



9.º Encontro Nacional da SPMet



Instituto Superior de Engenharia do Porto

25 de outubro de 2024

Porto, Portugal





FICHA TÉCNICA

Editores:

Ana Duarte ¹

Carlos Pedro Ferreira ²

Frederico Jacob ³

Olivier Pellegrino ⁴

Paulo Cabral ⁵

¹ Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (RELACRE)

² SONДАР.i

³ Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

⁴ Instituto Português da Qualidade (IPQ)

⁵ Instituto Electrotécnico Português (IEP)

Texto elaborado desde a reprodução direta dos originais preparados pelos autores indicados. Apesar do cuidado na preparação desta publicação, de forma a garantir a sua qualidade, originalidade e integridade, os editores não assumem qualquer responsabilidade pelo conteúdo e por possíveis incorreções nos textos.



ÍNDICE

APOIOS	4
PATROCÍNIOS	4
MEDIA PARTNER	4
PREFÁCIO	5
COMISSÃO ORGANIZADORA	6
COMISSÃO CIENTÍFICA	6
LOCALIZAÇÃO	7
ORADORES CONVIDADOS	8
PROGRAMA	9
RESUMOS da SESSÃO 1	12
RESUMOS da SESSÃO 2	16
RESUMOS da SESSÃO 3	22
RESUMOS da SESSÃO 4	26



APOIOS



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

Instituto
Português
da Qualidade

iep
instituto
electrotécnico
português



PATROCÍNIOS

iep
instituto
electrotécnico
português

SONDAR.i SONDAR.LAB LCM LIBERTIA UVW LMEG

ESPECIALISTAS EM CALIBRAÇÃO E MEDIDA



EGITRON®



MRA
GRUPO ÁLAVA



Trescal

Testwall
Test & Measurement

LIQ Laboratório
Industrial da
Qualidade



NORMAX® 70
1954
2024

ADMEdida



ESPECTRAL

MEDIA PARTNER

INDUSTRI&AMBIENTE
REVISTA DE INFORMAÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA



PREFÁCIO

A Sociedade Portuguesa de Metrologia (SPMet) tem por objetivo promover o estudo, o desenvolvimento e a divulgação da Metrologia, contribuindo para a expansão do ensino neste domínio, estimular a investigação científica e a difusão de conhecimentos, promover a edição de publicações, estabelecer relações com sociedades científicas nacionais e internacionais, incentivar a participação nacional em congressos internacionais e promover a realização de reuniões científicas em Portugal.

A Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (RELACRE) tem como missão apoiar e promover a comunidade portuguesa de entidades de avaliação da conformidade acreditadas, contribuindo para o seu reconhecimento na sociedade e para o desenvolvimento e credibilização da sua atividade.

O Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), como instituição de ensino superior, tem como missão a formação de cidadãos de elevada competência profissional, científica e técnica, numa ampla diversidade de perfis de qualificação, na investigação e transferência aplicada de tecnologia e do saber, na criação e difusão da cultura e do conhecimento científico, no compromisso com o desenvolvimento sustentável do país, num quadro de referência internacional.

O Encontro Nacional da SPMet tem um âmbito científico e a Comissão Organizadora pretende dinamizar a discussão de temas relevantes para os organismos, instituições e pessoas individuais com atividade na área da Metrologia.





COMISSÃO ORGANIZADORA

SPMet

Paulo Cabral
Elsa Batista
Olivier Pellegrino
Fátima Cachada
Carlos Pedro Ferreira

RELACRE

Jorge Serra
Ana Duarte
Cláudia Silva

ISEP

Maria João Viamonte
António Silveira Alberto
Frederico Jacob

COMISSÃO CIENTÍFICA

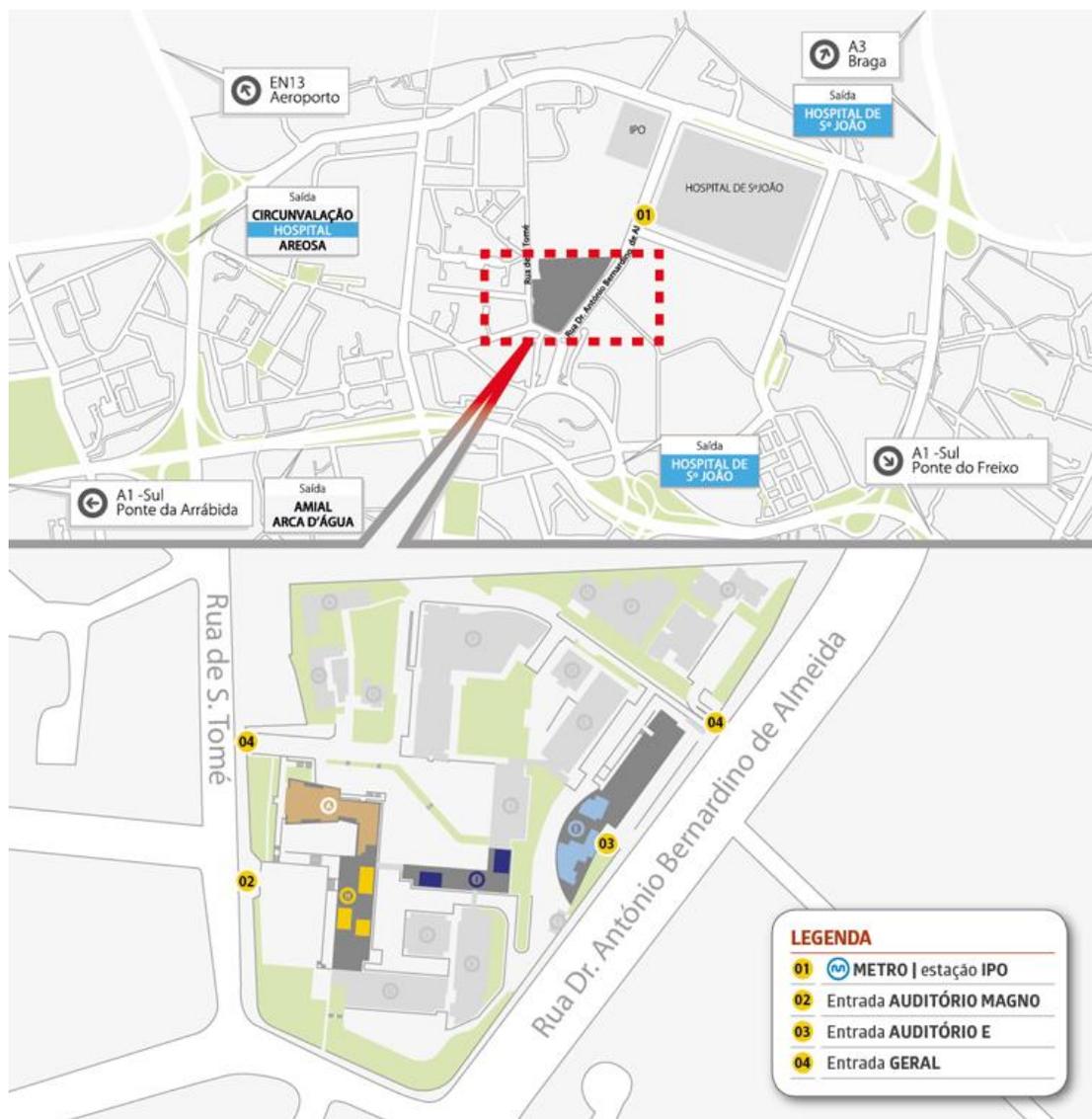
Dinis dos Santos, António Vallera, Dinis Pestana, Filomena Camões, Helena Navas, Ivette Gomes, João Sousa Lopes, José Manuel Rebordão, Luís Pleno de Gouveia, Mário Nunes



