

O papel da Física Quântica no desenvolvimento da Metrologia e nos padrões do Sistema Internacional de Unidades

Isabel Godinho¹, Carlos Pires, Olivier Pellegrino, Vitor Cabral

¹Instituto Português da Qualidade, I. P., Rua António Gião, 2, 2829-513 Caparica

igodinho@ipq.pt¹

Resumo

A Física Quântica tem desempenhado um papel central na evolução da Metrologia Científica, sustentando a definição moderna do Sistema Internacional de Unidades em constantes fundamentais da natureza. O presente artigo aborda as aplicações atuais e as perspectivas de desenvolvimento futuras no domínio da Metrologia Quântica, com ênfase nos padrões quânticos e nas tecnologias emergentes, como a fotónica, a eletrónica, os relógios ópticos e os sensores de elevada exatidão, considerando as implicações sociais destas inovações. Releva o papel do IPQ, enquanto Instituição Nacional de Metrologia, e o seu contributo para assegurar medições fiáveis, rastreáveis e comparáveis a nível internacional, enquanto um pilar de soberania, inovação e competitividade.

Palavras-chave: Física Quântica, Metrologia, Sistema Internacional de Unidades, Padrões Quânticos, Tecnologias Quânticas, IPQ.

Introdução

A Metrologia, ciência da medição e das suas aplicações, tem acompanhado de forma intrínseca os avanços científicos e tecnológicos. A revolução quântica, iniciada no início do século XX, abriu novas perspectivas que culminaram, em 2018 [1], na redefinição do Sistema Internacional de Unidades (SI), constituindo um marco histórico na Metrologia, ancorando as unidades em constantes fundamentais da natureza em vez de artefactos materiais. Estas redefinições, que marcaram uma mudança de paradigma (formulação de “constante explícita” em vez de “unidade explícita”), permitem separar a definição da realização das unidades, utilizando equações da física e abrindo caminho para métodos de medição inovadores com exatidão potencialmente ilimitada, estabelecendo um “SI quântico”, representam um marco, consolidando padrões universais e imutáveis, independentes de artefactos materiais.

Esta transformação é indissociável dos avanços da Física Quântica ao longo do século XX e início do século XXI, que permitiram traduzir conceitos teóricos em padrões universais e invariáveis. O ponto de partida pode ser identificado em 1900, quando Max Planck introduziu a quantização da energia ao descrever a radiação do corpo negro. A constante que leva o seu nome tornou-se, mais de um século depois, a base da definição do quilograma através da balança de Kibble [2]. Poucos anos mais tarde, Albert Einstein consolidaria a física quântica emergente ao explicar o efeito fotoelétrico (1905), introduzindo o conceito de fóton, e ao formular a teoria da relatividade restrita, cujas correções são hoje indispensáveis ao funcionamento de relógios atómicos e sistemas de navegação.

O modelo atómico de Niels Bohr (1913), ao introduzir níveis de energia discretos, abriu caminho para a utilização de transições eletrónicas como padrões para a medição do tempo. Este princípio é a base da definição atual do segundo, sustentada pelas transições hiperfinas do átomo de célio-133 e, mais recentemente, pelos relógios ópticos, por exemplo de estrôncio, itérbio ou cálcio. Paralelamente, os contributos de Werner Heisenberg, com o princípio da incerteza, e de Erwin Schrödinger, com a sua equação de onda, permitiram o enquadramento teórico que ainda hoje sustenta a modelação dos sistemas atómicos utilizados em Metrologia.

A contribuição de Paul Dirac foi igualmente determinante, com a formulação da equação relativística do eletrão e a fundamentação da quantização da carga elétrica, que permitiram consolidar a atual definição do ampere com base na carga elementar. Na segunda metade do século XX, emergiram dois contributos experimentais de grande impacto: o Efeito Josephson (EJ), descoberto por Brian Josephson, em 1962, que viabilizou a utilização de padrões quânticos de tensão elétrica, e o Efeito de Hall Quântico (EHQ), descoberto por Klaus von Klitzing, em 1980, que estabeleceu um padrão universal de resistência elétrica através da constante de von Klitzing. Estas descobertas,

reconhecidas com o Prémio Nobel da Física, possibilitaram a materialização destas duas grandezas elétricas através de padrões rastreáveis e invariáveis, dependentes apenas da constante de Planck e da carga elementar.

