Física Experimental I – Roteiro 1

Medidas de comprimento: régua, paquímetro e micrômetro

Prof. Thiago

Objetivos

Ao final desta prática, o estudante deverá ser capaz de:

- reconhecer a régua milimetrada, o paquímetro e o micrômetro e identificar suas partes principais;
- determinar e registrar corretamente a resolução de cada instrumento;
- realizar medidas de dimensões externas com posicionamento e pressão adequados;
- perceber experimentalmente como a resolução do instrumento afeta a leitura e o número de algarismos significativos;
- organizar uma série de medidas, calcular média e desvio padrão e comparar o cálculo manual com o resultado obtido em planilha eletrônica;
- elaborar o primeiro relatório experimental da disciplina, apresentando dados, cálculos, discussão e conclusão.

1. Introdução

Uma medida experimental nunca deve ser apresentada apenas como um número. O resultado depende do instrumento empregado, da sua resolução, da forma como o objeto é posicionado e da própria repetibilidade da medida. Nesta prática serão utilizados três instrumentos para a medida de comprimentos: régua milimetrada, paquímetro e micrômetro.

A atividade foi organizada em ordem crescente de dificuldade. Inicialmente será medido repetidamente o diâmetro de um único objeto cilíndrico. Em seguida serão medidas diferentes espessuras obtidas com discos individuais e empilhados. Por fim, serão medidos os diâmetros de esferas de diferentes tamanhos, situação na qual o alinhamento do instrumento com o centro do objeto passa a ser especialmente importante.

Para manter a mesma convenção estatística utilizada na Lista de Exercícios 02, neste roteiro cada conjunto de medidas repetidas será tratado, para fins didáticos, como uma **população completa**. Assim, para um conjunto de N medidas $x_1, x_2, \ldots, x_N$, utilize:

$$\overline{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i, \qquad \sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2, \qquad \sigma = \sqrt{\sigma^2}.$$

A média $\overline{x}$ e o desvio padrão σ possuem a mesma unidade da grandeza medida. A variância σ^2 possui a unidade elevada ao quadrado.

2. Instrumentos de medida

2.1. Régua milimetrada

A régua deve ser utilizada com a escala paralela à dimensão a ser medida e com a linha de visão aproximadamente perpendicular à escala. Antes de iniciar, verifique a menor divisão da régua disponível. Em uma régua milimetrada usual, a menor divisão é de 1 mm.

Evite acrescentar casas decimais que o instrumento não permite distinguir. Se uma dimensão for menor ou comparável à menor divisão da régua, essa limitação deve aparecer no resultado e ser discutida no relatório.

2.2. Paquímetro

O paquímetro permite medir dimensões externas, internas, ressaltos e profundidades. Nesta prática serão utilizadas principalmente as **faces para medição externa**. A leitura do paquímetro analógico é feita combinando a escala principal com o nônio ou Vernier.

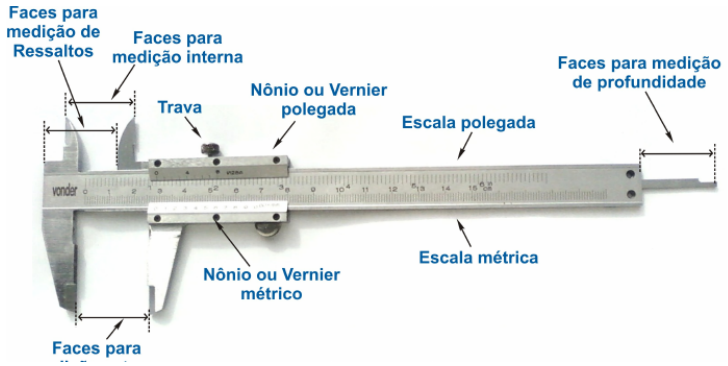


Figura 1: Partes principais de um paquímetro e superfícies destinadas a diferentes tipos de medida. Fonte: material fornecido para a disciplina.

