

LIVROS NOVOS

Registam-se os seguintes títulos novos sobre temas de Física, de ciência em geral ou de educação, publicados nos últimos meses:

Luís Miguel Carolino, "Ciência, Astrologia e Sociedade. A teoria da influência celeste em Portugal (1593-1755)", Fundação C. Gulbenkian e Ministério da Ciência e do Ensino Superior, 2003.

Conselho Nacional de Educação, "Formas de Governo do Ensino Superior", 2004.

Nuno Crato, Fernando Reis e Luis Tirapicos, "Trânsitos de Vénus", Gradiva, 2004.

Daniel Hillis, "A Inscrição na Pedra. As ideias simples que fazem funcionar os computadores", Rocco e Temas e Debates, 2004.

Jorge Massada (org.), "Vale a Pena ser Cientista - 2", Campo das Letras, 2004.

Pierre Papon, "A Matéria em Todos os seus Estados", Instituto Piaget, 2003.

Michael Rowan-Robinson, "Os Nove Números Cósmicos", Temas e Debates, 2003.

Agradecemos aos editores o envio de novos livros de ciência e/ou educação, aos quais faremos a devida referência.

DISCUTIR HAWKING EM OEIRAS



A Câmara Municipal de Oeiras tem fama de ser uma autarquia modelo. E essa fama é merecida. Com efeito, a atenção dada à ciência e à cultura dificilmente encontra paralelo noutras autarquias do país.

No que diz respeito à ciência basta lembrar o empreendimento do *Taguspark*, um parque de ciência e tecnologia, que é uma ideia ousada que parece ter vingado. E, no que respeita à cultura, basta referir a excelente (exemplar, mesmo) Biblioteca Municipal de Oeiras, mas pode acrescentar-se o recente "Parque dos Poetas".

Oeiras sabe "casar" a cultura com a ciência (outras câmaras bem poderiam aprender com a sua congénere!). A este propósito refira-se o interessante sítio de arqueologia industrial que é a Fábrica da Pólvora em Barcarena, com o Museu da Pólvora Negra, onde esteve uma interessante exposição de relógios de sol - "As Sombras do Tempo". E refira-se também o projecto organizado pela Biblioteca Municipal, e apoiado pela Fundação Gulbenkian, com o fito de promover a leitura, ao qual foi dado o sugestivo título "Dez livros que mudaram o mundo".

É sempre arbitrário escolher dez livros que tenham tido um impacto grande na história da humanidade, mas a comissão a quem a Biblioteca encarregou da selecção de títulos achou que, dos dez livros a figurar no top ten, três deviam ser de ciência. Atendendo à pouca atenção que a ciência costuma merecer nos círculos literários, é caso para dizer que Oeiras está de parabéns. Os livros escolhidos foram "A Evolução das Espécies", do inglês Charles Darwin, "O Erro de Descartes", do português António

Damáσιο, e "Breve História do Tempo", do inglês Stephen Hawking. Há ainda na lista "A Interpretação dos Sonhos", de Sigmund Freud, mas pode discutir-se se a psicanálise é ou não ciência. Darwin é indiscutível, porque mudou de facto o mundo, ou melhor a nossa visão do mundo! O livro de Damásio é sem dúvida notável, mas a sua inclusão no top só poderá ser compreendida por algum, aliás compreensível, português uma vez que não há ainda distância suficiente para se aquilatar do real impacto. Finalmente, quanto a Hawking, não é também líquido que seja um must: para representar a Física, poder-se-ia pensar, decerto com mais propriedade, numa obra de Galileu, de Newton ou de Einstein.

Mas Hawking tem a seu favor, para inclusão na lista dos livros mais notáveis de sempre, os números das vendas. "Breve História do Tempo" já vendeu, desde a sua primeira edição em 1988, cerca de dez milhões de exemplares em todo o mundo, não só no original em inglês, mas em mais de quarenta outras línguas, incluindo o português (a edição portuguesa da Gradiva saiu no mesmo ano da publicação em Inglaterra). Dez milhões de livros são muitos livros! Deixam Saramago ou mesmo o autor do "Homem que Mordeu o Cão" a grande distância. Significa um livro por cada português, criança, adulto ou ancião. Como a Terra tem cerca de seis mil milhões de habitantes, significa que um em cada seiscentos habitantes da Terra compraram o livro!

