

Global t0 As Long

Global t1 As Long

Global t2 As Long

Global t3 As Long

Global t4 As Long

Global t5 As Single

Global Matriz() As Long

Global PortAddress As Integer

Public Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _

Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Byte

Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _

Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Byte)

' Aquisicao usando MACRO do EXCELL - Movimento de um Pião

' jalves@pb.ceftrpr.br

Sub Piao_Clique()

xi = 0

x0 = 0

```

PortAddress = &H201
23 xi = (Inp(PortAddress) And 16) / 16
If xi <> x0 Then
t0 = timeGetTime
x0 = xi
Do
x1 = (Inp(PortAddress) And 16) / 16
  If x1 <> x0 Then
    t1 = timeGetTime
    t = (t1 - t0)
    t0 = t1
    ReDim Preserve Matriz(count)
    Matriz(count) = t
    count = count + 1
    x0 = x1
  End If
Loop Until count >= 250
count = 0
Calculos
Else
GoTo 23
End If
End Sub
Sub Calculos()
Do Until count >= 250
t = Matriz(count)
n = n + 1
t3 = t + t3
count = count + 1
If n = 6 Then
  Periodo = t3 / 1000
  t5 = t5 + Periodo / 2
  Vangular = Format((6 * 3.1415) / Periodo, " 0.000")
  i = i + 1

```

```
Worksheets("Plan1").Cells(i + 9, 4).Value = t5
Worksheets("Plan1").Cells(i + 9, 5).Value = Vangular
t5 = t5 + Periodo / 2
n = 0
t3 = 0
End If
Loop
count = 0
i = 0
t5 = 0
End Sub
```

Apêndice D - Macro para medidas com sensor LDR

Apêndice - D

Macro para experimento com sensor LDR

```
' Macro1 Macro
' Macro gravada em 09/04/05 por Jalves Figueira CEFET-Pato Branco-PR
' jalves@pb.cefetpr.br
' Explorando o sensor LDR
fim = False
t0 = timeGetTime
    Do
DoEvents
    t1 = timeGetTime
    x1 = medida(0)
    t2 = timeGetTime
    t1 = (t2 + t1) / 2
    t = t1 - t0
    Cells(13 + j, "B").value = x1
        Cells(13 + j, "A").value = t / 1000
        j = j + 1
        If 160 <= j Then
t0 = timeGetTime
j = 0
End If
    If fim = True Then End
Loop
j = 0
t0 = timeGetTime
End Sub
Function medida(X As Byte) As Single
Dim m As Long
    For k = 0 To 10
        Call PortOut(PortAddress, 4)
10            m = m + 1
```

```
If GetPortBit(PortAddress, X) Then GoTo 10
```

```
Next
```

```
medida = m / 10
```

```
End Function
```

```
Sub encerrar()
```

```
  fim = True
```

```
End Sub
```


Apêndice E - Macro para o sistema massa-mola

Apêndice- E

Macro para o sistema massa-mola

Variáveis

Option Explicit

Public Declare Sub PortOut Lib "io.dll" (ByVal Port As Integer, ByVal Data As Byte)

Public Declare Function PortIn Lib "io.dll" (ByVal Port As Integer) As Byte

Public Declare Sub SetPortBit Lib "io.dll" (ByVal Port As Integer, ByVal Bit As Byte)

Public Declare Sub ClrPortBit Lib "io.dll" (ByVal Port As Integer, ByVal Bit As Byte)

Public Declare Function GetPortBit Lib "io.dll" (ByVal Port As Integer, ByVal Bit As Byte)

As Boolean

Public Declare Function IsDriverInstalled Lib "io.dll" () As Boolean

Public Const PortAddress As Integer = &H201

Public t1 As Single

Public t2 As Single

Public temp As Single

Public tempo2 As Long

Public fim As Boolean

Public x1 As Single

Public x2 As Single

Public t0 As Single

Public t As Single

Public j As Integer

'Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _

'Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Byte

'Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _

'Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal value As Byte)

Public Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

Sub Massa_mola()

