



Universidade Federal do ABC

Roteiro: Experimento #1 Dimensões e densidades de sólidos

Edição: 2º Quadrimestre 2012

**“O LIVRO DA NATUREZA ESTÁ ESCRITO EM CARACTERES MATEMÁTICOS”
(GALILEU GALILEI)**

Objetivos:

- Aprender a utilizar o paquímetro, o micrômetro e a balança digital para fazer medições, avaliando suas incertezas.
- Medir a massa e as dimensões de peças sólidas de diferentes formatos e materiais.
- Calcular o volume de uma das peças sólidas e a densidade do material com o qual é construída esta peça.
- Calcular a incerteza no valor do volume e densidade a partir da incerteza das medições.
- Identificar o material da peça.

1- Introdução

Para realizar medidas de dimensões de sólidos podemos utilizar uma régua comum, cuja menor divisão normalmente é o milímetro. No entanto, para se obter melhor precisão nas medidas, ou seja, medir décimos ou centésimos de mm, não bastaria acrescentar mais traços numa régua comum. Existem instrumentos para medidas com resolução da ordem de 0,01 mm ou até 0,001mm, como os paquímetros e os micrômetros que serão utilizados neste experimento.

Nas medidas diretas das dimensões, haverá vários fatores afetando as medições realizadas e que irão contribuir para o cálculo das incertezas associadas aos valores medidos: defeitos na fabricação das peças (prevenindo que sejam formas geométricas perfeitas); limitações dos instrumentos (resolução finita, linearidade, ruídos, etc...); dificuldades associadas ao método de medida; variações obtidas na repetição de uma mesma medida, seja ela efetuada por um mesmo operador ou por vários; erros sistemáticos que afetam todas as medidas (por exemplo, devido ao fato de um instrumento estar desajustado). Neste experimento serão analisadas e estimadas estas incertezas, classificadas entre incertezas do tipo A (*estatísticas*) e do tipo B (*não estatísticas*) que serão utilizadas para o cálculo da *incerteza combinada* de cada medida.

Muitas vezes, a medida desejada é feita de forma indireta, a partir de medidas diretas. Por exemplo, para determinar a densidade do material com o qual é construída uma peça sólida, pode-se utilizar a relação:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

onde ρ é a densidade do sólido, m e V são a massa e o volume do sólido, respectivamente. A massa poderá ser medida diretamente utilizando-se uma balança digital. Se a peça sólida for cilíndrica, podemos utilizar a expressão:

$$V = \pi R^2 A \quad (2)$$

e obter o volume a partir das medidas do diâmetro= $2R$ (R = raio do cilindro) e da altura A . Nota-se então que a incerteza no valor do volume dependerá das incertezas associadas às medições do diâmetro e da altura. O valor da densidade do sólido também será obtido indiretamente, através da medida da massa e do valor do volume. Assim, tanto a incerteza no volume quanto a incerteza na densidade serão calculadas através do procedimento denominado *propagação de incertezas*, utilizado sempre que uma grandeza não é medida diretamente, mas é função de outras medidas diretas.

A utilidade na determinação da *incerteza associada* a uma grandeza na qual se tem interesse (*mensurando*) é poder estabelecer um intervalo de confiança, dentro do qual o experimentador espera que esteja situado o valor da grandeza. Neste experimento, espera-se obter o intervalo $[V \pm \Delta V]$ do volume de peças sólidas e o intervalo $[\rho \pm \Delta \rho]$ das densidades dos materiais das peças, já que na prática, é impossível conhecer os valores exatos verdadeiros dessas grandezas.

Finalmente, comparando-se o resultado final da densidade com valores típicos da densidade de alguns materiais (Tabela I), deverá ser possível tentar identificar o material com o qual foi construída uma das peças do laboratório.

Tabela I – Densidade típica de alguns materiais

Material	Densidade (g/cm³)
Alumínio	2,70
Latão	8,93
Ferro	7,87
Cobre	8,92
Acrílico	1,19
Polipropileno	0,91
PVC rígido	1,40
Nylon	1,12
Polietileno	0,95
Vidro	2,0-2,9

2- Medidas das dimensões dos sólidos

As medidas das dimensões das peças sólidas serão realizadas com três instrumentos de resolução diferente: uma régua milimetrada, um paquímetro e um micrômetro manuais. Em instrumentos com escalas simples, como a régua milimetrada,

considera-se normalmente que a resolução seja a principal fonte da incerteza instrumental, estimada como sendo a metade da menor divisão da escala.