E leram-no? Talvez não, com toda a probabilidade não. Trata-se de um livro com um título apelativo – para já não falar do subtítulo "Do Big Bang aos Buracos Negros" –, mas não se trata de uma obra fácil de ler. É por isso altamente meritório que o programa "Oeiras a Ler", relacionado com os "dez livros que mudaram o mundo", tenha tentado promover a sua leitura.

Oeiras está a organizar um ciclo de palestras sobre os "Dez livros que mudaram o mundo". A abrir esse espaço-tempo de debate, qual *Big Bang*, foi escolhida precisamente a obra de Hawking. Foi reconfortante ver o Auditório Municipal de Oeiras praticamente cheio, a uma hora noturna, para uma conversa à volta do

livro e do seu autor. Na organização de eventos culturais não há milagres, mas sim trabalho e organização. A preparação tinha, de facto, sido exemplar: para além do anúncio numa atraente "agenda cultural" do município, havia cartazes que destacavam algumas das mais importantes equações da Física e *dossiers*, distribuídos aos participantes, que continham informação biográfica e bibliográfica bem seleccionada e trabalhada.

A pergunta é legítima: por que é que o livro de Hawking vende tanto? De facto, a larga maioria das pessoas na audiência da Biblioteca Municipal de Oeiras tinha adquirido uma das edições da Gradiva, fosse ela a primeira ou outra, incluindo a espectacular edição ilustrada saída em 2001. A resposta é fácil: simplesmente porque o autor é uma pessoa cuja tragédia pessoal é bem conhecida. O seu corpo encontra-se paralisado por uma doença do sistema nervoso e, por isso, preso a uma cadeira de rodas computadorizada. Neste livro de Hawking e em praticamente todos, a capa mostra o retrato do autor, de sorriso aberto, mas com o corpo manifestamente frágil. Em "Breve História do Tempo", Hawking faz uma única e curta referência à sua doença. Conta como ela lhe foi diagnosticada quando ainda era estudante em Oxford, tendo-lhe sido dados apenas dois ou três anos de vida (já lá vão quase 40 anos, Hawking fez há pouco 62 anos!). Conta como conseguiu resistir-lhe com a ajuda da mulher e de uma mão cheia de amigos, terminando o doutoramento, arrançando emprego como professor na Universidade de Cambridge, casando e tendo três filhos.

Uma das motivações de Hawking para escrever o seu livro maior foi, segundo ele próprio revelou, o pagamento das propinas da filha. De facto, escrever livros que se vendam bem é uma maneira honesta de ganhar dinheiro, no caso muito dinheiro. Supondo que Hawking ganhou dois euros por cada um dos seus livros (tomando um preço médio de 20 euros e um contrato de direitos de autor de dez por cento), dez milhões de livros significam 20 milhões de euros, uma quantia astronómica, isto é, difícil de conceber. Para quem ainda pense melhor na antiga moeda, 20 milhões de euros são quatro milhões de contos. Hawking, se não houvesse pirataria, bem poderia deixar a

astrofísica e viver apenas dos rendimentos... Mas Hawking prefere a astrofísica. Em "Breve História do Tempo" trata as questões do *Big Bang*, a grande explosão com que o Universo se iniciou há cerca de 15 mil milhões de anos, e dos buracos negros, o coração remanescente e altamente maciço de uma estrela grande que explodiu. Do *Big Bang* tudo sai, devido à força da explosão. Para um buraco negro tudo entra, devido à poderosa atracção gravitacional. Hawking, um dos grandes especialistas em buracos negros, teve a ideia, quando estava a terminar o seu doutoramento, que o *Big Bang* era afinal um buraco negro ao contrário, aquilo a que poderíamos chamar um "buraco branco". E teve também a ideia de que o Universo, que com toda a evidência começou com o *Big Bang*, poderá um dia acabar como um buraco negro. Nesse caso, estaríamos já dentro de um buraco negro, portanto perdidos. Mas descanse o estimado leitor que os dados mais recentes indicam não apenas que o Universo está em expansão mas que está em expansão acelerada devido a uma misteriosa força de anti-gravidade.