LOCALIZAÇÃO

O Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) tem uma localização privilegiada e com ótimos acessos. De metro, basta apanhar a linha D, a chamada linha amarela, e sair na estação IPO. Até ao ISEP são menos de cinco minutos a pé. Através dos autocarros da STCP, as linhas 803, 300 e 301 passam todas na paragem ISEP. De carro, está próximo da A3 e da VCI.

O 9.º Encontro Nacional da SPMet decorre no Auditório E do ISEP, um espaço moderno, agradável e localizado numa zona por excelência para as realização de congressos.





ORADORES CONVIDADOS

Pedro Salomé - International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL)
FOTOVOLTAICO EM PORTUGAL: NECESSIDADES E SOLUÇÕES INOVADORAS



João Gomes - b.again | grupo dst
BATERIAS E A NOVA GERAÇÃO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA



Mónica Cerquido - Bosch Car Multimédia
SENSORES E ÓTICA APLICADA AOS CARROS AUTÓNOMOS



Jorge Carneiro – Agência para a Energia (ADENE)
O PAPEL DA METROLOGIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA





PROGRAMA

NO MUSEU DO ISEP ESTÁ PATENTE A EXPOSIÇÃO "A ARTE DA PRECISÃO" (<https://isep.ipp.pt/New/ViewNew/7191>). O MUSEU ESTÁ ABERTO PARA VISITAS PELOS PARTICIPANTES NO ENCONTRO, DAS 10:00 ÀS 12:00 E DAS 14:00 ÀS 17:00.

08:30 – Receção e registo dos participantes

09:30 – **SESSÃO DE ABERTURA**

09:45 – Apresentação convidada

FOTOVOLTAICO EM PORTUGAL: NECESSIDADES E SOLUÇÕES INOVADORAS

Pedro Salomé (INL)

Sessão 1: METROLOGIA, SAÚDE E AMBIENTE (1ª parte)

moderador: **Frederico Jacob (ISEP)**

10:15 – **A METROLOGIA EM ENGENHARIA BIOMÉDICA - OPORTUNIDADES E DESAFIOS NA UTILIZAÇÃO DE NOVOS DISPOSITIVOS** – *Carlos Rodrigues (INESC TEC)*

10:30 – **DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE CAUDAL E VOLUME EM SISTEMAS MICROFLUÍDICOS** – *Elsa Batista, João Alves e Sousa (IPQ), Diogo Fortes (Universidade NOVA de Lisboa)*

10:45 – **METROLOGIA COMO APOIO À CIRURGIA OFTÁLMICA A LASER** – *Tânia Farinha, David Manaia, Joaquim Guedelha (Trescal Portugal)*

11:00 – INTERVALO (*coffee break* e visita à área de exposição e *networking*)

11:30 – Apresentação convidada

BATERIAS E A NOVA GERAÇÃO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

João Gomes (b.again | grupo dst)



Sessão 2: METROLOGIA, SAÚDE E AMBIENTE (2ª parte)

moderadora: **Elsa Batista (IPQ)**

12:00 – DA SUSTENTABILIDADE DO SI – *Olivier Pellegrino (IPQ)*

12:15 – ESTUDO METROLÓGICO SOBRE TENSÃO SUPERFICIAL E SALINIDADE ABSOLUTA – *M. Serra, Sara Moura, Raquel Quendera, Olivier Pellegrino (IPQ)*

12:30 – PREPARAÇÃO DE PADRÕES GASOSOS DE ETANOL EM AR – *Carlos J. Costa, Cristina Palma, Florbela A. Dias (IPQ)*

12:45 – AS “ARTES” DO MUSEU - DA PALEOGRAFIA E ARQUEOLOGIA... À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL – *António Neves (IPQ)*

13:00 – ALMOÇO

14:15 – Apresentação convidada

SENSORES E ÓTICA APLICADA AOS CARROS AUTÓNOMOS

Mónica Cerquido (Bosch Car Multimédia)