2.1- Paquímetro

O paquímetro (Figura 1) permite obter medições externas, internas e de profundidade de uma peça (Figura 2), com resolução de décimos ou centésimos de mm. O paquímetro tem um cursor móvel (que desliza sobre uma haste) no qual se encontram: parte da orelha, o encosto móvel e a gravação da escala especial (*nonio* ou *vernier*), que permite efetuar leituras de frações da menor divisão da escala. O procedimento para leitura de um paquímetro exige conhecimento e atenção.

A escala do nonio pode estar dividida em 10, 20 ou 50 partes iguais. O paquímetro está construído de tal forma que a *resolução* da medida será o menor valor da escala fixa (régua) (em geral igual a 1mm) dividida pelo número de divisões da escala móvel (nonio), ou seja, respectivamente:

Nonio com 10 divisões: $1/10 = 0,1\text{mm}$

Nonio com 20 divisões: $1/20 = 0,05\text{mm}$

Nonio com 50 divisões: $1/50 = 0,02\text{mm}$

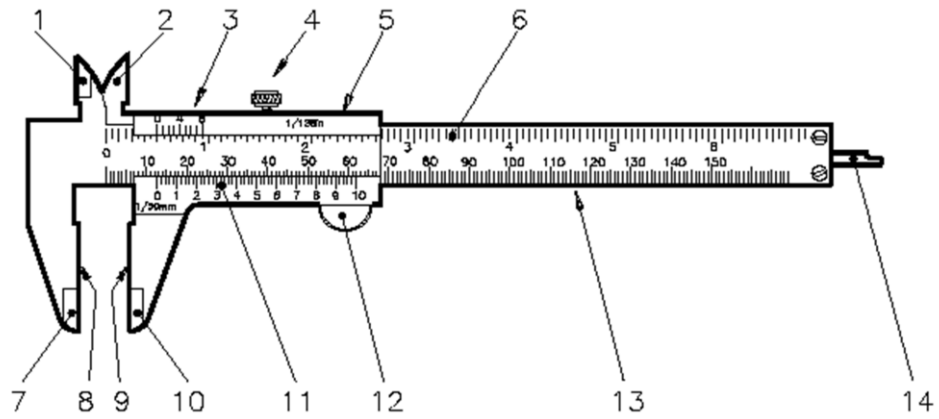
A incerteza associada à resolução pode ser considerada como a metade da menor divisão do nonio, ou apenas como a menor divisão do nonio (principalmente no caso de nonio com 50 divisões, em que as divisões são muito pequenas). Na Figura 3 está representado um paquímetro com nonio de 20 divisões (resolução de 0,05 mm e incerteza “instrumental” de medida igual a 0,025mm).

Para se fazer a medida com o paquímetro, deve-se fazer primeiramente a leitura na régua (escala fixa) do valor (com resolução em mm) onde está posicionado o zero do nonio. Em seguida, deve-se observar qual o traço do nonio que coincide exatamente com um traço da escala fixa. A leitura do traço coincidente do nonio fornecerá os décimos ou centésimos de milímetros da medida. Um exemplo de medida está apresentado na Figura 4, com um paquímetro de nonio com 10 divisões (resolução de 0,1mm e incerteza de medida de 0,05mm). Um simulador de prática de leitura de um paquímetro com precisão de 0,05mm encontra-se na referência [9].

Em todas as medidas com paquímetro, deve-se estar atento com os seguintes cuidados:

- Garantir um contato suave com as superfícies da peça a ser medida, para não danificá-la, nem resultar em medidas falsas.
- Manter a posição correta do paquímetro em relação à peça, pois inclinações do instrumento alteram as medidas.
- Limpar as superfícies de encosto antes de realizar as medidas, e posicionar a peça a ser medida entre os encostos (e não entre os bicos).
- Manter o instrumento em posição perpendicular aos olhos para reduzir a incerteza da leitura ligada à paralaxe.

Outras instruções úteis sobre o uso do paquímetro podem ser encontradas na referência [10].