Hawking, apesar de agnóstico, fala muito de Deus em todo o livro. Talvez essas repetidas referências teológicas ajudem, para além da condição física do autor, a explicar o êxito do livro. A última palavra do livro é precisamente Deus, quando Hawking refere a possibilidade de irmos a conhecer o "plano de Deus". Já Einstein, que recusava a ideia de um Deus que se preocupasse com as acções humanas, gostava de usar a metáfora de Deus. A frase de Einstein "Deus não joga aos dados com o Universo" significa que as leis da Física não podem ter um carácter probabilístico. É conhecida a resposta de Bohr a Einstein: não cabia a Einstein dizer a Deus o que Ele tinha que fazer.

Hawking esteve em Oeiras através do seu livro. Com ele estiveram magnas e eternas questões: onde vimos e para onde vamos. Questões como estas estão no centro da cultura. E a ciência, ao procurar responder-lhes, tem aí um lugar.

Carlos Fiolhais
tcarlos@teor.fis.uc.pt

BLAKE E MORTIMER FACE AOS "DEMÓNIOS DA CIÊNCIA"



Depois de Tintin, é a vez de Blake e Mortimer – este personagem é, recorde-se, um físico –, os heróis de banda desenhada criados por Edgar Pierre Jacobs, terem honra de uma edição especial da revista francesa de divulgação científica "Science et Vie". Publicada originalmente no final do ano passado (antecipou um vasto programa de iniciativas previstas para o corrente ano, em que se assinala o primeiro centenário do nascimento do artista belga, em 1904), esta excelente revista só foi distribuída em Portugal em meados de Fevereiro passado, podendo ainda ser adquirida nos quiosques.

"Blake e Mortimer face aos demónios da ciência" é o título genérico da edição, que percorre através de um diversificado leque de colaboradores os diversos temas científicos que são tratados nas aventuras aos quadrinhos – das viagens no tempo-espaço aos dinossaúros, dos ovnis à clonagem, da manipulação das condições climáticas aos segredos do Antigo Egipto. Profusamente ilustrada, esta edição especial inclui um "poster" com as máquinas fantásticas criadas por Jacobs, custando apenas 4,70 euros.

C. P.

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Depois de ter iniciado a interessante colecção "Ciência e Iluminismo" (da qual já foram publicados três volumes, dois sobre obras de José Correia da Serra e outro sobre Domingos Vandelli), a Porto Editora iniciou uma outra colecção não menos interessante intitulada "História e Filosofia da Ciência". São seus coordenadores dois físicos, professores na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa: Ana Simões e Henrique

Leitão. Os três primeiros volumes desta última colecção já se encontram nas livrarias: são eles "Introdução à Historiografia da Ciência" de Helge Kragh (historiador de ciência dinamarquês, que esteve em Portugal no último congresso nacional da SPF), "A Construção da Ciência Moderna: Mecanismos e Mecânica", de Richard Westfall (um especialista na obra de Newton), e "A Evolução da Tecnologia", de George Basalla. Tratam-se todas elas de edições cuidadas que são obrigatórias para quem entre nós estude história da ciência. Às duas colecções deseja-se um futuro auspicioso!

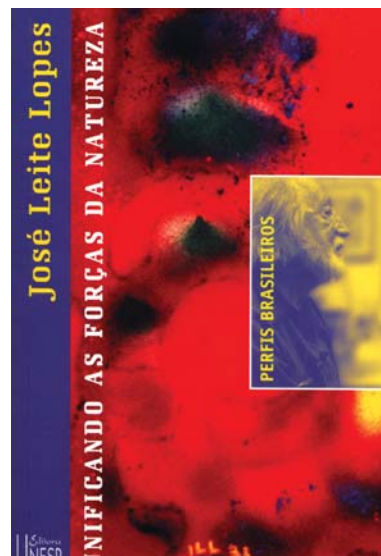
C. F.