Antes de medir, feche suavemente o instrumento e verifique se o zero do nônio coincide com o zero da escala principal. Durante a medida:

- mantenha as faces de medição limpas;
- encoste as faces no objeto com pressão suave;
- mantenha o paquímetro corretamente orientado em relação à dimensão medida;
- evite inclinar o instrumento;
- para a leitura do nônio, mantenha a visão aproximadamente perpendicular à escala.

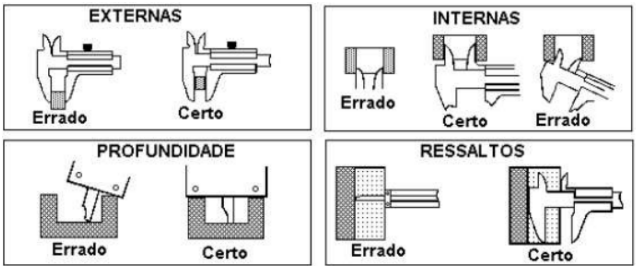


Figura 2: Exemplos de posicionamentos corretos e incorretos no uso do paquímetro. Fonte: material fornecido para a disciplina.

2.3. Micrômetro

O micrômetro, também chamado de Palmer, é empregado para medidas externas de pequenas dimensões com resolução superior àquela normalmente obtida com a régua e, em muitos casos, com o paquímetro. O objeto é colocado entre a face fixa e a face móvel. A aproximação final deve ser realizada utilizando a **catraca**, evitando apertar o objeto excessivamente.

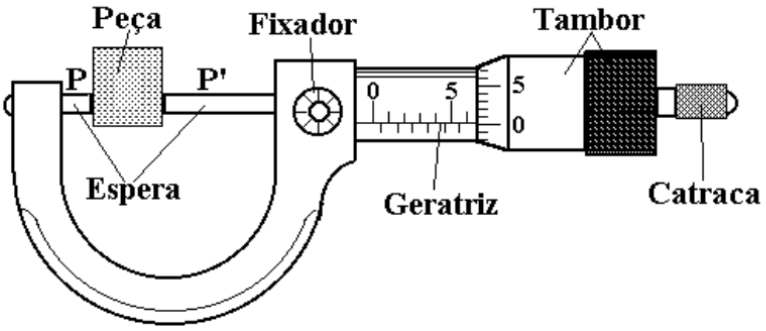


Figura 3: Vista esquemática de um micrômetro com identificação de suas partes principais. Fonte: material fornecido para a disciplina.

Antes de cada série de medidas, verifique o zero do micrômetro. Durante a medição, mantenha o objeto entre as faces de contato e use a catraca até obter contato firme e suave. Não force o fechamento diretamente pelo tambor.

2.4. Identificação da resolução dos instrumentos

Antes de iniciar as medidas, complete a Tabela 1. Não copie automaticamente valores de outros grupos: observe os instrumentos disponíveis em sua bancada.

Tabela 1: Identificação dos instrumentos utilizados.

Instrumento	Menor divisão / resolução	Erro de zero observado?	Unidade adotada nas tabelas
Régua			
Paquímetro			
Micrômetro			

3. Material necessário

- régua milimetrada;
- paquímetro;
- micrômetro;
- uma caneta ou lápis de seção aproximadamente circular e uniforme;
- conjunto de discos de diferentes espessuras;
- conjunto com cinco esferas de diferentes diâmetros;
- computador com Microsoft Excel, LibreOffice Calc ou programa equivalente;
- papel, calculadora e caderno de laboratório.

Observação. Se for utilizado lápis, dê preferência a um modelo de seção circular. Caso a seção seja hexagonal ou irregular, registre essa característica e mantenha a mesma orientação em todas as medidas.

4. Procedimento experimental

4.1. Parte I – Medidas repetidas de um objeto cilíndrico

Esta etapa tem como objetivo comparar a repetibilidade das leituras produzidas pelos três instrumentos.