1. Orelha fixa	8. Encosto fixo
2. Orelha móvel	9. Encosto móvel
3. Nónio (polegada)	10. Bico móvel
4. Parafuso de trava	11. Nónio (milímetro)
5. Cursor	12. Impulsor
6. Escala fixa de polegadas	13. Escala fixa de milímetros
7. Bico fixo	14. Haste de profundidade

Figura 1- Componentes do paquímetro (Ref. [8])

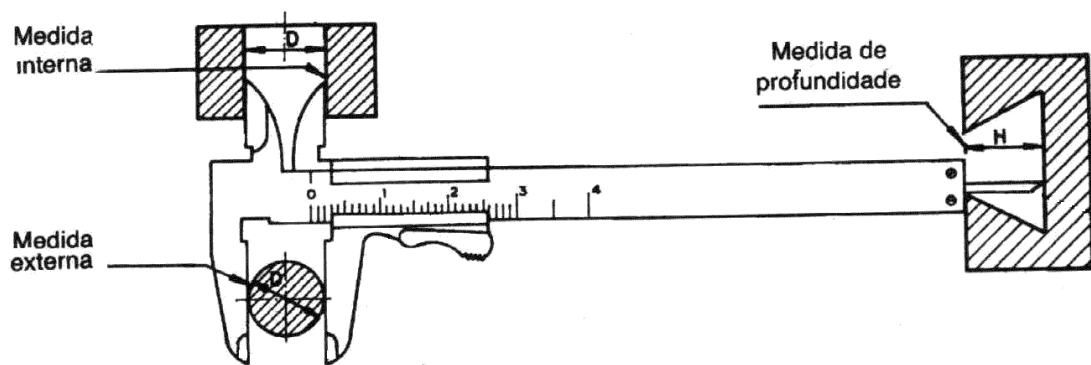


Figura 2- Formas de utilização do paquímetro (Ref. [8])

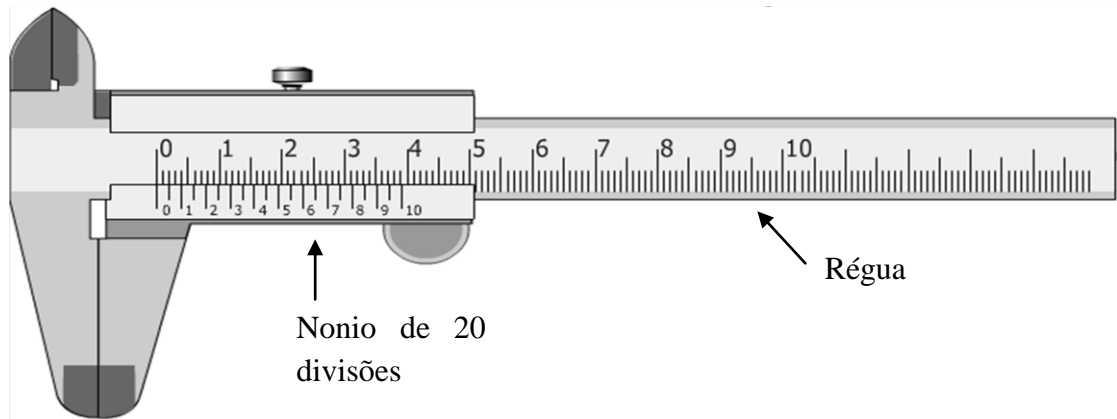


Figura 3- Paquímetro com nonio de 20 divisões (Ref. [8])

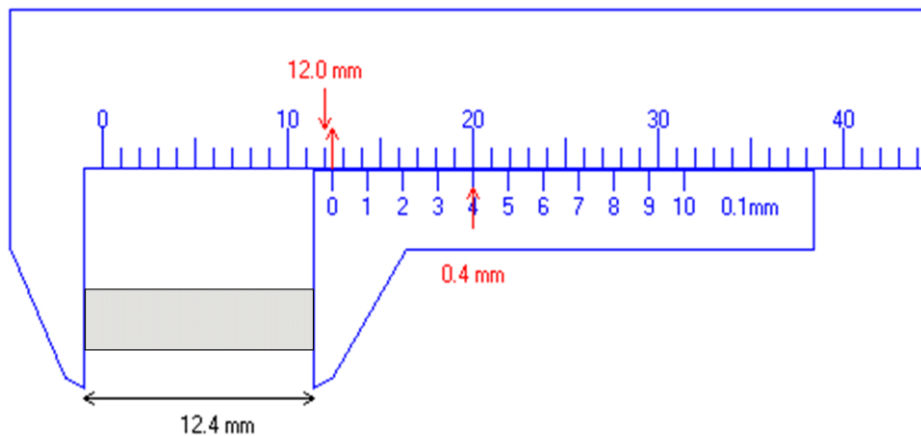


Figura 4- Exemplo de medida com paquímetro, com nonio de 10 divisões (Ref. [8])