JORNAL "MEGAVOLT"



Foi distribuído o número 14 do jornal "Megavolt", da Escola Secundária do Fundão, referente ao mês de Dezembro de 2003. Sem receber qualquer subsídio do programa "Ciência Viva" ou de outro, mas custeado pela própria escola, este jornal reafirma o seu interesse em falar de "tudo o que, de longe ou de perto, se relaciona com a Ciência e a Tecnologia, a Electricidade e a Electrónica, a Energia e os Computadores", sempre tratado a "um nível de divulgação, de forma a ser acessível ao maior número de pessoas". Nas 12 páginas de "Megavolt" encontram-se artigos sobre "Medir o mundo com a imaginação", "O berço da invenção", "Nanotecnologia - a ciência do futuro", "História da Electricidade", além da evocação do poeta e escritor David Mourão-Ferreira e páginas de humor e curiosidades.

A FÍSICA NA ESCOLA



Acaba de sair o número 2 do volume 4 da excelente revista brasileira "A Física na Escola". Trata-se de um suplemento da Revista Brasileira de Ensino da Física (RBES), da responsabilidade da Sociedade Brasileira de Física, que é especialmente destinada a professores de Física do ensino médio e fundamental. O editor é o físico Nelson Studard, da Universidade Federal de São Carlos, no estado de São Paulo (contactar studard@df.ufscar.br). Com o número mais recente, passa a existir um Conselho Editorial, do qual faz parte o director da "Gazeta de Física". A revista é grátis para assinantes da RBEF e a sua assinatura custa anualmente (2 números) 15 reais para professores do ensino médio e 20 reais noutros casos.

No referido número encontram-se artigos como "Força magnética sobre corrente eléctrica: um motir linear", "A Física e os adágios populares", "O Problema do ensino da órbita da Terra", "Olimpíadas de Física", "Como trabalhar com 'tirinhas' nas aulas de Física", etc. A revista encontra-se disponível *on line* em www.sbfisica.org.br.

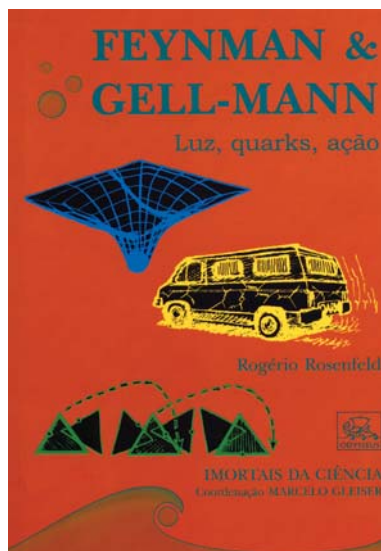
C. F.

NOVOS LIVROS BRASILEIROS

Tem sido possível encontrar em Portugal alguns recentes livros brasileiros sobre temas de Física. Entre eles, destacam-se os seguintes:



- José Leite Lopes, "Unificando as Forças da Natureza", Editora UNESP, 2001 (uma entrevista com o famoso físico brasileiro).



- Rogério Rosenfeld, "Feynman Gell-Mann. Luz, quarks, ação", Odysseus Editora, 2003 (de uma colecção de breves biografias de grandes cientistas, "Imortais da Ciência", que é dirigida pelo físico Marcelo Gleiser).



- Cristiane Tavoraro e Marisa Cavalcante, "Física Moderna e Experimental", Editora Manole, 2003 (um guia prático sobre experiências de ondas e de física quântica).

CIENCIAPT.NET



Assumindo para si mesmo o papel de constituir uma "referência nacional para todos aqueles que se interessam por tudo o que se passa no mundo da ciência, tecnologia e inovação", Cienciapt.net (<http://www.cienciapt.net>) é um portal especializado onde a informação vai a par de um conjunto de serviços que não é fácil encontrar em outros portais nacionais. São mais de 100 milhões de registos nacionais e internacionais sobre ciência, tecnologia, inovação, empresas, instituições, museus, arquivos científicos, bibliotecas, parques de ciência e tecnologia, publicações, projectos, centros, etc., a que os interessados podem aceder através de três níveis específicos de utilizadores - "user cienciapt.net" (utilizador anónimo com acesso aos conteúdos disponíveis na área pública do portal); "subscritor cienciapt.net" (individual ou colectivo, com acesso a área reservada e possibilidade de utilizar todos os serviços disponíveis); e "parceiro cienciapt.net" (entidades associadas ao projecto, com acordos de parceria tecnológica e *marketing*). Existem ainda fóruns de discussão e a possibilidade de receber *newsletters* temáticas e contribuir com notícias para o portal.