' Macro1 Macro

' Macro gravada em 09/04/05 por Jalves Figueira CEFET-Pato Branco-PR

' jalves@pb.cefetpr.br

'Oscilador Harmônico Simples

fim = False

t0 = timeGetTime

Do

DoEvents

t1 = timeGetTime

x1 = medida(0)

t2 = timeGetTime

t1 = (t2 + t1) / 2

t = t1 - t0

Cells(13 + j, "B").value = x1

Cells(13 + j, "A").value = t / 1000

j = j + 1

If 160 <= j Then

t0 = timeGetTime

j = 0

End If

If fim = True Then End

Loop

j = 0

t0 = timeGetTime

End Sub

Function medida(X As Byte) As Single

Dim m As Long

For k = 0 To 10

Call PortOut(PortAddress, 4)

10 m = m + 1

If GetPortBit(PortAddress, X) Then GoTo 10

Next

medida = m / 10

End Function

Sub encerrar()

fim = True

End Sub

Apêndice F- Macro para medidas da temperatura com NTC

Apêndice - F

Macro para medidas da temperatura com NTC

Option Explicit

Public ut As Single

Public tempTotal As Single

Public te As Long

Public Ua As Integer

Public Uhum As Single

Public Udois As Single

Public k As Single

Public resistencia As Single

Public temperatura As Single

Public Const resistDois As Single = 100000

Public i As Integer

Public numeroDados As Long

Public resistzero As Single

Public tempzero As Single

Public alphazero As Single

Public alpha As Single

Public Betta As Single

Public tempHum As Single

Public tempDois As Single

Public tempo1 As Single

Public Const resistHum As Single = 3300

Public temp As Single

Public tempo2 As Long

Public tempo3 As Single

Public fim As Boolean

Public n As Long

Public j As Long

Public x As Byte

Public t As Single

```

Public PortAddress As Integer
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Byte
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal value As Byte)
Public Declare Function timeGetTime Lib "winmm.dll" () As Long

```

Option Explicit

```

Sub Macro_temp()
' Macro1 Macro
' Macro gravada em 05/08/04 por Jalves Figueira CEFET-Pato Branco-PR
'jalves@pb.cefetpr.br
n = 0
t = 0
i = 0
j = 0
fim = False
'ut = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("utempo").value
Beta = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("beta").value
'k = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("kajuste").value
'alpha = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("alpha").value
alphazero = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("constzero").value
tempo1 = Worksheets("Temp").Range("tempo").value
numeroDados = Worksheets("Temp").Range("medidas").value
PortAddress = &H201
tempo2 = timeGetTime
    Do
Uhum = medida(4)
Udois = medida(8)

        If ((timeGetTime - tempo2) / 1000) >= tempo1 Then
tempo2 = timeGetTime
        DoEvents

```

```

        Ua = medida(1)
        resistencia = ((Ua * ut) - alpha) / k
    temperatura = Betta / (Log(resistencia) - alphazero)
    Cells(13 + j, "D").value = (temperatura - 273.15)
    Cells(13 + j, "C").value = resistencia
    Cells(13 + j, "B").value = Ua * ut
    Cells(13 + j, "A").value = t
    t = tempo1 + t
    j = j + 1
    Worksheets("Temp").Range("contar").value = j

    n = 0
    End If
    If fim = True Then Exit Sub
    ut = calibUa
    k = ut * (Uhum - Udois) / (resistHum - resistDois)
    alpha = (ut * Uhum) - (k * resistHum)

    Loop Until numeroDados <= j
j = 0
End Sub
Sub parar()
    fim = True
End Sub

Function medida(x As Byte) As Integer
    n = 0
    For i = 1 To 100
        Call Out(&H201, 4)
10         n = n + 1
        If ((Inp(PortAddress) And x) / x) = 1 Then GoTo 10
    Next
    medida = CInt(n / 100)
End Function