2.2- Micrômetro

A ideia do micrômetro (Figura 5) é fazer um “zoom” entre as menores divisões de uma régua, como se fosse uma lente de aumento, através da ação de um parafuso. Cada volta completa da peça denominada tambor (escala móvel) equivale à volta de um parafuso, e corresponde a um passo, que é a distância entre dois filetes do parafuso. Assim, se um passo mede 0,5mm e o tambor tem 50 divisões, cada divisão corresponde a $0,5\text{mm}/50=0,01\text{mm}$. A incerteza “instrumental” é normalmente considerada como sendo metade do valor desta divisão, ou seja, 0,005mm. O estribo (ou arco), a catraca (parafuso micrométrico) e as pontas de medição (esperas) são feitas de material especial de forma a evitar tensões e dilatação devido ao calor, fornecendo a dureza necessária

para evitar desgaste devido ao atrito. O procedimento para leitura de um micrômetro deve ter as etapas:

- Colocar o objeto a ser medido entre as faces das esperas.
- Girar o tambor até que as faces encostem suavemente no objeto.
- Em seguida, utilizar a catraca, que está devidamente regulada para oferecer a pressão necessária para realizar a medida. Tentar utilizar sempre o mesmo número de estalos em todas as medidas.
- Não usar força para fazer a medida.

Nota: nunca aplicar pressão à peça, a não ser por meio da catraca. A ideia deste procedimento é que a medição realizada possa ser repetida por outro operador, sem que a força tenha efeito significativo sobre a incerteza da medição.

- **Não ultrapassar o limite máximo de medida do micrômetro**
- Identificar o traço da escala fixa (retilínea) visível antes da borda do tambor. Manter os olhos alinhados para evitar erros de paralaxe.
- Identificar no tambor a fração da medida.
- Somar os valores das leituras da escala linear com a da escala circular e a indicação do nonio.
- Ao terminar a medida, colocar as esperas próximas (com um vão de 1 a 2 mm). Não deixar o micrômetro aberto e nem com as esperas pressionadas.

Na Figura 6 estão apresentados exemplos de medidas no micrômetro. No primeiro caso, o último traço visível é 0,5 (o risco de referência ainda não coincide com o traço 1). O tambor indica a divisão 49,0 (onde 0,0 é o algarismo duvidoso da leitura). Assim, a leitura final é dada pela soma $L = 0,5 + 49,0 \times 0,01 = 0,990$ mm. A incerteza é dada por metade do valor da divisão da escala móvel, ou seja, 0,005mm. No segundo caso, o último traço visível da escala fixa é 4,5. O tambor indica 32,1 divisões (0,1 é o algarismo duvidoso). A leitura final é dada por: $L = 4,5 + 32,1 \times 0,01 = 4,821$ mm.

O micrômetro do laboratório possui, além do tambor, um nonio (similar ao do paquímetro), que permite medidas com resolução de 0,001 mm (incerteza de 0,0005mm). Na Figura 7 está um exemplo de leitura com o micrômetro de nonio. Lembrar que deve ser identificado o traço do nonio que coincide com algum traço do tambor. O último algarismo da medida será então o valor deste traço do nonio. A incerteza neste caso pode ser adotada como metade da menor divisão do nonio.

O uso destes instrumentos de medida de dimensões foi bastante simplificado com o aparecimento dos paquímetros e micrômetros com visor digital (Figura 8). Neste caso, a indicação da escala é feita de forma magnética ou eletro-óptica, e a incerteza é fornecida pelo fabricante, sendo normalmente a resolução do último dígito da escala. Apesar dos instrumentos digitais estarem se tornando comuns e baratos, ainda é fundamental que os engenheiros saibam o princípio de operação dos vários instrumentos disponíveis para medidas de dimensões, garantindo a compreensão das diversas fontes de incerteza e como utilizá-los de forma correta.