C. P.



CARTA DOS LEITORES

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS - I

Foi com agrado que reparei no artigo intitulado "Erros e Algarismos Significativos". Como terceiro autor do livro "Física Experimental: uma Introdução", com Conceição Abreu e Luís Peralta (1994), a primeira coisa que reparei foi a ausência de referência bibliográfica a qualquer livro dedicado ao assunto em língua portuguesa, do qual o nosso é apenas um exemplo.

Seguidamente, ao explorar o artigo, verifiquei que se perdeu uma oportunidade para escrever um artigo sobre erros, sem erros... Mesmo o livro "Física Experimental" não esteve isento deles (podemos enviar uma errata).

Começarei pelo que considero a maior incorrecção de todas. Na p. 6 o autor afirma que, no caso de haver um número suficiente de medições, então a expressão do resultado deve ser dada por média+desvio padrão ou +- duas vezes o desvio padrão da amostra, conforme o grau de confiança desejado. Ora, a média que calcula na mesma página não é a média da distribuição, mas sim um estimador dessa média. Como tal, ela é também uma variável aleatória e o desvio padrão da média obtém-se dividindo o desvio padrão (que já agora também é uma estimativa e não o verdadeiro valor) pela raiz do número de medições. Só assim se compreende, de facto, a utilidade da repetição estatística das medições. A variância da amostra será sempre a mesma independentemente do número de medições, enquanto o desvio-padrão da média diminuirá com a raiz quadrada da amostra (ver, por exemplo, ps. 96-98 de Abreu *et al.*, 1994).

Segue-se um enunciado de incorrecções que reputo de menores. Para começar, a confusão já mencionada entre as grandezas estatísticas, média e desvio-padrão, e os seus estimadores estatísticos. Na p. 7, apesar de achar aceitável a apresentação do valor e erro na massa volúmica com mais um algarismo que os significativos estritamente necessários, impunha-se uma frase de esclarecimento pois esta

opção está em contradição com o resto do artigo. Na p. 8 o autor valoriza o coeficiente de correlação para estimar a precisão de uma relação linear, quando na minha opinião o que interessa de facto são as incertezas no declive e intersecção na origem que o autor afirma "serem dados por qualquer calculadora científica". Ver comentário na p. 116 de Abreu *et al.*, 1994.

O autor usa no texto muitas vezes a expressão "rigoroso" sem, no entanto, se esclarecer o que entende sobre este conceito. Uma vez que se define precisão e exactidão, com qual destas noções se deve equivaler a noção de rigor? Em Abreu *et al.* (1994) são definidos os conceitos de exactidão (ou fidelidade) e precisão (ou rigor), tendo no entanto os autores sido vivamente criticados por alguns colegas por usarem termos desactualizados.

Termino agradecendo ao autor o trabalho realizado e à "Gazeta" pela publicação deste trabalho, que não é diminuído pelas incorrecções apontadas e que podem ser facilmente corrigidas.

Luís Matias
lmatias@fc.ul.pt

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS - 2

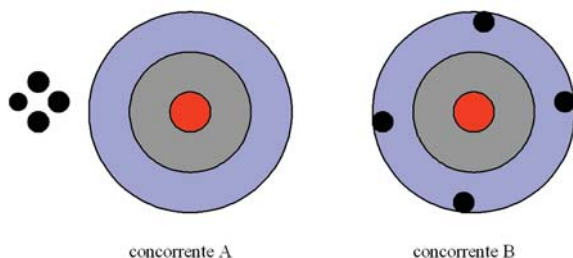
Há dias, chegou às minhas mãos um exemplar da "Gazeta de Física", de que confesso não ser um leitor assíduo, por omissão da minha parte, mas que doravante me passará a interessar mais. Um dos artigos chamou imediatamente a minha atenção, porque era sobre um tema que me é particularmente caro. Desde já felicito o autor pelo tratamento da matéria que, sendo tão essencial a todas as áreas do conhecimento, que não apenas a da Física, tão mal tratada é também entre os que aplicam a Física. Porque a "Gazeta" pretende estimular o "intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam

ou aplicam a Física", não quis deixar de lhe enviar alguns comentários que o artigo me suscitou.

