

UNIDADE I – Fundamentos de Metrologia

Valor verdadeiro, precisão e exatidão

O valor verdadeiro de uma grandeza física experimental às vezes pode ser considerado o objetivo final do processo de medição. Por essa razão, o valor verdadeiro também pode ser chamado valor alvo. Uma das maneiras de avaliar a qualidade do resultado de uma medição é fornecida pelo conceito de exatidão, que se refere à proximidade da medida com seu valor alvo. Mas outra qualidade muito importante de uma medida experimental é seu grau de precisão, que se refere à dispersão entre medidas repetidas sob as mesmas condições. Medidas precisas são menos dispersas, ou seja, quando repetidas, elas tendem a fornecer os mesmos resultados (mas não necessariamente resultados mais próximos do valor alvo). Assim, diferente do que ocorre com a exatidão, a avaliação da precisão de uma medida não leva em consideração o valor verdadeiro.

Por essas razões, antes de se discutir os conceitos de precisão e exatidão, é fundamental ter uma boa compreensão do conceito de valor verdadeiro e suas limitações. A esse respeito, na maioria das situações, podemos assumir que a grandeza experimental possui um único valor verdadeiro bem definido¹. O que consideramos estar limitada é a nossa capacidade de conhecê-lo exatamente, ainda que por meio de medições extremamente cuidadosas.

Todo o valor verdadeiro supõe um modelo

À primeira vista, o pressuposto de que todas as grandezas físicas possuem um valor definido pode parecer uma tremenda obviedade. Por exemplo, não lhe parece óbvio que

¹ A rigor, como será possível perceber mais a diante neste texto, há algumas situações em que não faz sentido algum sustentar que o alvo de uma medição é um (único) valor verdadeiro, mas um conjunto de valores, isto é, uma distribuição de valores verdadeiros. Neste texto, fazemos críticas ao conceito de valor verdadeiro único e bem definido sem rejeitá-lo completamente.

o planeta Terra possui uma massa bem definida? Que, ao ligar uma lâmpada, seu filamento está sendo percorrido por uma corrente eficaz bem definida? Que a estatura de uma pessoa possui um valor bem definido? Na verdade, não é tão óbvio assim. A rigor, todas as grandezas experimentais são especificadas por meio de modelos. Nesse sentido, o valor (verdadeiro) de uma grandeza física só pode ser considerado bem definido depois que algum modelo foi adotado.

Por exemplo, ao tomar um paquímetro para medir “o” diâmetro de uma bolinha de metal, estamos pressupondo que essa bolinha seja perfeitamente esférica, quando, na verdade, ela pode ser elipsoidal, oval, irregular... A rigor, essa bolinha só terá verdadeiramente um valor de diâmetro se ela for esférica, não é verdade? Assim, mesmo nas medições mais simples, é impossível determinar o mensurando sem adotar alguns pressupostos e idealizações.

Se até o diâmetro de uma bolinha depende de um modelo para que se possa falar em seu valor verdadeiro, o que podemos dizer sobre

Todas as grandezas experimentais são determinadas por meio de modelos

as medições realizadas nas indústrias modernas e nos laboratórios de pesquisa? Não são essas medições mais sofisticadas que o nosso exemplo? Assim, podemos afirmar com segurança que todos os processos de medição dependem de pressupostos e idealizações para serem realizados e todas as grandezas experimentais são determinadas por meio de modelos.

O desconhecimento do valor verdadeiro

Outro problema com respeito ao valor verdadeiro de uma grandeza experimental é que esse valor é sempre desconhecido (VUOLO, 1996). As únicas grandezas que têm seus valores verdadeiros

O valor verdadeiro de uma grandeza experimental é sempre desconhecido

conhecidos exatamente são aquelas que não dependem de dados experimentais para serem determinadas. Por exemplo: a razão entre o comprimento e o diâmetro de uma

circunferência ($\pi = 3,1416\dots$), a razão áurea ($\varphi = 1,6183\dots$), o número de Euler ($e = 2,7183\dots$). Grandezas experimentais são diferentes porque dependem de dados experimentais para serem determinadas. Por exemplo: a constante da gravitação universal, a corrente em um circuito elétrico, a temperatura no interior de um calorímetro, o índice de refração de um material específico.