Finalmente, o trabalho de Bryan Kibble foi decisivo para a redefinição do kilograma. A sua invenção da balança de Kibble (anteriormente designada por balança de Watt) permitiu relacionar diretamente a constante de Planck com a unidade de massa, tendo esta realização experimental permitido substituir a dependência de um protótipo material de platina iridiada, o protótipo internacional do kilograma, guardado no Bureau Internacional dos Pesos e Medidas (BIPM), em Sèvres.

A culminar este percurso, em 2019, o SI passou a basear as suas unidades de base (kilograma, metro, segundo, ampere, kelvin, mole e candela) em constantes fundamentais da natureza, tais como a constante de Planck (h), a velocidade de luz no vazio (c), a carga elementar (e), a constante de Boltzmann (k) e a constante de Avogadro (N_A), tal como indicado na Tabela seguinte, em vez de artefactos materiais, propriedades de materiais ou descrições de medições.

Assim, o legado de mais de um século de investigação quântica traduz-se hoje em medições universais, robustas e sustentáveis, que constituem o pilar da ciência e da inovação tecnológica contemporânea. Os desenvolvimentos da ciência e das tecnologias, em particular no domínio da física quântica, têm permitido a realização prática destas unidades, conseguindo alcançar níveis de exatidão, limitada apenas pela estrutura quântica da natureza e pelas capacidades técnicas, e não pelas definições propriamente ditas.

O desenvolvimento de novos sistemas de medição, baseados em padrões quânticos e utilizando supercondutores, semicondutores, amostras de grafeno, entre outros sensores de elevada exatidão, exigem métodos validados e medições rastreáveis e comparáveis, pelo que a Metrologia Quântica não é apenas um suporte, mas também um motor de inovação técnico-científica. Atualmente, o desenvolvimento da Metrologia Científica está intimamente ligado às tecnologias quânticas emergentes, com implicações em setores estratégicos como

telecomunicações, defesa, saúde, segurança, energia, indústria e comércio internacional.

Padrões Quânticos no Sistema Internacional de Unidades

Padrões de tempo e frequência

As escalas de tempo formam a base da sociedade moderna, permitindo tecnologias como o GNSS (*Global Navigation Satellite System*), *radiowave interferometer arrays*, sincronização de redes em telecomunicações e sistemas de energia elétrica. Atualmente, existem 3 métodos primários para medição do tempo: Tempo Universal (UT), baseado no movimento de rotação da Terra; Tempo Efeméride (ET), baseado na órbita da Terra à volta do Sol; e Tempo Atómico (AT), baseado nos efeitos quânticos dos átomos. O Tempo Atómico Internacional (TAI) é uma escala de tempo uniforme, mantida pelo BIPM e baseada na transição atómica do átomo de Cs, de acordo com a definição do segundo do SI. A base de tempo civil, o Tempo Universal Coordenado (UTC), é uma escala atómica com a mesma taxa do TAI mas que se mantém em concordância com o UT em menos de 0,9 s. Desde a primeira observação da transição hiperfina do átomo de Cs-133, na década de 50 do século XX, que se especulou que os relógios atómicos podiam superar todas as referências temporais existentes. A exatidão da referência atómica levou em 1967 à redefinição do segundo do SI, que se tornou a primeira unidade a ter como base da sua definição um princípio da natureza em vez de um artefacto físico. O desenvolvimento dos relógios de Cs atingiu o seu pico com uma estabilidade na ordem dos 10^{-16} . Atualmente, este é o limite que se consegue obter utilizando a atual definição do segundo e a comunidade científica considera pouco realista conseguir melhorar este valor.