O tratamento do tema tem todo o mérito, pela sua actualidade e necessidade e é de louvar a intenção do autor ao trazê-lo à luz na "Gazeta", com o propósito de ser melhor considerado nos programas do ensino secundário. Nos graus de ensino superiores faria também todo o sentido...

Porém, faço um reparo de ordem geral. A linguagem técnica utilizada, apesar do propósito do autor ter sido, certamente, o de a tornar mais inteligível, não obedece aos conceitos básicos consagrados internacionalmente e que o trabalho de décadas de normalizadores e regulamentadores internacionais permitiu estabelecer. Sem prejuízo desse objectivo e com rigor equivalente deveriam ter sido utilizados os conceitos adequados e consagrados. É tempo de acertarmos o passo pelas regras e convenções internacionais.

Existe, hoje, um léxico que consagra uma linguagem universal, no mundo das ciências, na matéria tratada no artigo em questão: o chamado VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia, que foi adoptado e publicado, em 1994, pelas mais importantes uniões científicas, a União Internacional da Física Pura e Aplicada (IUPAP), a União Internacional da Química Pura e Aplicada (IUPAC), a Federação Internacional da Química Clínica (FICC) e pelas organizações internacionais reguladoras e normalizadoras da metrologia, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), a Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), a Organização Internacional de Normalização (ISO) e a Comissão Electrotécnica Internacional (IEC).



Finalmente, ao fazer referência ao IPQ e à ISO, como duas das fontes de informação para o artigo, pode dar a entender que o seu conteúdo está conforme as publicações destas organizações, o que não é o caso. São particularmente relevantes, para a matéria em causa, os documentos, publicados pelo IPQ, "Guia para a expressão da Incerteza

nos Laboratórios de Calibração" e a Norma ISO 31. Nos comentários específicos, comento apenas os aspectos que me pareceram merecer reparo mais relevante.

P. 5, § 1: Afirma-se que a "incerteza" está "relacionada com escala do aparelho". Só se a escala estiver mal construída ou deficientemente graduada, essa afirmação é verdadeira. A incerteza de medição é proveniente de outros factores a saber: o objecto da medição, o equipamento de medição, o processo da medição, o(s) operador(es) e as condições ambientais.

P. 5, § 2: Afirma-se que "o último algarismo, que é estimado, está sujeito a um erro". Aqui onde está "erro" deveria estar mais correctamente "incerteza". O "erro" é por definição a diferença entre o resultado da medição e o valor verdadeiro. Ora, se o último algarismo se trata de uma estimativa, neste caso, certamente, obtida por uma interpolação efectuada pela visão do operador, não terá necessariamente erro mas terá com certeza "incerteza". Quanto à regra de adoptar metade da divisão é aceitável, muito embora se admita que operadores mais experimentados possam ter uma resolução óptica de quarto de divisão.

P. 5, § 3: Os conceitos referentes às escalas não são os correctos. O "menor valor da escala" numa escala de zero a dez é zero. O que se pretendia dizer, certamente, era a menor "divisão", o que é a menor diferença entre duas referências consecutivas numa escala. Refira-se ainda que na medição não há "certezas absolutas". Nem nos padrões internacionais!

P. 5, 2ª coluna, § 2: Afirma-se que "Os erros são de dois tipos: sistemáticos e acidentais". Ora os termos consagrados, há muitos anos, são: "sistemáticos" e "aleatórios". Quanto à sua origem não podem associar-se como é referido no texto às causas em questão. Também o operador pode cometer um erro sistemático e podem os erros aleatórios provir de todas as causas já referidas atrás, que contribuem para a incerteza. Por outro lado ainda, numa calibração não se eliminam os erros sistemáticos. Determina-se o respectivo valor e, caso o instrumento possua dispositivo de "ajuste", pode ser efectuada a respectiva correcção introduzida; em caso contrário, é fornecido em Certificado de Calibração, onde o seu valor deve constar.