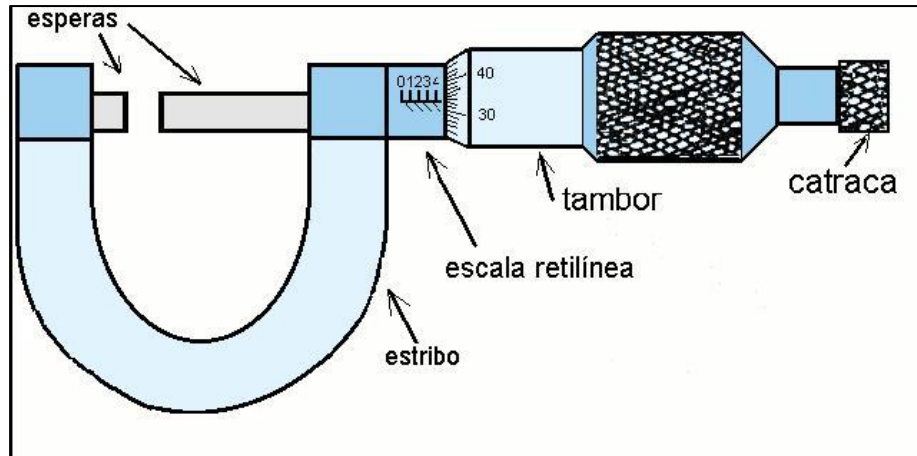


Figura 5- Micrômetro (Ref. [2])

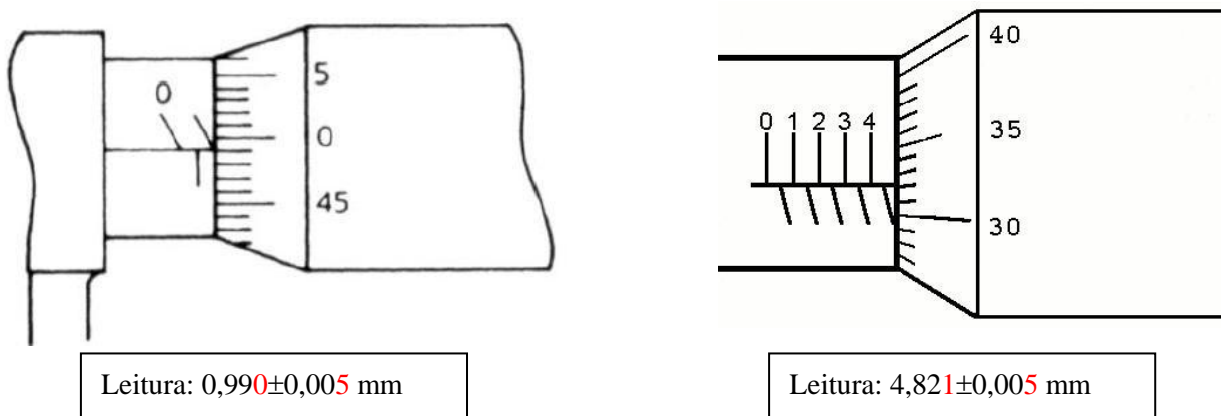


Figura 6- Exemplo de leituras com o micrômetro (Ref. [2])

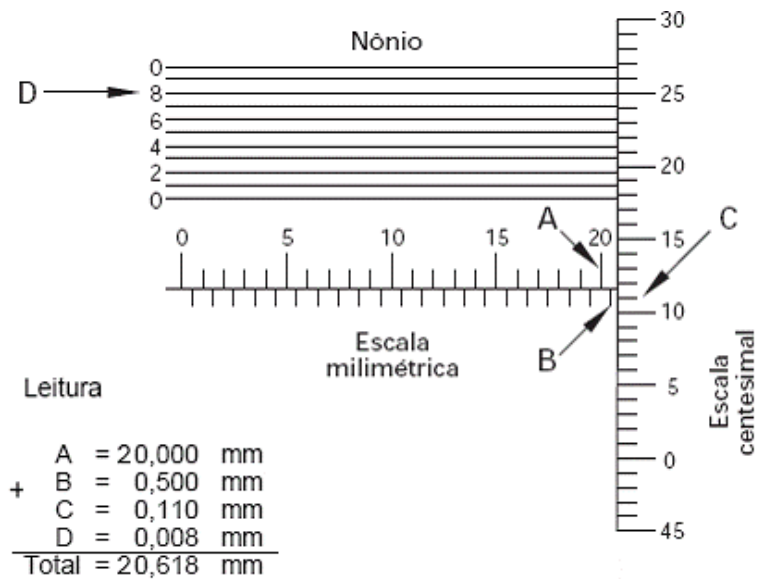


Figura 7- Exemplo de leitura com o micrômetro com nonio (Ref. [11])