Nos últimos vinte anos, os avanços alcançados nos padrões de frequência óptica revelaram níveis de estabilidade e exatidão que ultrapassam, em pelo menos duas ordens de grandeza (10^{-18}), os dos atuais padrões de tempo baseados em micro-ondas. Esta evolução tecnológica levou a comunidade internacional de tempo e frequência a considerar a futura redefinição do segundo do SI, tendo por base padrões de frequência óptica, que oferecem um desempenho significativamente superior. Com esse objetivo, o BIPM elaborou um *roadmap* para orientar o processo de redefinição do segundo. Esse pla-

Grandeza	Unidade	Símbolo	Constante universal	Valor numérico	Unidade
Massa	kilograma	kg	constante de Planck	$h - 6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$	J s
Comprimento	metro	m	velocidade da luz no vazio	$c - 299\ 792\ 458$	m/s
Tempo	segundo	s	frequência de transição hiperfina do estado fundamental do átomo de ^{133}Cs não perturbado	$\Delta\nu_{\text{Cs}} - 9\ 192\ 631\ 770$	Hz
Corrente elétrica	ampere	A	carga elementar	$e - 1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$	C
Temperatura termodinâmica	kelvin	K	constante de Boltzmann	$k - 1,380\ 649 \times 10^{-23}$	J/K
Intensidade luminosa	candela	cd	eficácia luminosa	$K_{\text{cd}} - 683$	lm/W
Quantidade de matéria	mole	mol	constante de Avogadro	$N_A - 6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$	mol ⁻¹

Tabela 1

no estabelece critérios, indicadores e marcos de progresso destinados a avaliar a maturidade tecnológica e científica dos diferentes candidatos a padrões ópticos. O Comité Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) pretende, na 28.^a Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), a realizar em outubro de 2026, analisar propostas e identificar os melhores elementos atômicos a utilizar na construção dos relógios ópticos – tais como o estrôncio (Sr), o alumínio (Al) ou o ítrio (Yb). A adoção oficial da nova definição do segundo SI está prevista para a 29.^a CGPM, em 2035, quando se espera que a comunidade científica disponha de consenso técnico e comprovação experimental suficiente para garantir uma transição segura, estável e universalmente rastreável para os novos padrões óticos de tempo e frequência.

Padrões das grandezas elétricas

Na realização prática das unidades de medida das grandezas elétricas [3] através de métodos primários, os efeitos quânticos de Josephson e de Hall têm sido utilizados há décadas para a realização do volt e ohm, respetivamente.

O volt (V) é realizado utilizando o valor da constante Josephson, $K_J = 2e/h = 483\,597,848\,416\,984\text{ GHz V}^{-1}$. Os sistemas experimentais atuais (PJVS – *Programmable Josephson Voltage System*) que materializam este efeito utilizam *arrays* de milhares de junções (de materiais supercondutores, e.g. NbSi_x) (Figura 1), programadas para associar em série essas junções e gerarem valores de tensão entre 0 V e 10 V, com uma resolução de f/K_J , sendo f a frequência das micro-ondas (de alguns gigahertz) que irradiam essas junções, submetidas a temperaturas de alguns kelvins para assegurar a sua supercondutividade.

O ohm (Ω) é realizado utilizando o valor da constante de von Klitzing, $R_K = h/e^2 = 25\,812,807\,459\,3045\ \Omega$. Os sistemas experimentais que materializam este efeito submetem junções de heteroestruturas de materiais semicondutores (e.g. GaAs/AlGaAs) (Figura 1), a temperaturas próximas de 1 kelvin e a campos magnéticos elevados (dezenas de tesla) transversais à direção da corrente que percorre a amostra, possibilitando assim a observação de valores quantizados de resistência $R = R_K/n$, onde n é um número inteiro.

Comparações entre estes sistemas demonstram a possibilidade de obter incertezas relativas na ordem de algumas partes em 10^{-9} nos valores gerados.

Através da lei de Ohm, é possível realizar a unidade de corrente elétrica, o ampere (A), com base na relação $A = V/\Omega$, através do EHQ e do EJ. Paralelamente, o ampere pode também ser realizado de forma direta através de dispositivos que implementam o princípio de *single electron transport*, com base na relação $A = C/s$, no valor da carga elementar (e) fixada na definição do ampere e na realização prática da unidade de tempo segundo. Estes dispositivos recorrem a nanoestruturas concebidas para controlar a passagem individual de eletrões entre contactos metálicos, e ao efeito *quantum tunneling* para permitir a passagem de cargas através de barreiras de potencial em semicondutores. No entanto, esta realização do ampere apresenta ainda níveis de incerteza superiores aos obtidos indiretamente, através da Lei de Ohm e dos efeitos quânticos de Josephson e Hall.