```

```

Sub ajustel()
PortAddress = &H201
tempo2 = timeGetTime
    Do
        If ((timeGetTime - tempo2) / 1000) >= 0.5 Then
            tempo2 = timeGetTime
            Uhum = medida(4)
            j = j + 1
            End If
        Loop Until j >= 1
        Worksheets("Ajuste Sensor").Range("Uhum").value = Uhum
    j = 0
End Sub

Sub ajuste2()
PortAddress = &H201
tempo2 = timeGetTime
    Uhum = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("Uhum").value
    Do
        If ((timeGetTime - tempo2) / 1000) >= 0.5 Then
            tempo2 = timeGetTime
            Udois = medida(8)
            j = j + 1
            End If
        Loop Until j >= 1
        Worksheets("Ajuste Sensor").Range("Udois").value = Udois
    j = 0
ut = calibUa
k = ut * (Uhum - Udois) / (resistHum - resistDois)
alpha = (ut * Uhum) - (k * resistHum)
Worksheets("Ajuste Sensor").Range("kajuste").value = k
Worksheets("Ajuste Sensor").Range("utempo").value = ut
Worksheets("Ajuste Sensor").Range("alpha").value = alpha
End Sub

```



```

Sub ajustentc()
ut = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("utempo").value
k = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("kajuste").value
alpha = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("alpha").value
Beta = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("beta").value
tempzero = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("tempzero").value
resistzero = Worksheets("Ajuste Sensor").Range("resistzero").value
PortAddress = &H201
tempo2 = timeGetTime
alphazero = (Log(resistzero)) - (Beta / (273.15 + tempzero))
Worksheets("Ajuste Sensor").Range("constzero").value = alphazero

End Sub

Function calibUa() As Single
n = 0
te = timeGetTime
For i = 1 To 100
    Call Out(&H201, 4)
10     n = n + 1
    If ((Inp(PortAddress) And 2) / 2) = 1 Then GoTo 10
Next
tempTotal = (timeGetTime - te) / 1000
calibUa = (tempTotal) / n
End Function

```

Anexo A – Sistemas numéricos

Anexo - A

Este Anexo é parte do trabalho da dissertação de **Forgiarini, L. S. (2005)**

Precisão nas medidas

As informações captadas pela entrada analógica da porta de jogos são sinais elétricos entre 0 e 5 V. Cabe à interface A/D converter o valor analógico de entrada em um número binário proporcional ao analógico.

A Figura 1 representa um esquema de conversão de um sinal elétrico em sinal digital por um conversor de 8 bits, que permite 256 ($2^8 = 256$) distintos valores. A frase 00000000 corresponde ao menor valor de tensão (0V) e a frase 11111111 ao máximo valor de tensão (5 ou 10 V). Outros 254 valores intermediários são possíveis.

Como fica a precisão da medida ao ser feita a conversão do sinal de entrada analógico em sinal digital? Vejamos alguns exemplos.

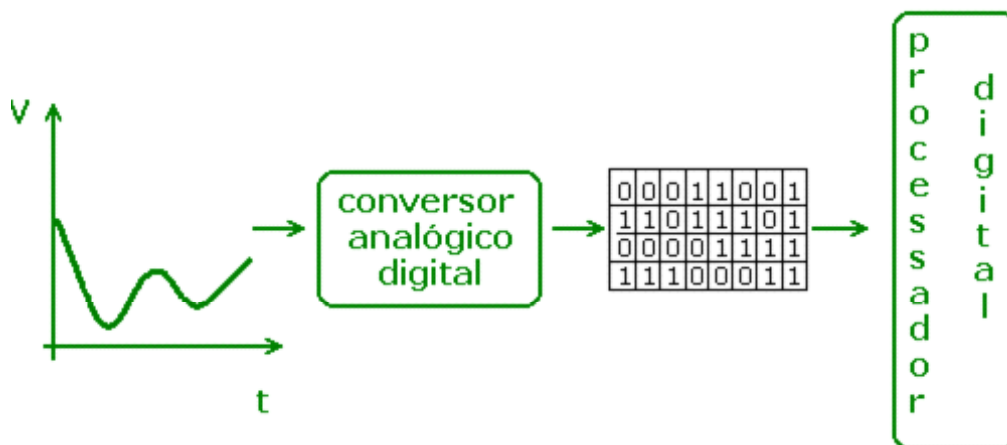


Fig. 1 – Representação de conversão de um sinal analógico em digital.

Exemplo 1 - Suponha que tenhamos um valor de tensão de 5 V na entrada de um conversor de 3 bits. Para três bits teremos 8 combinações possíveis (2^3) para as frases binárias: **(0 0 0)**, **(0 0 1)**, **(0 1 0)**, **(0 1 1)**, **(1 0 0)**, **(1 0 1)**, **(1 1 0)**, **(1 1 1)**. Cada uma destas frases representa um intervalo de $5/8V$ (0,625 V). A Tabela 1 mostra estas oito combinações e o intervalo de tensão entre as frases de 3 bits, enquanto na Figura 2, o correspondente gráfico é apresentado.