Figura 8- Paquímetro e Micrômetro com visor digital

3- Medidas da massa

A medida da massa da peça cilíndrica será feita com uma balança digital (Figura 9). A resolução da balança (ou seja, o menor dígito de medida) é $d=0,01\text{g}$. No entanto, o valor da incerteza deste instrumento (conforme especificado em norma técnica) é definido pelo fabricante, devendo ser considerado como o valor de $e=0,1\text{g}$. Este exemplo mostra que nem sempre a resolução do equipamento é a fonte principal da sua incerteza. No caso da balança, há aspectos no seu uso que são uma ordem de grandeza mais importante. Assim-deve-se mantê-la sempre nivelada e evitar movê-la de sua posição (por exemplo, em balanças analíticas a calibração deve ser feita exatamente no mesmo lugar em que será utilizada); - zerar a balança antes de efetuar cada medição (através da tecla “TARA”, reduzindo-se efeitos de deriva térmica dos componentes); posicionar a peça no centro do prato e utilizá-la sempre conforme especificado pelo fabricante.



Figura 9- Balança Digital

4- Cálculos dos valores e incertezas

4.1 – Medidas diretas

No caso de medidas diretas (neste experimento, por exemplo, o diâmetro D , a altura A e a massa m da peça cilíndrica), os valores obtidos serão afetados por incertezas do tipo A (*estatísticas*) e do tipo B (*não estatísticas*). A *incerteza combinada* será composta pelas incertezas do tipo A e do tipo B.

As incertezas do tipo B incluem a incerteza instrumental (fornecida pelo fabricante ou dependente da escala do instrumento) e outras incertezas e que não serão medidas de forma estatística, como por exemplo: incerteza no processo de calibração dos instrumentos; precisão mecânica de construção do paquímetro e do micrômetro; posicionamento incorreto das peças durante a medição; imprecisões na escala da régua; efeito de temperatura nas escalas dos instrumentos não previsto pelo fabricante, etc...

Alguns destes erros sistemáticos podem ser identificados e corrigidos no resultado final da medida. No entanto, os *erros sistemáticos residuais* que dão origem às incertezas do tipo B devem ser considerados no cálculo da incerteza combinada.

Se não houver nenhum outro erro sistemático significativo afetando uma medição, a fonte de incerteza do tipo B mais importante poderá ser considerada como sendo a incerteza instrumental definida pelo fabricante, ou estimada a partir de sua resolução.

O resultado de uma medição é também afetado por erros estatísticos, que resultam de variações aleatórias temporais ou espaciais que não podem ser controladas (por exemplo, vibrações que introduzem variações na medição de uma massa com uma balança, ou flutuações na temperatura ambiente). Estes erros podem ser reduzidos, repetindo-se várias vezes a medida de interesse, e calculando-se a variação estatística que ocorre no resultado. Naturalmente esta redução só pode ser feita se o mensurando permitir (por exemplo, pode ser impossível medir várias vezes a mesma propriedade em ensaios destrutivos, ou medir várias vezes a massa de líquidos que naturalmente evaporam com o passar do tempo). A partir dos cálculos estatísticos, obtém-se a incerteza do tipo A.

Faz-se então o cálculo da *incerteza combinada*, compondo-se a incerteza do tipo B, u_B , com a incerteza estatística do tipo A, u_A (sendo esta dada, por exemplo, pelo *desvio padrão da média* do conjunto de medidas feitas):

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (3)$$

Deve-se também ressaltar que na expressão (3) pode ocorrer de uma incerteza ser dominante (por exemplo 10 vezes maior) que a outra, tal que, na prática, essa outra incerteza deve ser desprezada no cálculo da incerteza combinada.

Vale aqui lembrar os conceitos estatísticos empregados no caso de **medidas repetidas**:

Valor médio: é a média de n medições independentes de uma grandeza, realizada em condições idênticas (o mesmo equipamento, mesmo operador).

$$x_{\text{médio}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

Nota: Na prática, o valor médio será mais preciso quanto maior for o número de medições n . Assim, sempre que possível o mensurando deve ser escolhido como sendo um valor médio de um número elevado de medições.

Variância experimental de um conjunto de n medidas é a média do quadrado dos desvios (diferença entre o valor medido e a média), calculada para $(n-1)$:

$$s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum (x_i - x_{\text{médio}})^2 \quad (5)$$

Desvio padrão experimental é a raiz quadrada positiva da variância e caracteriza a **variabilidade** dos valores medidos em relação à sua média:

$$u = +\sqrt{s^2} \quad (6)$$

Desvio padrão da média é a incerteza final correspondente aos efeitos estatísticos das medições de um mensurando definido com sendo a média de n medições. Estatisticamente, a expressão abaixo pressupõe que o conjunto de n medidas da grandeza x , resultando num valor médio $x_{\text{médio}}$ seja repetido k vezes, de forma a se calcular o desvio para os k valores médios obtidos para a grandeza.

$$u_m = u_A = \sqrt{\left(\frac{s^2}{n}\right)} \quad (7)$$

Nota: Na prática, o *desvio padrão da média* será considerado como sendo a melhor estimativa para a incerteza u_A mesmo se não houver a repetição do conjunto de n medidas da grandeza x . Nota-se também que o valor de u_A reduz-se quanto maior for o número de medições n .