O que define uma grandeza experimental é a necessidade de recorrer a dados experimentais para determiná-la. Portanto, padrões internacionais de medida não podem ser considerados grandezas experimentais (segundo essa definição). Por exemplo, até 1983, o padrão internacional de comprimento era a distância entre duas marcações feitas em uma barra de platina iridiada mantida até hoje no Bureau International des Poids et Mesures (BIPM, França). Considerando isso, se perguntássemos nessa época “de quanto é a distância entre as marcações na barra de platina iridiada mantida no BIPM?” qualquer pessoa deve ser capaz de responder sem fazer nenhuma medição, pois, por definição, a distância entre essas marcações era igual a 1 metro exatamente! Dessa maneira, não podemos considerar que os padrões internacionais de medida sejam grandezas experimentais.

Enfim, séculos de prática científica experimental nos levam a reconhecer que todos os processos de medição possuem alguma incerteza associada. Em outras palavras, nunca podemos confiar completamente no resultado de uma medição. Por esse motivo, reconhecemos que o valor verdadeiro de qualquer grandeza experimental é sempre desconhecido e que os processos de medição sempre podem ser aprimorados.

Avaliando a qualidade da medição

Como foi antecipado no início deste texto, exatidão e precisão são aspectos diferentes, mas fundamentais, que precisam ser levados em consideração quando desejamos avaliar a qualidade do resultado de uma medição. Em metrologia, a ciência da medição, o

conceito de exatidão (ou acuidade) refere-se ao grau de concordância de uma medida com seu valor alvo. Ou seja, quanto mais próxima do valor verdadeiro correspondente, mais exata é a medida.

O conceito precisão (ou fidedignidade, ou reprodutibilidade), em contrapartida, refere-se somente ao grau de dispersão da medida quando repetida sob as mesmas condições. Em outras palavras, uma medida é precisa se, repetida diversas vezes, apresentar resultados semelhantes.

Como exatidão e precisão são qualidades bastante diferentes, é possível que o resultado de uma medição seja exato e preciso, exato e impreciso, inexato e preciso ou inexato e impreciso.

Analogia com o tiro ao alvo

Para compreender melhor os conceitos de exatidão e precisão, é usual fazer analogia entre o processo de medição e um exercício de tiro ao alvo. Na base dessa analogia está a ideia de que, assim como o objetivo de um atirador é atingir o centro do alvo, o objetivo da medição é determinar o valor verdadeiro do mensurando. A Figura 1 ilustra quatro resultados possíveis em um teste de tiro.

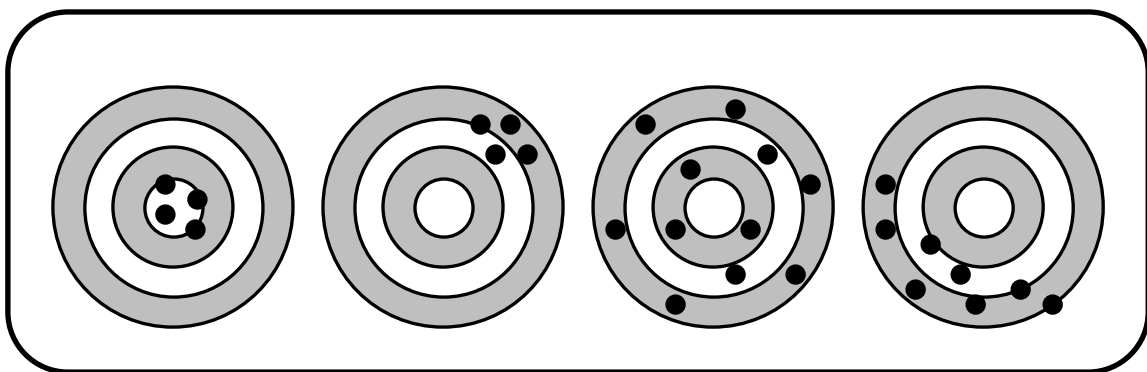


Figura 1. É possível perceber a diferença entre exatidão e precisão fazendo uma analogia com um teste de tiro ao alvo.