Tecnologias Quânticas em Desenvolvimento na Metrologia

Relógios quânticos

Os relógios atômicos de última geração (Figura 2), baseados em transições ópticas, atingem estabilidades temporais da ordem de 10^{-18} , o que representa um avanço sem precedentes na medição do tempo. Este nível de desempenho tem impacto direto em múltiplos domínios tecnológicos, nomeadamente nas redes de comunicação, sistemas de navegação e posicionamento global e nas missões de exploração espacial. Estes relógios utilizam transições atômicas em frequências superiores às das frequências emitidas pelos átomos de célio, permitindo subdividir o segundo com uma exatidão superior em mais de 2 ordens de grandeza face aos relógios de célio, atualmente em uso como referência do SI. Embora os relógios comerciais utilizados nos satélites do sistema GNSS já incorporem os efeitos da relatividade, a exatidão e a estabilidade de um relógio óptico permite detetar variações de altitude da ordem de 1 cm, demonstrando o seu potencial em geodesia relativística. Entre as suas aplicações mais promissoras destacam-se:

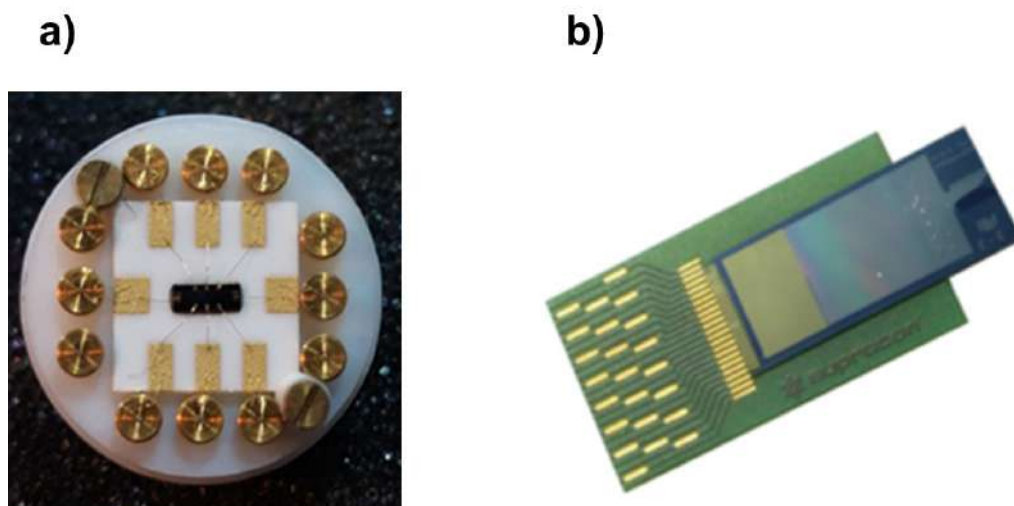


Figura 1: a) Amostra de Hall, com ligações ao longo da heteroestrutura semicondutora (©IPQ). b) Array de tensão Josephson com milhares de junções supercondutor-isolador-supercondutor (©Supracon)

- a medição do potencial gravítico da Terra, contribuindo para um mapeamento geodésico de precisão sem precedentes;
- a criação de redes de relógios óticos interligados por fibras óticas, capazes de detetar variações sísmicas e antecipar terremotos;
- e a monitorização de variações em constantes fundamentais da natureza, o que poderá fornecer indícios de uma nova física, ajudando a compreender a matéria escura e a energia escura (projeto europeu QSNET).