P. 5, 2ª coluna, § 3: Associa-se as duas categorias dos erros à "precisão" e à "exactidão". Nada mais errado. Não há qualquer correspondência entre uns e outros. Quanto ao exemplo do parágrafo seguinte: qualquer das situações pode ser devida ao atirador ou à arma, ou ainda a outras circunstâncias exteriores: as balas, as condições ambientais,

o alvo, etc. O exemplo pode, no entanto, servir para uma boa exemplificação dos conceitos correctos, quer dos tipos de erros, quer dos conceitos de repetibilidade, quer de incerteza de medição.

P. 6, "Medições Directas", § 1, linha 1: Afirma-se: "Numa medição directa, o valor mais provável de uma grandeza é a média aritmética das várias medições efectuadas". Esta afirmação, na forma simplificada como é escrita, é discutível. De facto, ela só é verdadeira se o instrumento de medição utilizado estiver isento de erro sistemático. Só nesse caso, é que o valor médio obtido de um número elevado de medições corresponderá ao valor que se pretende medir.

P. 6, "Medições Directas", § 1, linha 6: Introduce-se um conceito de "desvio absoluto" de significado impreciso e ausente no VIM, atrás referido. Neste Vocabulário existe o conceito de "desvio", definido como sendo "valor subtraído do seu valor de referência". Porém, neste caso, o autor simplesmente toma a "média" pelo "valor de referência". Ora, isso não é correcto.

P. 6, "Medições Directas", § 2, linha 1: Utiliza o conceito de "incerteza" de forma totalmente descontextualizada da sua exacta definição, considerando que pode ser considerada seja na forma do desvio máximo da série de medidas, seja na forma do desvio médio. E, logo a seguir, salta para a utilização do conceito de "erro", afirmando incorrectamente que "se o erro associado ao instrumento de medição for superior aos desvios, a incerteza absoluta deverá ser esse valor". Há, portanto, nestes dois parágrafos a confusão geral dos conceitos de incerteza, erro e desvio que importa clarificar.

P. 6, "Medições Directas", § 4, linha 6: Aplica o termo "precisão" pela primeira vez (apesar de logo na introdução, na p. 4 - § 2, se servir dele de uma forma genérica), reutilizando-o mais adiante na última linha do mesmo parágrafo e amiúde adiante em outros parágrafos, com um significado confundido com o inverso de incerteza. Ora, este termo foi abolido do léxico da especialidade dos físicos (IUPAP) há 20 anos e dos químicos gerais e clínicos (IUPAC e FICC) há mais de dez, por uma razão: a sua definição era "imprecisa", confundia-se com outros conceitos e, pura e simplesmente, não fazia falta para caracterizar as medições. E de forma alguma pode ser associado com o de incerteza. Em nome da "precisão" da linguagem técnica, é necessário cada vez mais ser rigoroso na aplicação dos conceitos e evitar utilizar termos equívocos e caídos em desuso por força de convenções internacionais.

P. 6, "Medições Directas", 2ª coluna: Utiliza-se o símbolo

" σ ", que corresponde ao desvio-padrão de uma população de valor médio μ . No caso de amostras de uma população (como de seguida é referido) o símbolo a utilizar deverá ser " s " a sua designação será de "desvio-padrão experimental" e o denominador é $(n - 1)$. (VIM § 3.8)

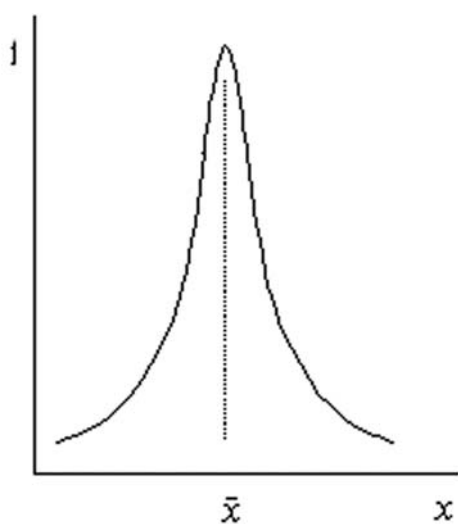
P. 8, "Arredondamentos". Por convenção, os resultados e os erros seguem as regras de arredondamento gerais, mas as incertezas são sempre arredondadas para cima. Acresce referir que as incertezas nunca devem ser apresentadas com mais do que dois algarismos significativos e, destes dois, o menos significativo deve corresponder ao menor do resultado.