1. Escolha uma região reta e aproximadamente cilíndrica da caneta ou do lápis. Essa região deverá ser utilizada em todas as medidas.
2. Meça o **diâmetro externo** do objeto cinco vezes com a régua. Entre uma leitura e outra, retire o instrumento e reposicione-o, de modo que as cinco medidas sejam independentes.
3. Repita o procedimento realizando cinco medidas com o paquímetro.
4. Repita o procedimento realizando cinco medidas com o micrômetro. Utilize a catraca para estabelecer o contato final.
5. Registre todos os valores na Tabela 2, respeitando a resolução de cada instrumento.

Tabela 2: Medidas repetidas do diâmetro da caneta ou do lápis.

Medida	Régua (mm)	Paquímetro (mm)	Micrômetro (mm)
1			
2			
3			
4			
5			
Média			
Desvio padrão			

4.2. Parte II – Discos e empilhamentos

Nesta etapa, a dificuldade aumenta porque algumas espessuras podem estar próximas do limite de resolução da régua. Serão utilizadas cinco configurações. Adapte a identificação dos discos disponíveis na bancada, mantendo a lógica abaixo:

Configuração	Objeto medido
A	Disco D_1
B	Disco D_2
C	Disco D_3
D	Empilhamento $D_1 + D_2$
E	Empilhamento $D_1 + D_2 + D_3$

Para cada configuração:

1. meça a espessura total com a régua, o paquímetro e o micrômetro;
2. realize **três leituras independentes com cada instrumento**, desmontando e remontando os empilhamentos entre as leituras das configurações D e E;
3. mantenha as faces dos discos limpas e em contato, evitando inclinações;
4. não invente casas decimais quando o instrumento não permitir distingui-las.

Tabela 3: Espessuras dos discos e dos empilhamentos. Cada grupo de três valores corresponde a leituras independentes.

Config.	Régua (mm)			Paquímetro (mm)			Micrômetro (mm)		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
A									
B									
C									
D									
E									

Verificação adicional. Para cada instrumento, compare a medida média do empilhamento $D_1 + D_2$ com a soma das médias obtidas para D_1 e D_2. Faça o mesmo para $D_1 + D_2 + D_3$. Eventuais diferenças deverão ser discutidas considerando resolução, alinhamento, contato entre as superfícies e repetibilidade.

4.3. Parte III – Esferas de diferentes tamanhos

Selecione cinco esferas de diâmetros diferentes e identifique-as como E_1 a E_5, em ordem crescente de tamanho.

Para cada esfera:

1. faça uma medida do diâmetro com a régua e, em seguida, reposicione a esfera para repetir a leitura mais duas vezes;
2. faça três medidas com o paquímetro, girando levemente a esfera entre as leituras;
3. faça três medidas com o micrômetro, também girando levemente a esfera entre as leituras;
4. no paquímetro e no micrômetro, procure a posição que produza o maior valor estável sem aplicar força excessiva. Uma medida fora do plano que contém o centro da esfera tende a subestimar o diâmetro;
5. registre os resultados na Tabela 4.

Tabela 4: Diâmetros das esferas.

Esfera	Régua (mm)			Paquímetro (mm)			Micrômetro (mm)		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
E_1									
E_2									
E_3									
E_4									
E_5									

5. Tratamento dos dados

5.1. Cálculo manual

Para as cinco medidas da Parte I, faça **separadamente para cada instrumento**:

(a) o cálculo da média $\overline{x}$;

(b) o cálculo de cada desvio $x_i - \overline{x}$;

(c) o cálculo de $(x_i - \overline{x})^2$;

(d) a variância populacional σ^2;

(e) o desvio padrão populacional σ.

Organize pelo menos um dos cálculos completos no formato abaixo e apresente os demais de maneira equivalente.

Tabela 5: Modelo para o cálculo manual da média, variância e desvio padrão.

i	x_i (mm)	$x_i - \overline{x}$ (mm)	$(x_i - \overline{x})^2$ (mm^2)
1			
2			
3			
4			
5			
	$\sum x_i =$		$\sum (x_i - \overline{x})^2 =$

Para as Partes II e III, calcule no Excel a média e o desvio padrão de cada conjunto de três repetições. Além disso, escolha **uma configuração de discos e uma esfera** e reproduza manualmente o cálculo para conferir a planilha.