Sessão 3: METROLOGIA, INDÚSTRIA E DESENVOLVIMENTO (1ª parte)

moderador: **António Silveira Alberto (ISEP)**

14:45 – RASTREABILIDADE AO SI EM MEDIÇÃO DE PARÂMETROS DE RUGOSIDADE – *Fernanda Saraiva (IPQ)*

15:00 – MÁQUINAS DE ENSAIO DE BETÃO – VERIFICAÇÃO DO PRATO SUPERIOR E DOS COMPONENTES DA MÁQUINA COM MECANISMOS IMPRESSOS A 3D – *Emanuel Paquete Correia (LREC Açores)*

15:15 – ENSAIO DE APTIDÃO NACIONAL NO DOMÍNIO DE FORÇA – *Isabel Spohr (IPQ), Cláudia Silva (RELACRE)*



15:30 – Apresentação convidada

O PAPEL DA METROLOGIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Jorge Carneiro (ADENE)

Sessão 4: METROLOGIA, INDÚSTRIA E DESENVOLVIMENTO (2ª parte)

moderador: **Paulo Cabral (IEP)**

16:00 – MEDIÇÃO ÓPTICA DE VARÕES DE GFRP PARA ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO – *Ricardo Mendes, Alexandre Pinheiro, Ana Sofia Louro, Luís Lages Martins, Susana Cabral-Fonseca (LNEC)*

16:15 – CONTRIBUTOS DA COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO CT124 PARA A SUSTENTABILIDADE – *Vítor Ramos (CT 124 / ITG)*

16:30 – GESTÃO DE CALIBRAÇÕES NUM AMBIENTE DE MANUFATURA ZERO DEFEITOS – *João Pedro Mendonça, Isabel Lopes (Universidade do Minho), Armindo Oliveira, Pedro Menezes, Filipe Domingues (EGITRON), Francisco Alba, Cláudia Pires (CATIM)*

16:45 – TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA, TECNOLOGIA DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO, PARA VALIDAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS – *Fernando Ferreira (CATIM)*

17:00 – Mesa redonda: METROLOGIA, SUSTENTABILIDADE E SOCIEDADE

moderador: **Carlos Pedro Ferreira (SONDAR.i)**

participantes:

Teresa Franqueiro (Universidade de Aveiro)

Miguel Oliveira (Universidade de Aveiro)

Paulo Gomes (LMEG / SondarLab)

Luís Pires (ABIMOTA)

Rui Simões (APEB)

17:45 – SESSÃO DE ENCERRAMENTO



RESUMOS da SESSÃO 1

A METROLOGIA EM ENGENHARIA BIOMÉDICA - OPORTUNIDADES E DESAFIOS NA UTILIZAÇÃO DE NOVOS DISPOSITIVOS

Carlos Rodrigues (INESC TEC)

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE CAUDAL E VOLUME EM SISTEMAS MICROFLUÍDICOS

Elsa Batista, João Alves e Sousa (IPQ), Diogo Fortes (Universidade NOVA de Lisboa)

METROLOGIA COMO APOIO À CIRURGIA OFTÁLMICA A LASER

Tânia Farinha, David Manaia, Joaquim Guedelha (Trescal Portugal)



A METROLOGIA EM SAÚDE - OPORTUNIDADES E DESAFIOS NA UTILIZAÇÃO DE NOVOS DISPOSITIVOS

Carlos Rodrigues¹

¹Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, 4200-465 Porto
carlos.b.rodrigues@inesctec.pt

RESUMO

Tomando como ponto de partida a medição como base de melhoria, a metrologia tem vindo a impor-se nos vários ramos de atividade humana com impacto nas múltiplas dimensões da sustentabilidade, nomeadamente económica, ambiental e de saúde, sendo a sua importância reconhecida com o lançamento pela UNESCO em 2024 do Dia Mundial da Metrologia no âmbito da Década Internacional das Ciências para o Desenvolvimento Sustentável (2024-2033). Em particular, na área da saúde a certificação de equipamentos médicos obedece a regras estritas definidas pelas organizações internacionais responsáveis, além do cumprimento das normas ISO (*International Organization for Standardization*), nomeadamente pela FDA (*Food and Drug Administration*) nos EUA e a EMA (*European Medicines Agency*) na Europa, cujas regulamentações são transpostas para as normas de cada estado-membro.

A definição legal do termo dispositivo médico de acordo com Webster *et al.* [1] como um artigo utilizado para fins médicos que não faz depender o seu funcionamento de uma ação química para atingir o efeito pretendido, foi inicialmente introduzida por Kessler *et al.* [2]. Não obstante, uma outra categoria de dispositivos *wearables* de utilização comum têm vindo a ganhar uma importância crescente no mercado, permitindo a monitorização contínua dos sinais vitais, bem como da atividade física e de outros parâmetros de saúde. Não sendo classificados como dispositivos médicos, a aprovação e validação destes dispositivos não se encontra sob a alçada direta das agências regulatórias, colocando-se a questão da confiança sobre os dados fornecidos pelos mesmos, bem como sobre a forma mais adequada de enquadrar a utilização deste tipo de dispositivos em virtude do risco de interpretação da informação fornecida pelos mesmos em termos de validade clínica, particularmente no diagnóstico e prescrição em áreas críticas como a cardiorrespiratória e neuromotora, entre outras.

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA, DISPOSITIVOS MÉDICOS, WEARABLES

REFERÊNCIAS

- [1] J. G. Webster, et al. “Medical instrumentation, Application and design” John Wiley & Sons, Inc., 3rd ed, (1998), pág.: 38-39.
- [2] D. A. Kessler, et al. “The federal regulations of medical devices”, N. Engl. J. Med., 317, 6, pág.: 357-366, (2017).



DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE CAUDAL E VOLUME EM SISTEMAS MICROFLUÍDICOS

Elsa Batista¹, João Alves e Sousa¹, Diogo Fortes²

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

²Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica

ebatista@ipq.pt

RESUMO

As aplicações da tecnologia microfluídica estão a crescer exponencialmente, especialmente na área da saúde, com destaque para órgãos em *chip* e a caracterização de novos fármacos em “Lab-on-a-chip” [1]. Esta tecnologia sustentável permite reduzir o tempo de ensaio e a quantidade de reagentes utilizados, graças às dimensões micrométricas dos dispositivos microfluídicos (área comum de canais microfluídicos na ordem de 50 mm por 100 mm). Portanto, é essencial garantir a exatidão das medições e a rastreabilidade destes dispositivos através de métodos de calibração e ensaio adequados para as diferentes grandezas medidas.

O Laboratório de Volume e Caudal do Instituto Português da Qualidade, no âmbito da sua participação no projeto MFMET - “Establishing Metrology Standards in Microfluidic Devices”, financiado pelo “European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR)”, comparou diferentes métodos de medição de caudal e volume em sistemas microfluídicos, nomeadamente o método gravimétrico [2] e o método “front track” [3]. Foram utilizados vários *chips* microfluídicos de diferentes materiais, como vidro e PDMS (polidimetilsiloxano), e dois geradores de caudal distintos: uma seringa perfusora e uma bomba de pressão.

Os resultados obtidos pelos dois métodos foram consistentes, mas verificou-se que o método gravimétrico oferece melhor exatidão e menor incerteza nos resultados tanto em volume quanto em caudal. No entanto, o método “front track” tem a vantagem de permitir a medição do caudal diretamente no canal microfluídico.

PALAVRAS-CHAVE: VOLUME, CAUDAL, MICROCHIPS, INCERTEZA, GRAVIMETRIA, FRONT TRACK

REFERÊNCIAS

- [1] Ayuso, J.M., et al., A role for microfluidic systems in precision medicine. *Nature Communications*, 2022. 13(1): p. 3086.
- [2] Bissig, H., Petter, H. T., Lucas, P., Batista, E., Filipe, E., Almeida, N., ... & Sparreboom, W. (2015). Primary standards for measuring flow rates from 100 nL/min to 1 mL/min—gravimetric principle. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 60(4), 301-316.
- [3] EURAMET Guide 27 - Guidelines for the Calibration of Drug Delivery Devices and Infusion Device Analysers | TC-F | Version 1.0, 02/2024.



METROLOGIA COMO APOIO À CIRURGIA OFTÁLMICA A LASER

Tânia Farinha¹, David Manaia¹ e Joaquim Guedelha¹

¹Trescal Portugal, Rua 1º de dezembro, 2695-727 São João da Talha
tania.farinha@trescal.com

RESUMO

Os efeitos terapêuticos da luz foram observados ainda no século VI a.c., no entanto foi apenas em 1903 que a fototerapia foi reconhecida como ciência após Niels Finsen, médico fisiologista dinamarquês, receber o Prémio Nobel de Medicina, devido à sua contribuição no tratamento de doenças, principalmente lúpus vulgar, com radiação luminosa concentrada, abrindo um novo caminho para a ciência médica. [1]

Atualmente a terapia por LASER (*light amplification by stimulated emission of radiation*) é amplamente utilizada em especialidades de medicina como: ginecologia, oncologia, dermatologia, oftalmologia, cardiologia, urologia, ortopedia e neurologia.

A fototerapia não é apenas uma inovação no tratamento médico, mas apresenta também inúmeros benefícios em termos económicos e ambientais, uma vez que reduz o custo dos tratamentos e a utilização de produtos químicos agressivos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Atualmente a cirurgia oftálmica a LASER é um procedimento simples bastante seguro e de alta precisão, que permite corrigir algumas condições oculares. O LASER de fluoreto de argon emite um comprimento de onda de 193 nm e é utilizado na cirurgia refrativa por laser de alta tecnologia – LASIK. A LASIK tem cerca de 30 anos e “é provavelmente das cirurgias mais bem-sucedidas na história da ciência médica, é utilizada para corrigir a miopia, astigmatismo e hipermetropia. [2] Os LASERs utilizados em medicina devem ser periodicamente controlados com vista à avaliação da sua potência e/ou energia emitida, para serem considerados seguros na utilização em pacientes. A Trescal Portugal desenvolveu recentemente um método que permite a calibração dos sensores de potência e energia que permitem controlar os parâmetros de saída destes LASERs, sendo assim possível obter resultados confiáveis, seguros e rastreáveis.

PALAVRAS-CHAVE: CIRURGIA OFTÁLMICA, FOTOTERAPIA, LASER, LASIK

REFERÊNCIAS

[1] <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1903/summary/>

[2] https://spoftalmologia.pt/perguntas_frequentes/cirurgia-refrativa-laser-lasik-e-prk/



RESUMOS da SESSÃO 2

SUSTENTABILIDADE DO SI

Olivier Pellegrino (IPQ)

ESTUDO METROLÓGICO SOBRE TENSÃO SUPERFICIAL E SALINIDADE ABSOLUTA

M. Serra, Sara Moura, Raquel Quendera, Olivier Pellegrino (IPQ)

PREPARAÇÃO DE PADRÕES GASOSOS DE ETANOL EM AR

Carlos J. Costa, Cristina Palma, Florbela A. Dias (IPQ)

AS “ARTES” DO MUSEU - DA PALEOGRAFIA E ARQUEOLOGIA... À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

António Neves (IPQ)



DA SUSTENTABILIDADE DO SI

Olivier Pellegrino¹

¹Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829-513 Caparica
opellegrino@ipq.pt

RESUMO

Esta comunicação pretende ilustrar a sustentabilidade do Sistema Internacional de unidades (SI) através das recentes alterações ocorridas. Em primeiro lugar, são apresentadas algumas consequências da revisão ocorrida em 2019. É assim abordada a utilidade da distinção entre as unidades de base e as unidades derivadas do SI [1].