4.2 – Propagação de incertezas

No caso do mensurando ser obtido de forma indireta, isto é, como função de medidas diretas, a *incerteza combinada* do resultado será calculada através do procedimento de *propagação de incertezas*.

Assim, no caso do volume da peça cilíndrica, tem-se que:

$$V = \pi R^2 A = \pi \frac{D^2}{4} A \quad (8)$$

A expressão geral para o cálculo da propagação de incertezas, no caso de uma grandeza G que depende de duas variáveis X e Y é:

$$u_G = \sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial X} \cdot u_X\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial Y} \cdot u_Y\right)^2} \quad (9)$$

onde $\frac{\partial G}{\partial X}$ e $\frac{\partial G}{\partial Y}$ representam as derivadas parciais da grandeza G com relação a X e Y , respectivamente. Deve-se notar que esta expressão é válida quando as incertezas nas variáveis X e Y , ou seja, u_X e u_Y **são completamente independentes entre si**.

No caso do volume do cilindro, que é função das variáveis D e A , tem-se que:

$$u_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D} \cdot u_D\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial A} \cdot u_A\right)^2} \quad (10)$$

Deve ser verificado, a partir da expressão (9) que:

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \pi \frac{D}{2} A \quad \text{e} \quad \frac{\partial V}{\partial A} = \pi \frac{D^2}{4}$$

Portanto:

$$u_V = \sqrt{\left(\pi \frac{D}{2} A \cdot u_D\right)^2 + \left(\pi \frac{D^2}{4} \cdot u_A\right)^2} \quad (11)$$

Nota: Neste experimento, as variáveis D e A serão medidas normalmente com o mesmo instrumento, e portanto não podem ser consideradas totalmente independentes. Neste caso, a expressão geral (12) estaria incompleta, e deveria incluir termos adicionais, envolvendo as chamadas *covariâncias* [7], que não serão abordadas no nosso estudo.

Para o caso da determinação da densidade do material, aplicamos o procedimento de propagação de incertezas (expressão (9)) à expressão (1) obtendo:

$$u_\rho = \sqrt{\left(\frac{1}{V} \cdot u_m\right)^2 + \left(\frac{-m}{V^2} \cdot u_V\right)^2} \quad (12)$$

5- Parte Experimental

Para realização deste experimento, cada equipe utilizará uma régua plástica, um paquímetro, um micrômetro, uma balança digital e várias peças sólidas.

Atenção:

- Ao final das medições ou dos cálculos, faça os arredondamentos necessários de forma a apresentar valores e incertezas sempre com o **mesmo número de casas decimais**.
- As incertezas deverão possuir **no máximo dois algarismos significativos**.
- Não se esqueça de identificar claramente nas Tabelas **as unidades** dos valores apresentados!

5.1 – Medidas da massa e das dimensões dos sólidos

- a) Inicialmente, anote a marca e o modelo, os valores do fundo de escala (maior leitura possível) e da menor divisão da escala (resolução de medida) dos instrumentos que serão utilizados (régua, paquímetro, micrômetro e balança digital). Determine as respectivas “*incertezas instrumentais*” de todos eles. Lembre-se de que no caso do paquímetro e do micrômetro, deve ser verificada a menor divisão do nonio. Monte uma tabela (**Tabela 1**) com estes dados.
- b) Meça cuidadosamente as massas de todas as peças fornecidas com a balança digital (Não se esqueça de zerar a balança antes de fazer a medida) e anote os valores das medidas, juntamente com suas incertezas e a unidade correspondente. Monte uma tabela com estes resultados (**Tabela 2**).
- c) Analise as peças sólidas e defina quais as dimensões importantes em cada uma, de forma a ser possível fazer o cálculo de seus respectivos volumes. Monte uma tabela com as *expressões matemáticas* para o cálculo do volume de cada peça (**Tabela 3**).
- d) Meça as dimensões de todas as peças fornecidas, utilizando (**sempre que possível e sem exceder os limites de cada um**) os três instrumentos: régua, paquímetro e micrômetro. **Atenção:** Cada membro da equipe deverá realizar todas as medidas em todas as peças. Desta forma, cada equipe terá 4 medições para serem utilizadas posteriormente. Organize **tabelas** para conter cada conjunto de medidas (**uma tabela por peça**).