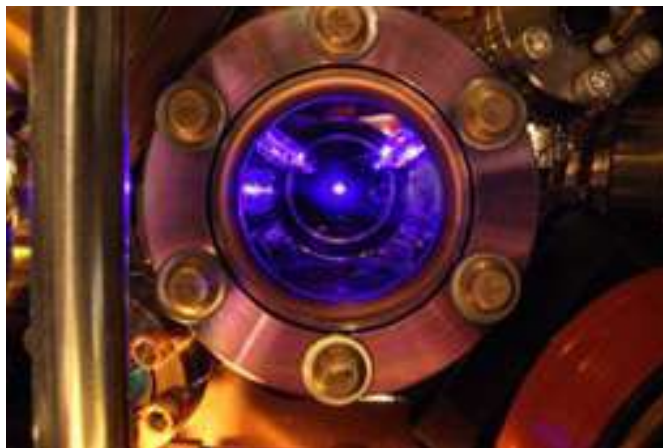


Figura 2: Relógio óptico de Sr, JILA.
(©The Ye group and Brad Baxley, JILA)

Padrões quânticos de resistência elétrica

Atualmente estão a ser estudados sistemas experimentais baseados no “efeito quântico de Hall anômalo”, como alternativa ao efeito de Hall clássico, com a vantagem destes sistemas funcionarem sem a necessidade de campo magnético [4]. Estes sistemas baseiam-se em materiais isoladores topológicos (e.g. Bi_2Se_3 e Bi_2Te_3) dopados com átomos magnéticos os quais permitem que surjam efeitos quânticos exóticos.

Outros sensores quânticos como o caso de memristores que podem gerar valores discretos múltiplos da condutância fundamental, à temperatura ambiente, e com a possibilidade de serem incorporados em circuitos integrados, estão a ser estudados com vista à sua utilização como padrões intrínsecos de resistência elétrica. A integração destes padrões na eletrónica dos instrumentos de medição, constituindo a sua referência metrológica, permitirá suportar processos de auto calibração e auto ajuste, com rastreabilidade direta ao SI, materializando o conceito de “NMI on chip” (*National Metrology Institute on a chip*) e eliminando a necessidade de longas cadeias de calibração, permitindo implementar “serviços metrológicos diretamente em microchips” [5].

Óptica quântica

A óptica quântica constitui atualmente um dos domínios mais ativos e inovadores da física fundamental e da física aplicada [6]. O estudo dos estados quânticos da luz, incluindo a sua representação, caracterização, coerência quântica e não separabilidade (emaranhamento) é uma das áreas de investigação mais desenvolvidas, conduzindo naturalmente à criação de fontes monofotónicas, um dos instrumentos essenciais da óptica quântica moderna. Outro campo de grande relevância é o da comunicação quântica, que explora sistemas óticos e métodos avançados para teletransporte quântico, memórias quânticas

e criptografia quântica, nomeadamente através da distribuição quântica de chaves (QKD – *Quantum Key Distribution*). Estes avanços possibilitam sistemas de comunicação intrinsecamente seguros, baseados em princípios fundamentais da mecânica quântica.

A produção quântica de imagens constitui igualmente uma área emergente, com aplicações potenciais em metrologia de precisão, biotecnologia e deteção remota, entre outras. Paralelamente, tem-se verificado um crescimento significativo no desenvolvimento de técnicas e dispositivos para metrologia ótica quântica e sensores baseados em coerência ótica quântica, com impacto direto na medição de grandezas físicas com incertezas extremamente reduzidas.

Na radiometria quântica, lidando-se com fluxos fotónicos extremamente baixos — da ordem de 10^6 fotões por segundo — recorrem-se a técnicas de contagem de fotões e a fontes monofotónicas [7].

Estas fontes são essenciais para a calibração de detetores monofotónicos, atualmente já tecnologicamente maduros e disponíveis comercialmente, como o díodo de avalanche monofotónico (SPAD), o sensor de bordo de transição (TES) e o detetor monofotónico de nanofio supercondutor (SNSPD), amplamente utilizados nas aplicações referidas anteriormente.

A fotónica quântica desempenha assim um papel central no desenvolvimento de padrões óticos de frequência e de sistemas de comunicação invioláveis, sustentando o avanço da Metrologia Quântica e da infraestrutura científica europeia. As fontes monofotónicas são, por isso, objeto de vários projetos de investigação colaborativos que envolvem Institutos Nacionais de Metrologia, centros de investigação e universidades europeias [8].