Com efeito, essas unidades derivadas podem ser mais diretamente ligadas às constantes definidoras do que as unidades de base [2]. Num segundo lugar, o alargamento dos prefixos do SI, aprovado em 2022, é apresentado e é lembrado a evolução dos prefixos SI desde a criação do Bureau Internacional dos Pesos e Medidas (BIPM) [3]. Algumas sugestões de futuros desenvolvimentos são também apresentadas [4], [5].

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA, CONSTANTES DEFINICIONAIS, UNIDADES SI, PREFIXOS SI

REFERÊNCIAS

- [1] R. J. C. Brown “On the distinction between SI base units and SI derived units”, *Metrologia*, 61, 013001, (2024).
- [2] P. Blattner, R. J. C. Brown “Relating SI units to the ‘defining constants’”, *Metrologia*, 61, 043001, (2024).
- [3] R. J. C. Brown “A further short history of the SI prefixes”, *Metrologia*, 60, 013001, (2023).
- [4] R. J. C. Brown “Considerations on compound SI prefixes”, *Measurement*, 140, 237-9, (2019).
- [5] R. J. C. Brown “Future requirements for non-decimal unit prefixes in chemical measurement”, *Accredit. Qual. Assur.*, 24, 245-7, (2019).



ESTUDO METROLÓGICO SOBRE TENSÃO SUPERFICIAL E SALINIDADE ABSOLUTA

M. Serra¹, Sara Moura¹, Raquel Quendera¹, Olivier Pellegrino¹

¹Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829-513 Caparica
smoura@ipq.pt

RESUMO

A circulação de água nos oceanos deve-se às diferenças observadas na temperatura, pressão e teor de matéria orgânica dissolvida [1]. Sabe-se, no entanto, que a concentração de matéria inorgânica presente na água do mar permanece relativamente constante. Os resultados de massa volúmica do conteúdo total de sais presentes em amostras de água do mar, medidos com um densímetro de tubo vibrante, e os resultados de índice de refração mostraram uma correlação direta com a salinidade absoluta [2]. A água do mar artificial (*artificial seawater*, ASW) tamponada com TRIS (tris(hidroximetil)aminometano) é considerada um padrão primário, rastreável à célula de Harned, correspondendo à composição da água do mar natural, de acordo com as recomendações da Associação Internacional para as Ciências Físicas dos Oceanos (IAPSO) 2008. Em particular, a ASW é utilizada para calibrar instrumentos de medição de pH em estudos oceanográficos [3], [4], [5].

Este trabalho pretende apresentar os resultados preliminares de um estudo metrológico sobre a relação entre a tensão superficial, γ , e a salinidade absoluta, S_A , de amostras de água do mar tamponada artificial e soluções aquosas de NaCl (cloreto de sódio). Foram testadas matrizes de água do mar artificial com $S_A = 35$ g/kg (tampão TRIS e ácido clorídrico, em ASW e padrão de água do mar, OSIL) e soluções aquosas de NaCl no intervalo de S_A de [35; 100] g/kg para avaliar a relação matemática entre γ , S_A e t relativamente à da água ultrapura, como evidenciado pela Associação Internacional para as Propriedades da Água e do Vapor (IAPWS) [6], [7].

Observou-se que a tensão superficial apresenta uma relação com a salinidade absoluta e a temperatura, principalmente devido às interações intermoleculares nestes sistemas, permitindo relacionar matematicamente estas grandezas. Neste trabalho, o balanço das incertezas de medição foi realizado de acordo com o GUM (*Guide to the expression of uncertainty in measurement*) [8] e por meio de aplicações elaboradas por Laboratórios Nacionais de Metrologia disponíveis na *internet* [9], [10]. Obtiveram-se relações lineares entre tensão superficial e temperatura para cada valor de salinidade absoluta testada, assim como entre a tensão superficial e salinidade. Os valores obtidos foram comparados com os presentes na literatura [7]. Do mesmo modo, estudou-se a possibilidade da utilização de sistemas mais simples para mimetizar o comportamento da água do mar em tensão superficial, dando aso à sua futura utilização como material de referência certificado.

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA, TENSÃO SUPERFICIAL, SALINIDADE ABSOLUTA, ÁGUA DO MAR ARTIFICIAL TAMPONADA

REFERÊNCIAS

- [1] R. Pawlowicz “Key Physical Variables in the Ocean: Temperature, Salinity, and Density”, *Nature Education Knowledge*, 4(4), 13, (2013).
- [2] A. Furtado et al. “Absolute salinity determination by oscillation-type densimetry and refractometry”, *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 13, 10, (2022).
- [3] T. A. DelValls et al. “The pH of buffers based on 2-amino-2-hydroxymethyl-1, 3-propanediol (‘tris’) in synthetic sea water”, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 45(9), 1541-1554, (1998).
- [4] G. M. Marion et al. “pH of seawater”, *Marine Chemistry*, 126(1-4), 237-9, (2011).

continua na página seguinte →



- [5] A. G. Dickson et al. “Metrological challenges for measurements of key climatological observables. Part 3: seawater pH”, *Metrologia*, 53(1), R26, (2015).
- [6] IAPWS (2014) Revised Release on Surface Tension of Ordinary Water Substance, disponível em: <http://www.iapws.org>.
- [7] IAPWS (2019) Guideline on the Surface Tension of Seawater, disponível em: <http://www.iapws.org>.
- [8] Evaluation of Measurement Data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008.
- [9] National Institute of Standards and Technology (NIST), NIST Uncertainty Machine, disponível em: <https://uncertainty.nist.gov/>.
- [10] Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), LNE Uncertainty software, disponível em <https://www.lne.fr/en/software/lne-uncertainty-evaluating-measurement-uncertainties-using-gum-and-monte-carlo>.