Nos quatro casos da Figura 1, os tiros estão dispostos de diferentes maneiras. Nos casos 1 e 2, eles estão menos dispersos que nos casos 3 e 4. Também é possível perceber que,

nos casos 1 e 3, os tiros estão distribuídos em torno do centro enquanto, nos casos 2 e 4, a distribuição de tiros está descentralizada.

Na nossa analogia, isso quer dizer que, nos casos 1 e 2, há mais precisão. Ou seja, quando a medição foi repetida sob as mesmas condições, ela produziu resultados semelhantes (menos dispersos). Nos casos 1 e 3, há mais exatidão porque as medidas estão distribuídas em torno do centro do alvo (o valor verdadeiro). O Quadro 1 resume essas considerações.

Quadro 1. Exatidão e Precisão no teste de tiro.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Exatidão. As medidas estão distribuídas em torno do valor verdadeiro?	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Precisão. As medidas estão próximas umas das outras?	SIM	SIM	NÃO	NÃO

Essa analogia é muito importante porque nos permite perceber que uma medida muito precisa nem sempre é a melhor. Por exemplo, sabemos que um micrômetro é mais preciso que um paquímetro. Também sabemos que um paquímetro é mais preciso que uma trena. Pergunta-se: Qual desses instrumentos é o melhor? Depende daquilo que desejamos medir!

Imagine o que aconteceria se tentássemos medir o comprimento de uma mesa com um paquímetro! Utilizar instrumentos precisos

Os melhores instrumentos nem sempre são os mais precisos, mas os mais adequados

não garante uma medida exata. Por isso, os melhores instrumentos nem sempre são os mais precisos, mas os mais adequados à fidedignidade perseguida.

Avalie sua compreensão!

Responda às questões a seguir sobre o texto de apoio “**Valor verdadeiro, precisão e exatidão**”.

1. O que é uma grandeza experimental? Por que a razão entre o comprimento e o diâmetro de uma circunferência (π) não pode ser considerada uma grandeza experimental?
2. Qual é a diferença entre exatidão e precisão? Dê exemplos que ilustrem as definições.
3. Considere que A e B sejam dois procedimentos experimentais para medir a mesma grandeza física. Com o procedimento A, foram obtidos os resultados: 2,00, 2,07, 2,05, e 1,97. Com o procedimento B, obtivemos: 2,00, 2,25, 2,43 e 1,72. Então, podemos concluir que o primeiro procedimento é mais exato que o segundo? Justifique sua resposta.
4. Um grupo de estudantes deseja avaliar a qualidade de três métodos alternativos para determinar a aceleração local da gravidade. Assim, eles mediram a aceleração local cinco vezes usando cada um dos três métodos em questão. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1. Considere ainda que, por um quarto método, que pode ser considerado mais confiável que esses três, a aceleração local da gravidade foi determinada resultando $g = 9,798 \text{ m/s}^2$. A partir dessa informação, responda às perguntas a seguir justificando sua resposta.
 - a. Qual dos três métodos usados pelos estudantes pode ser considerado mais impreciso?
 - b. Qual dos três métodos pode ser considerado mais inexato?

Tabela 1. Resultados de medição da aceleração local da gravidade obtidos por meio de três métodos distintos.

Método	Resultados obtidos	Média
A	10,78 m/s^2 ; 8,79 m/s^2 ; 10,77 m/s^2 ; 8,79 m/s^2 ; 9,78 m/s^2 .	9,782 m/s^2
B	10,78 m/s^2 ; 10,79 m/s^2 ; 10,77 m/s^2 ; 10,79 m/s^2 ; 10,78 m/s^2 .	10,782 m/s^2
C	9,78 m/s^2 ; 9,79 m/s^2 ; 9,77 m/s^2 ; 9,79 m/s^2 ; 9,78 m/s^2 .	9,782 m/s^2