Na *mise en pratique* para a realização da candela [3], é já explicitamente referida a possibilidade de utilização de fontes monofotónicas, o que permitirá, no futuro, exprimir as grandezas fotométricas e radiométricas em função do número de fotões, reforçando a rastreabilidade quântica das medições de luz.

Implicações Societais

Os desenvolvimentos em Metrologia Quântica têm efeitos diretos em áreas críticas da sociedade, tais como:

- economia digital: comunicações seguras baseadas em criptografia quântica.
- saúde: técnicas de diagnóstico por imagem e sensores biomédicos de alta resolução.
- energia e ambiente: monitorização precisa de gases, campos e fluxos energéticos.
- indústria: padrões rastreáveis que suportam qualidade, inovação e comércio internacional.

A confiança nas medições e a rastreabilidade universal são elementos centrais para a segurança e para a tomada de decisão baseada em dados. Enquanto Instituição Nacional de Metrologia, o IPQ desempenha um papel essencial na implementação e no desenvolvimento dos padrões nacionais das unidades de medida, assegurando o rigor e a exatidão das medições realizadas, bem como a sua comparabilidade e rastreabilidade ao

SI, concretizando o objetivo constitucional de soberania no domínio dos padrões de medição e do controlo dos instrumentos de medição necessários à indústria e à sociedade portuguesa em geral.

No âmbito da Metrologia Quântica, o IPQ além de integrar a *European Metrology Network for Quantum Technologies* (EMN-Q) da EURAMET, participou no projeto de I&D “*Memristive Devices as Quantum Standard for Nanometrology*” para a implementação e desenvolvimento de dispositivos em chip (CMOS), integrados em instrumentação de laboratório, possibilitando a implementação de processos de auto ajuste e de auto calibração de instrumentos de medição ou de geração de grandezas elétricas. Esta nova aproximação para a realização da unidade elétrica de resistência, Ω , à temperatura ambiente e sem necessidade de um campo magnético, como acontece com o sistema primário de EHQ, embora com menor exatidão das medições, tem a grande vantagem de ter uma aplicação muito simplificada, com grande impacto industrial, dada a rastreabilidade imediata ao SI.

Referências

- [1] “O Sistema Internacional de Unidades”, Tradução luso-brasileira do SI - 2.ª edição, INMETRO / IPQ, 2025, ISBN: PT 978-972-763-189-6.
- [2] F. Bielsa; K. Fujita; A. Kiss; H. Fang et al., “Development of a beam mechanism for the BIPM Kibble Balance”, IEEE, 2024, 10.1109/CPEM61406.2024.10646070
- [3] “Mise en pratique for the definition of the ampere and other electric units in the SI”, SI Brochure - 9th edition (2019) - Appendix 2, 20 May 2019
- [4] Patel et al., “A zero external magnetic field quantum standard of resistance at the 10⁻⁹ level”, Nat. Electron 7, 1111-1116 (2024), ArXiv preprint: <https://arxiv.org/abs/2410.13365>
- [5] Gianluca Milano, Xin Zheng, Fabio Michieletti, Giuseppe Leonetti, Gabriel Caballero, Ilker Oztoprak, Luca Boarino, Özgür Bozat, Luca Callegaro, Natascia De Leo, Isabel Godinho, Daniel Granados, İtir Koymen, Mariela Menghini, Enrique Miranda, Luís Ribeiro, Carlo Ricciardi, Jordi Suñe, Vitor Cabral, Ilia Valov, “A quantum resistance memristor for an intrinsically traceable International System of Units standard”, Nature Nanotechnology, 2025, <https://doi.org/10.1038/s41565-025-02037-5>
- [6] Linares, J.; Prieto-Blanco, “Quantum Optics: Theory, Methods, and Applications”, Appl. Sci. 2025, 15(21), 11691, <https://doi.org/10.3390/app152111691>
- [7] Zwinkels, J.C.; Ikonen, E.; Fox, N.P.; Ulm, G.; Rastello, M.L.; “Photometry, radiometry and ‘the candela’: evolution in the classical and quantum world”, Metrologia 47 (2010) R15-R32, DOI:10.1088/0026-1394/47/5/R01
- [8] Kück, S. et al., “Single photon sources for quantum radiometry: a brief review about the current state-of-the-art”, Applied Physics B 128 (2022) 28, <https://doi.org/10.1007/s00340-021-07734-2>