5.2. Cálculo no Excel ou LibreOffice Calc

Digite as medidas em uma planilha mantendo uma coluna para cada conjunto de repetições. No Excel em português, utilize:

- média: `=MÉDIA(intervalo)`;
- variância populacional: `=VAR.P(intervalo)`;
- desvio padrão populacional: `=DESVPAD.P(intervalo)`.

Compare os resultados da planilha com os cálculos manuais. Pequenas diferenças podem aparecer apenas por causa do número de casas decimais exibidas durante as etapas intermediárias. Evite arredondar prematuramente.

5.3. Comparação entre os instrumentos

Para cada objeto ou configuração, compare as médias obtidas com os três instrumentos. O micrômetro apresenta, em geral, a maior resolução entre os três, mas **não deve ser tratado como um valor exato**. Ele será utilizado apenas como uma referência de maior resolução para a comparação das leituras.

Para as esferas, construa ainda uma tabela-resumo contendo, para cada esfera, as médias obtidas com a régua, o paquímetro e o micrômetro. Se desejar, represente graficamente:

- $d_{\text{paquímetro}}$ versus $d_{\text{micrômetro}}$;
- $d_{\text{régua}}$ versus $d_{\text{micrômetro}}$.

Um comportamento próximo da reta $y = x$ indica concordância entre as leituras dentro da resolução permitida por cada instrumento.

6. Questões para discussão

As respostas devem utilizar os dados obtidos pelo próprio grupo.

1. Qual foi a resolução de cada instrumento utilizado? Como ela aparece no número de casas decimais registradas?
2. Para a caneta ou o lápis, qual instrumento apresentou o menor desvio padrão? Um menor desvio padrão, sozinho, garante que o resultado seja mais exato? Explique.
3. Houve alguma situação em que a régua não permitiu distinguir adequadamente a espessura de um disco? Como essa limitação apareceu nos dados?
4. Para os empilhamentos, a espessura medida foi compatível com a soma das espessuras individuais? Discuta possíveis fontes de diferença.
5. Por que a medida do diâmetro de uma esfera é mais sensível ao alinhamento do que a medida da espessura de um disco?
6. As diferenças entre régua, paquímetro e micrômetro permaneceram aproximadamente constantes para todas as esferas ou variaram com o tamanho do objeto? O que os dados sugerem?
7. Compare os resultados obtidos manualmente com aqueles fornecidos pela planilha. Houve diferenças relevantes? Caso tenham ocorrido, identifique a causa.

7. Relatório 01

O relatório deverá ser elaborado em grupo e conter, no mínimo, os itens a seguir.

1. **Identificação:** disciplina, número do roteiro, integrantes do grupo, turma e data da realização.
2. **Objetivo:** descreva em poucas linhas o que foi investigado e quais instrumentos foram comparados.
3. **Materiais e procedimento:** apresente os instrumentos e objetos utilizados e resuma o procedimento com suas próprias palavras. Não copie integralmente o roteiro.
4. **Resultados:** apresente as tabelas de medidas com unidades, médias e desvios padrão.
5. **Cálculos:** inclua os cálculos manuais solicitados e a verificação realizada no Excel ou LibreOffice Calc.
6. **Discussão:** responda às questões propostas relacionando as diferenças observadas à resolução dos instrumentos, ao posicionamento e à repetibilidade.
7. **Conclusão:** sintetize o que o grupo aprendeu sobre o uso da régua, do paquímetro e do micrômetro e sobre a interpretação estatística de medidas repetidas.

Apresentação dos resultados. Toda tabela deve possuir título, unidades e identificação clara das grandezas. Resultados sem unidade não serão considerados completos. Preserve nos dados brutos as casas decimais efetivamente fornecidas pelo instrumento e faça os arredondamentos apenas na apresentação final dos resultados calculados.

As figuras de paquímetro e micrômetro foram adaptadas dos materiais de apoio fornecidos para a disciplina.