PREPARAÇÃO DE PADRÕES GASOSOS DE ETANOL EM AR

Carlos J. Costa¹, Cristina Palma¹, Florbela A. Dias¹

¹Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829-513 Caparica
ccosta@ipq.pt

RESUMO

O Laboratório de Alcoolimetria do Instituto Português da Qualidade efetua a calibração de alcoolímetros de despiste e é responsável pelo controlo metrológico legal de alcoolímetros evidenciais, em Portugal.

Nos ensaios laboratoriais, são utilizadas misturas gasosas de etanol em nitrogénio para simular diferentes teores de álcool no ar expirado (T_{AE}), que, por sua vez, vão corresponder a diferentes teores de álcool no sangue (T_{AS}). Estes materiais de referência certificados (MRC) são preparados no Laboratório de Gases de Referência (LGR), do Instituto Português da Qualidade, de acordo com as normas ISO 6142-1:2015 [1], ISO 6143:2001 [2] e NP EN ISO 17034:2020 [3], e para o qual possui capacidade de medição e calibração (CMC), inscrita na base de dados do *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM).

Com a recente republicação da portaria que regulamenta o controlo metrológico de alcoolímetros [4], passou-se a adotar as orientações da versão atual da Recomendação da Organização de Metrologia Legal (OIML), R 126 [5] [6]. Neste documento, é referido que, em caso de ser utilizado gás sob pressão para gerar os padrões gasosos de etanol, o principal componente deste deverá ser o ar seco. Assim, com vista à adoção desta medida nos ensaios realizados no Laboratório de Alcoolimetria, foi efetuado um estudo sobre a capacidade de produção deste tipo de misturas no LGR e estabelecida a correspondência com os padrões de etanol em nitrogénio, tradicionalmente utilizados.

Foram preparadas duas misturas com uma fração molar de aproximadamente 190 $\mu\text{mol/mol}$ de etanol. Uma em matriz de nitrogénio e outra em matriz de ar seco. Ambas foram posteriormente calibradas por espectroscopia de infravermelho não dispersivo (NDIR) e por cromatografia gasosa com deteção por ionização de chama (GC-FID).

Neste trabalho, são apresentados os resultados obtidos, nomeadamente, o estudo de interferentes efetuado no analisador NDIR e a comparação dos resultados obtidos pelos dois métodos analíticos utilizados, NDIR e GC-FID. Futuramente, prevê-se enviar a mistura de etanol em ar seco para um laboratório congénere para um ensaio de comparação interlaboratorial, com vista à validação do método e suportar a inscrição de uma nova CMC.

PALAVRAS-CHAVE: ALCOOLIMETRIA, ALCOOLÍMETRO, ETANOL EM AR, MATERIAL DE REFERÊNCIA

REFERÊNCIAS

[1] ISO 6142-1:2015 – Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Part 1: Gravimetric method for Class I mixtures.

[2] ISO 6143:2001 – Gas analysis — Comparison methods for determining and checking the composition of calibration gas mixtures.

[3] NP EN ISO 17034:2020 – Requisitos gerais para a competência dos produtores de material de referência.

[4] Portaria n.º 366/2023, de 15 de novembro, Aprova o Regulamento do Controlo Metrológico Legal dos Alcoolímetros.

[5] OIML R 126-1:2021 (E), Evidential breath analysers, Part 1: Metrological and technical requirements.

[6] OIML R 126-2:2021 (E), Evidential breath analysers, Part 2: Metrological controls and performance tests.



AS “ARTES” DO MUSEU - DA PALEOGRAFIA E ARQUEOLOGIA... À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

António Neves¹

¹Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829-513 Caparica
aneves@ipq.pt

RESUMO

O Museu de Metrologia do IPQ encontra-se num processo de transição digital, no que respeita às formas de divulgação da informação e apoio aos visitantes. Na Exposição Permanente “Pesos e Medidas em Portugal” é já possível aceder a informação sobre o contexto histórico da criação/utilização das peças expostas, utilizando um *smartphone*, através de códigos QRCode, que remetem para vídeos explicativos em português, construídos com tecnologias emergentes, incluindo inteligência artificial. Até final do ano, essa informação poderá também ser acedida em inglês e francês. Contudo, o conhecimento assim transmitido continua a depender de ferramentas de investigação tradicionais, nomeadamente, para os documentos escritos, a paleografia, e para os vestígios materiais não escritos, a arqueologia. Apresentam-se dois casos concretos da utilização destas “ciências”, os quais contribuíram para produzir a narrativa histórica transmitida sobre a maior reforma metrológica anterior ao Sistema Métrico Decimal.

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA, PALEOGRAFIA, ARQUEOLOGIA, HISTÓRIA, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, TRANSIÇÃO DIGITAL

REFERÊNCIAS

- [1] BARBOSA, Duarte (1812-1813) - "Livro de Duarte Barbosa"; in Coleção de notícias para a história e geografia das nações ultramarinas que vivem nos domínios portugueses ou que lhes são vizinhas. Lisboa: Academia Real das Ciências, tomo 2, n.º 7, 231-396.
- [2] COUVREUR, Raúl da Costa - O nome do marco abolido por D. João II por provisão de 14 de Outubro de 1488. In Anais das bibliotecas e arquivos de Portugal: Revista Trimestral de Bibliografia, Bibliografia, Biblioteconomia, Bibliotecografia, Arquivologia, etc. Vol. XVI, n.ºs 63 e 64 ([1942]). Lisboa: Tipografia da Empresa Nacional de Publicidade, 1944.
- [3] Livro Em que dá relação do que viu e ouviu no Oriente Duarte Barbosa. Introdução e notas de Augusto Reis Machado. Lisboa: Divisão de Publicações e Biblioteca, Agência Geral das Colónias, 1946.
- [4] LOPES, Luís Seabra - Os Marcos de Colonha e de Tria e a Reforma dos Pesos de Dom João II (1487-1488); in Revista Portuguesa de História. ISSN: 0870.4147, t. 51, (2020), p. 83-105.
- [5] VIANA, Mário - O arrátel em Portugal nos séculos XIV e XV e o seu contexto económico; in Regulamentação dos Mesteres em Portugal nos Finais da Idade Média. Laboratório de Paisagens Património e Território, Vol. II, 2022. ISBN 978-989-8963-68-0. pp 13-25.