Isabel Godinho é licenciada em Física, pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e doutorada em Física pela mesma Universidade. É, desde 2016, diretora do Departamento de Metrologia do Instituto Português da Qualidade e responsável pelo Subsistema Nacional de Metrologia, nas áreas da Metrologia Científica, Aplicada e Legal. Ingressou no Laboratório de Metrologia Elétrica do Laboratório Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (LNETI) em 1991 e esteve envolvida no desenvolvimento e materialização de padrões nas áreas da Metrologia elétrica, quântica e aceleração e em diversos projetos de cooperação e de I&D. É atualmente delegada nacional no âmbito do comité European Partnership on Metrology e representante nacional na EURAMET, no Comité Internacional de Metrologia Legal, da Organização Internacional de Metrologia Legal, e no BIPM.

Conclusão

A Física Quântica redefiniu a Metrologia e abriu caminho para padrões baseados em constantes fundamentais da natureza. O estado atual da Metrologia Científica demonstra avanços notáveis, nomeadamente no desenvolvimento de relógios ópticos, que irão contribuir para a redefinição do segundo, de sensores e sistemas de fotónica e eletrónica, com perspetivas de impacto transformador em múltiplos setores da sociedade, desde a segurança de dados e a navegação até à saúde, indústria e sustentabilidade ambiental, mas só poderão fazê-lo com base em medições fiáveis, rastreáveis e comparáveis a nível internacional. A colaboração ativa entre Institutos Nacionais de Metrologia (como o IPQ), a academia e a indústria são essenciais para continuar a impulsionar a investigação, a normalização e a transferência de conhecimento, assegurando a liderança europeia neste domínio. A nível nacional, o IPQ desempenha um papel catalisador, promovendo e participando no ecossistema europeu da Metrologia Quântica, nomeadamente em redes europeias e em projetos de I&D, incentivando e acelerando o desenvolvimento e a adoção das tecnologias quânticas através de medições comparáveis e rastreadas. O futuro da Metrologia Quântica dependerá da capacidade de consolidar infraestruturas globais de confiança, capazes de responder aos desafios científicos, tecnológicos e sociais.



Carlos Pires é licenciado em Engenharia Física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e, pela mesma faculdade, fez o mestrado em Engenharia Física. Em 2007, iniciou as suas funções no Laboratório de Velocidade do Laboratório Nacional de Metrologia, do Instituto Português da Qualidade, como Técnico Superior. Em 2015, assume as funções de Responsável Técnico pelo domínio do Tempo e da Frequência, tendo como principal função realizar e disseminar o segundo, bem como dar rastreabilidade à unidade a nível nacional. Atualmente, desempenha as funções de presidente do Comité Técnico de Tempo e Frequência (TC-TF) da EURAMET.



Olivier Pellegrino, PhD em Física, pela Université de Paris 6, Licenciatura de Engenharia Química, técnico superior no Instituto Português da Qualidade (IPQ) onde, desde 2002, é responsável pelos Domínios Metrológicos de Fotometria, Radiometria e Radiofrequências no Departamento de Metrologia, representando o IPQ em Comissões Técnicas de Normalização CTE 01 – Terminologia, CTE 25- Grandezas e Unidades e CT 225 – Aplicações de Métodos Estatísticos, com participações em vários projetos de investigação científica europeus. É membro da equipa editorial da Gazeta de Física, da Sociedade Portuguesa de Física.



Vitor Cabral é licenciado em Engenharia Física pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Em 2014, iniciou funções no Laboratório de Eletricidade do Laboratório Nacional de Metrologia, do IPQ - Instituto Português da Qualidade, sendo atualmente Responsável Técnico dos domínios elétrico, termometria e higrometria e representante do IPQ no Comité Técnico da Eletricidade e Magnetismo da EURAMET. Tem participado em diversos projetos de investigação internacionais no âmbito dos programas coordenados pela EURAMET.