Desafio: Se o sinal elétrico de entrada gerado pelo sensor for de 1,5 V, qual a frase binária que será transmitida ao processador?

Resposta: Será a de referência 3, **(0 1 0)**. Observe que qualquer valor entre 1,25 e 1,875V será transmitido ao processador por esta mesma frase.

Tabela 1 – Combinação de possíveis frases para um conversor de três bits.

Tensão (V)	Frases	Referência
0 – 0,625	0 0 0	1
0,625 – 1,25	0 0 1	2
1,25 – 1,875	0 1 0	3
1,875 – 2,5	0 1 1	4
2,5 – 3,125	1 0 0	5
3,125 – 3,75	1 0 1	6
3,75 – 4,375	1 1 0	7
4,375 – 5,0	1 1 1	8

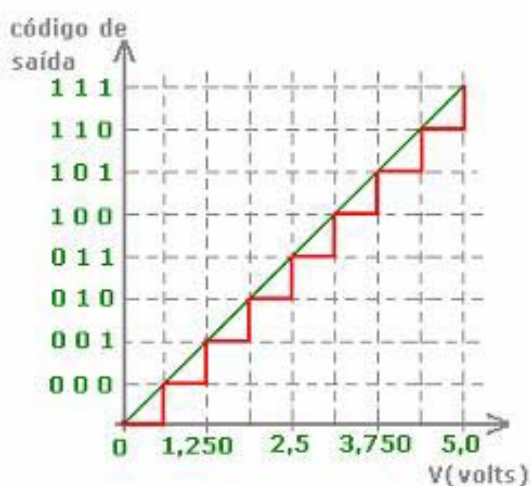


Fig. 2 – Código de saída x sinal de entrada.

Exemplo 2 - Suponha que tenhamos um valor de tensão de 5 V na entrada de um conversor de 4 bits. Para quatro bits teremos 16 combinações (frases) possíveis (2^4). Cada uma destas frases representa um intervalo de $5/16V$ (0,3125 V). A Tabela 2 mostra estas dezesseis combinações e o intervalo de tensão entre as frases de 4 bits e a Figura 3, o correspondente gráfico.

Nas representações gráficas de 3 bits e de 4 bits (Figuras 2 e 3), podemos observar claramente que ao aumentarmos o número de bits obtemos maior precisão na conversão do sinal de entrada. Podemos dizer que:

“maior número de bits \Rightarrow maior precisão na conversão \Rightarrow sistema com maior resolução.”

Tabela 2 –Algumas das combinações de possíveis frases para um conversor de quatro bits.

Tensão (V)	Frases	Referência
0 – 0,3125	0 0 0 0	1
0,3125 – 0,625	0 0 0 1	2
0,625 – 0,9375	0 0 1 0	3
0,9375 – 1,25	0 0 1 1	4
1,25 – 1,5625	0 1 0 0	5
...
4,275 – 4,6175	1 1 0 1	15
4,6175 – 5,0	1 1 1 1	16

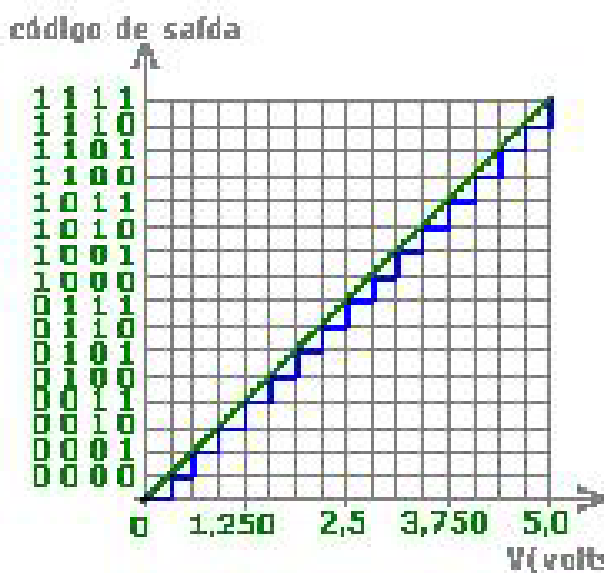


Fig. 3 – Código de saída x sinal de entrada.