RESUMOS da SESSÃO 3

RASTREABILIDADE AO SI EM MEDIÇÃO DE PARÂMETROS DE RUGOSIDADE

Fernanda Saraiva (IPQ)

MÁQUINAS DE ENSAIO DE BETÃO – VERIFICAÇÃO DO PRATO SUPERIOR E DOS COMPONENTES DA MÁQUINA COM MECANISMOS IMPRESSOS A 3D

Emanuel Paquete Correia (LREC Açores)

ENSAIO DE APTIDÃO NACIONAL NO DOMÍNIO DE FORÇA

Isabel Spohr (IPQ), Cláudia Silva (RELACRE)



RASTREABILIDADE AO SI EM MEDIÇÃO DE PARÂMETROS DE RUGOSIDADE

Fernanda Saraiva¹

¹Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829-513 Caparica
fsaraiva@ipq.pt

RESUMO

As atuais condições de produção e as exigências de qualidade dos produtos fabricados implicam investimentos. A metrologia, como garantia desta qualidade, deve fornecer alternativas sustentáveis e cientificamente válidas e adequadas às exigências desta fabricação. O IPQ, enquanto entidade nacional de metrologia, procura a atualização constante dos processos de medição implementados e dos serviços de calibração disponibilizados, sobretudo através da participação em projetos de investigação com os laboratórios congéneres. Ao participar no projeto EMPIR ProbeTrace com outros nove Institutos Nacionais de Metrologia, o IPQ entrou numa cadeia de transferência de conhecimentos na área da metrologia de equipamentos e padrões de medição de superfície [1]. Até à data, a rastreabilidade metrológica no IPQ, para medição e análise de parâmetros de rugosidade (ISO21920-2:2021), tem sido obtida através da calibração externa em laboratório congénere de um padrão de rugosidade tipo A (ISO 5436-1:2000).

O trabalho inicial do projeto ProbeTrace envolveu a caracterização metrológica de parâmetros de rugosidade de uma superfície, após a calibração do rugosímetro ter sido efetuada com diferentes tipos de padrões de rugosidade, artefactos rastreados ao SI [2]. Este método é o procedimento normativo atualmente utilizado.

Uma nova rota sustentável de rastreabilidade ao SI em medições da textura superficial será divulgada nesta comunicação, onde serão apresentados os estudos, os resultados e os desenvolvimentos implementados no IPQ, decorrentes do ProbeTrace, para a potencial utilização de transdutores de deslocamento linear portáteis como padrões de referência na calibração ou verificação de máquinas-ferramentas ou de equipamentos de medição, como o rugosímetro, quer na indústria querem laboratórios de calibração.

PALAVRAS-CHAVE: RASTREABILIDADE METROLÓGICA, RUGOSIDADE, SONDAS INDUTIVAS

REFERÊNCIAS

- [1] 18RPT01 Probe Trace Traceability for contact probe and stylus instrument measurements, disponível em: www.probetrace.org.
- [2] F. Saraiva, P. Neves, C. Pires, J. A. Sousa, "A Novel Traceability Route to the SI in Roughness Measurements at IPQ", Acta IMEKO, www.imeko.org, Vol. 12 No. 3 (2023) (<https://doi.org/10.21014/actaimeko.v12i3.1456>).



MÁQUINAS DE ENSAIO DE BETÃO – VERIFICAÇÃO DO PRATO SUPERIOR E DOS COMPONENTES DA MÁQUINA COM MECANISMOS IMPRESSOS A 3D

Emanuel Paquete Correia¹

¹Laboratório Regional de Engenharia Civil, Rua de S. Gonçalo, 9500-343 Ponta Delgada
emanuel.p.correia@azores.gov.pt

RESUMO

Um caso prático sobre a substituição do prato superior de uma máquina de ensaio à compressão de provetes de betão será apresentado, no qual mecanismos de posicionamento originais, fabricados numa impressora 3D, são usados na verificação da máquina conforme a Norma NP EN 12390-4:2021. Devido a constrangimentos temporais para a realização desta manutenção, as dimensões das primeiras peças não foram verificadas inicialmente, tendo-se constatado mais tarde que as mesmas não cumpriam as tolerâncias da norma. No entanto, os resultados de verificação da máquina foram, inesperadamente, satisfatórios e foram validados por comparação com uma verificação posterior, efetuada por um laboratório acreditado segundo a norma ISO 17025. A inexatidão dimensional foi consequência da falta de calibração do motor de extrusão e dos motores dos eixos da impressora, os quais foram ajustados com sucesso. Apesar das dificuldades correntes, estas ferramentas são vantajosas devido à sua leveza, simplicidade de utilização, desenho adaptativo, baixos custos de produção e facilidade no processo de fabrico com uma impressora 3D.

PALAVRAS-CHAVE: IMPRESSORA 3D, MÁQUINA DE ENSAIO À COMPRESSÃO, MECANISMO DE POSICIONAMENTO, NORMA NP EN 12390-4:2021

REFERÊNCIAS

- [1] CT 104 (ATIC), NP EN 12390-4 - Ensaios do betão endurecido - Parte 4: Resistência à compressão - Características das máquinas de ensaio, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2021.
- [2] CEN/TC 104, EN 12390-4 - Testing hardened concrete - Part 4: Compressive strength - Specification for testing machines, CEN-CENELEC Management Centre, Brussels, 2019.
- [3] CT 12 (CATIM), C. 1, NP EN ISO 376 - Materiais metálicos - Calibração dos instrumentos de medição de força utilizados na verificação de máquinas de ensaios uniaxiais, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2014.
- [4] ISO/TC 164, ISO 376 – Metallic materials – Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines, ISO copyright office, Geneva, 2004.
- [5] Zoltan Gal-Bancsi, Extruder Calibration (<https://www.printables.com/model/295077-qidi-extruder-e-step-calibration>), 2023. Online [acesso: 25 de março de 2024].