Questão 1: Analisando seus dados e as dificuldades encontradas, quais são suas conclusões sobre a precisão e as limitações das medidas realizadas com a régua, o paquímetro e o micrômetro?

Questão 2: Como as imperfeições mecânicas das peças afetaram as medidas das dimensões ?

5.2 – Cálculos dos valores e incertezas

Escolha agora **uma** das peças que foram medidas e realize os cálculos especificados a seguir, **apenas para a peça escolhida**.

- a) Faça os cálculos das médias, variâncias e desvio padrão da média (adote-o como sendo a incerteza tipo A, estatística) para cada uma das dimensões da peça medida escolhida, e para cada instrumento de medida utilizado.
- b) Determine a *incerteza combinada* (levando em conta a incerteza instrumental- combinada a outras incertezas do tipo B que tiver observado, como a paralaxe, por exemplo; e a incerteza do tipo A) das dimensões da peça obtidas com cada instrumento.
 - b) Agora, utilizando **apenas** os valores obtidos **com o paquímetro**, calcule o valor V do volume da peça escolhida.
- c) Empregando as incertezas combinadas das dimensões e o procedimento de *propagação de incertezas*, determine a expressão para a *incerteza combinada* associada ao valor do volume da peça escolhida. Apresente esta expressão e faça o cálculo correspondente.

Questão 3: No caso da peça cilíndrica, como uma variação na medida do raio afeta o valor do volume ? Esta variação no valor do volume é a mesma para qualquer valor de R ?

- d) A partir dos resultados obtidos para o volume e a massa da peça, calcule a densidade do material.
- e) Faça o cálculo da incerteza na determinação da densidade.
- f) Comparando seus resultados com os valores apresentados na Tabela I, tente identificar o material com que a peça escolhida foi construída.
- g) Organize todos os seus resultados em uma tabela, contendo: volume e incerteza; densidade e incerteza; material.
- h) Faça uma análise cuidadosa de todos os seus resultados e apresente conclusões claras em seu Relatório.

6- Lista de material

- Peças sólidas: cilindro, paralelepípedo, esfera, lâmina retangular, cilindro com recorte e orifício.
- Balança digital Shimadzu BL 3200H
- Régua milimétrica
- Paquímetro universal analógico Pantec (nonio de 50 divisões)
- Micrômetro Pantec IP54

7- Referências

[1] Apostila de Laboratório, Física Geral e Experimental para Engenharia I, Instituto de Física, USP, 2003

[2] Notas de aula de “Introdução às Medidas em Física”, 2008, em:
<http://sampa.if.usp.br/~suaide/blog/pivot/entry.php?id=89>, acessado em 02/02/2010

[3] Apostila: “Expressão de Valores Experimentais”, BC-1707
<http://sites.google.com/site/ufabcmeed/documentos-de-referencia>

[4] Artigo: “Avaliação e Expressão de Incerteza em Medição”, J.H. Vuolo, BC-1707,
<http://sites.google.com/site/ufabcmeed/documentos-de-referencia>

[5] Guia para a Expressão da Incerteza de medição, 3ª. Edição Brasileira, ABNT, INMETRO, 2003

[6] “Introdução à Teoria de Erros”, J.H. Vuolo, Instituto de Física, USP, 3ª. Edição, 1999.

[7] “Fundamentos da Teoria de Erros”, J.H. Vuolo, 2ª. Edição, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1996.

[8] <http://www.esv.ipv.pt/tear/Recursos/Hits.ASP?URL=36%2FUtilização+do+paquímetro.ppt%26CodRecurso%3D192>., acessado em 05/02/2010.

[9] http://www.stefanelli.eng.br/webpage/p_paq_05.html, acessado em 05/02/2012.

[10] http://www.trilha4x4.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=69:paquimetro&catid=35:ferra acessado em 05/02/2012.

[11] http://www.trilha4x4.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73:micrometro-metrico&catid=35:ferra, acessado em 05/02/2012.

8- Autores

Roteiro elaborado pelos professores D.Consonni, J.C. Teixeira, M.T.Escote e S.M.Malmonge.