Tabela 3 - Valores para diferentes conversores.

Nº de bits na saída	Canais	Intervalo de discriminação (V)
3	8	0,625
4	16	0.3125
8	256	0,00390625
12	4096	0,000244141
14	16384	6,10352E-05
16	65536	1,52588E-05

Sistemas numéricos: decimal e binário

Propomos fazer uma breve revisão do sistema usual na nossa linguagem matemática: o sistema numérico decimal. A partir desta revisão exploramos o sistema binário, que é o sistema utilizado pelos microcomputadores.

A base de qualquer sistema de numeração é dada pelo número de símbolos diferentes no qual está baseado. O sistema decimal tem dez símbolos, portanto, a potência utilizada é 10, o sistema binário tem somente dois símbolos, a potência utilizada é 2, o sistema octal tem 8 dígitos por base e o hexadecimal, 16. O sistema binário foi criado no século dezessete pelo matemático alemão, Golttfried Wilhelm Von Leibniz.

Lembremos que na soma de decimais, ao se somar a unidade (1) ao maior dígito (9) se reproduz o menor dígito (0) e leva-se uma unidade para a casa decimal superior. Assim $1 + 9 = 10$. Analogamente ocorre na soma de binários. Ao se somar a unidade (1) ao maior dígito binário (1), obtém-se o menor dígito (0) e leva-se uma unidade à casa mais à esquerda. Assim: $01 + 01 = 10$.

Como exercício, considerar a soma de alguns dos números binários e o valor correspondente no sistema decimal, conforme consta na Tabela 6.

Da mesma forma que acontece no sistema decimal, também temos números que são expressos em potências de expoente negativo. Por exemplo o número binário 0,001 corresponde ao número 0,125 no sistema decimal, pois

$$0 \times 2^{-1} = 0$$

$$0 \times 2^{-2} = 0$$

$$1 \times 2^{-3} = 1 \times 1/8 = 0,125$$

$$\text{Soma} = 0 + 0 + 1/8 = 0,125$$

Tabela 5: Exemplos de números escritos na base decimal e binária.

Decimal	Binário	Decimal	Bin
$1 = 2^0$	0001	$8 = 2^3$	1000
$2 = 2^1$	0010	$9 = 2^1 + 2^3$	1001
$3 = 2^1 + 2^0$	0011	$10 = 2^1 + 2^3$	1010
$4 = 2^2$	0100	$11 = 2^0 + 2^1 + 2^3$	1011
$5 = 2^0 + 2^2$	0101	$12 = 2^2 + 2^3$	1100
$6 = 2^1 + 2^2$	0110	$13 = 2^0 + 2^2 + 2^3$	1101
$7 = 2^0 + 2^1 + 2^2$	0111	$14 = 2^1 + 2^2 + 2^3$	1110

Tabela 6: Soma de números na base decimal e binária.

Binário	Decimal
$0001 + 0001 = 0010$	$1 + 1 = 2$
$0001 + 0010 = 0011$	$1 + 2 = 3$
$1000 + 1010 = 10010$	$8 + 10 = 18$
$0010 + 0001 + 0001 = 0100$	$2 + 1 + 1 = 4$
$0101 + 0110 + 1000 = 10011$	$5 + 6 + 8 = 19$

Agora veremos a conversão da base decimal para a base binária. Na Figura 26 exemplificamos esta conversão.

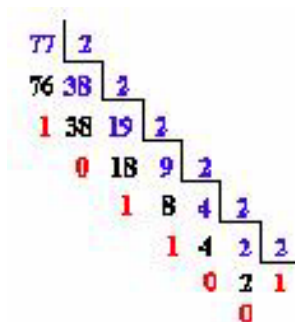


Fig.26 – Exemplo de conversão de base decimal para binária.

Assim, $77_{(10)} = 1001101_{(2)}$

Dica: Interessante ilustração animada para a visualização de dimensões microscópicas a astronômicas pode ser encontrada no endereço:

<http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>.