António Cruz
(Director do Instituto Português da Qualidade)

RESPOSTA

Começo por lamentar que, durante a pesquisa que efectuei para a elaboração do artigo, não tenha deparado com a obra de Luís Matias que, sem dúvida, teria sido uma mais valia na elaboração deste trabalho. De igual modo, o preço elevado das normas torna difícil o seu acesso. As mesmas deveriam ser amplamente divulgadas de forma gratuita.

No primeiro parágrafo do artigo refiro os seus objectivos e público-alvo: professores e alunos do secundário e alunos a iniciar o ensino superior. Ao contrário de um livro, um artigo tem fortes condicionamentos de tamanho. Durante a sua revisão sofreu sem dúvida a perda de diversos esclarecimentos e redundâncias, importantes quando se lida com alunos de menor idade. No entanto, embora tenha referido que evitava entrar em formalismos aprofundados, talvez uma nota de esclarecimento à questão principal apresentada pelos leitores tivesse sido adequada. De facto, no artigo, não distingo a média aritmética simples da média objectiva (que é obtida com um número infinito de determinações) e que é o verdadeiro valor em torno do qual se desenha a curva de Gauss (o mesmo se passa com o desvio padrão, onde não distingo entre s e σ , como refere António Cruz). Refiro, no entanto, que este tratamento se aplica para um número de medições elevado ($n > 5$ é normalmente suficiente, dado que o aumento de precisão obtido decresce rapidamente com n) (veja-se, por exemplo, Pombeiro, A. J., *Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial*, Gulbenkian, 1998). No entanto, as observações dos leitores são pertinentes e ficam como chamada de atenção para todos os que desejem aprofundar o assunto.



Quanto ao cálculo da incerteza na massa volúmica, ele representa apenas um exemplo desse mesmo cálculo, sendo as considerações sobre algarismos significativos feitas posteriormente no artigo. Alterar algarismos nesta fase, na minha opinião, apenas complicaria a compreensão do mesmo.

Quanto à questão dos gráficos, mais uma vez a extensão do artigo me obrigou a resumir bastante o assunto. Note-se, no entanto, que no último parágrafo desse ponto refiro a possibilidade de se obterem os valores médios e respectivas incertezas do declive e ordenada na origem. Em mais de 3700 palavras que compõem o artigo, utilizei três vezes o termo rigoroso. Embora tenha utilizado o termo de uma forma corriqueira (poderia certamente ter feito outra escolha de palavras), posso explicitar melhor o seu significado. Enquanto o primeiro se refere ao formalismo matemático, explicando que desenvolvo o artigo sem entrar, tanto quanto possível, nos meandros complexos da análise estatística, os outros já entram em conflito com o assunto do texto. Assim, independentemente de qualquer definição oficial que possa existir, passo a definir a palavra "rigor", do ponto de vista pessoal, dentro do espírito com que foi utilizada no artigo. Defino como "atitude rigorosa" aquela que tenta minimizar as incertezas e erros nas medições sem, no entanto, os esquecer, assumindo-os como uma parte fundamental de qualquer resultado experimental.

Na realidade, como refere António Cruz, existem outras incorrecções de linguagem, que acabam sempre por nos escapar. Algumas são óbvias (por exemplo, referir o menor valor da escala em vez da menor "divisão", ou, apesar de todos os cuidados, utilizar a palavra erro onde deveria estar incerteza) mas outras são mais graves, tratando-se de

termos que estão devidamente normalizados (veja-se, seguindo a sugestão do leitor, VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia, IPQ, 1994 - aconselho a sua compra, pelo menos por instituições, como escolas, etc.). Algumas destas incorrecções foram realmente por desconhecimento, outras foram propositadas para facilitar a leitura do artigo aos alunos. O uso do desvio máximo, ou da média dos desvios é precisamente o que é exigido aos alunos numa prova de Física do 12º ano! Ora, se o próprio Ministério não tem o devido cuidado com este assunto, como poderão os professores e alunos esclarecer as suas dúvidas?

Finalmente, junto a minha voz à do leitor quando apela à importância da utilização de uma linguagem normalizada, devendo o seu uso ser divulgado (e exigido) desde os níveis de ensino mais baixos.

André Costa
j.andre.costa@netcabo.pt