ENSAIO DE APTIDÃO NACIONAL NO DOMÍNIO DE FORÇA

Isabel Spohr¹, Cláudia Silva²

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

²RELACRE, Campus do Lumiar – Edifício D, 1º Andar, 1649-038 Lisboa
ispohr@ipq.pt

RESUMO

Os Ensaio de Aptidão nacionais têm como objetivo avaliar as capacidades de medição e de calibração dos laboratórios acreditados ou que pretendam vir a obter a acreditação, estruturando assim a cadeia nacional hierarquizada dos padrões.

As vantagens dos Ensaio de Aptidão são por exemplo: • A avaliação do desempenho dos Laboratórios; • A demonstração da competência técnica perante terceiros; • O reforço da autoconfiança no processo de aprendizagem; • O estabelecimento de confiança recíproca entre Laboratórios congéneres; • A exclusão de erros sistemáticos, não detetáveis por outros métodos; • A validação de métodos; • A implementação de ações corretivas e preventivas após análise dos resultados obtidos; • A obtenção de reconhecimento mútuo de resultados de ensaio, tanto a nível nacional como internacional.

O domínio de Força do Laboratório Nacional de Metrologia do Instituto Português da Qualidade, foi a entidade com a responsabilidade técnica pela realização da comparação nacional “Calibração de Transdutor de Força de 20 kN no modo de compressão”, que decorreu entre outubro de 2023 e fevereiro de 2024 e em que participaram 3 laboratórios nacionais.

O IPQ possui os Padrões Nacionais de Força, constituídos por 3 Máquinas de Força Padrão (FSM):

- Sendo que as 2 primeiras FSM, Padrões de 5 kN e de 100 kN, são padrões primários, utilizando como princípio físico a 2.ª lei de Newton, e por isso designadas por padrões de massas suspensas;
- A terceira máquina é uma amplificação mecânica por intermédio de uma alavanca, tendo numa extremidade da alavanca a FSM de 100 kN e na outra extremidade conseguimos obter uma ampliação de 10 vezes o valor da força gerada, ou seja, o sistema de alavanca permite atingir o valor máximo de 1000 kN (1 MN).

As melhores capacidades de medição (CMC) do IPQ para valores de força de 50 N a 100 kN, estão publicadas no *Bureau International des Poids et Mesures* desde outubro de 2005.

Neste trabalho serão apresentados os resultados deste Ensaio de Aptidão, avaliando e demonstrando o desempenho da medição dos participantes, considerando o valor de referência determinado, bem como a estimativas dos valores de incerteza de cada laboratório participante

PALAVRAS-CHAVE: ENSAIO DE APTIDÃO, CALIBRAÇÃO, FORÇA, AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.

REFERÊNCIAS

- [1] ISO/IEC 17043:2023 - Conformity assessment —General requirements for the competence of proficiency testing providers.
- [2] NP EN ISO/IEC 17025:2018 - Requisitos Gerais de Competência para Laboratórios de Ensaio e Calibração.
- [3] Evaluation of Measurement Data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections).
- [4] ISO 376:2011 - “Metallic materials -Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines”.



RESUMOS da SESSÃO 4

MEDIÇÃO ÓPTICA DE VARÕES DE GFRP PARA ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

Ricardo Mendes, Alexandre Pinheiro, Ana Sofia Louro, Luís Lages Martins, Susana Cabral-Fonseca (LNEC)

CONTRIBUTOS DA COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO CT124 PARA A SUSTENTABILIDADE

Vítor Ramos (CT 124 / ITG)

GESTÃO DE CALIBRAÇÕES NUM AMBIENTE DE MANUFACTURA ZERO DEFEITOS

João Pedro Mendonça, Isabel Lopes (Universidade do Minho), Armindo Oliveira, Pedro Menezes, Filipe Domingues (EGITRON), Francisco Alba, Cláudia Pires (CATIM)

TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA, TECNOLOGIA DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO, PARA VALIDAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Fernando Ferreira (CATIM)



MEDIÇÃO ÓPTICA DE VARÕES DE GFRP PARA ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

Ricardo Mendes¹, Alexandre Pinheiro¹, Ana Sofia Louro¹, Luís Lages Martins¹, Susana Cabral-Fonseca¹

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil 101, 1700-066 Lisboa
lfmartins@lnec.pt

RESUMO

O betão armado constitui um material compósito, cuja origem remonta à segunda metade do século XIX, sendo atualmente utilizado, de forma corrente e dominante, na construção de inúmeros edifícios, pontes, viadutos, estruturas e outras obras com significativa relevância na nossa sociedade. Contudo, este tipo de material é frequentemente afetado pela corrosão do aço que o constitui, sobretudo em ambiente quimicamente agressivo (marítimo e industrial, por exemplo), diminuindo a sua durabilidade e suscitando a necessidade de reabilitação precoce das construções.

Nos últimos anos, tem-se observado um interesse crescente na utilização de varões não metálicos para armaduras de betão, de onde se destacam os varões constituídos por uma matriz polimérica reforçada com fibras de vidro (GFRP, da sigla em língua inglesa *glass fibre reinforced polymer*), que aliam a sua excelente resistência à tração com uma elevada resistência à corrosão.

Nesta aplicação, a aderência entre o varão de GFRP e o betão é um dos aspetos mais relevantes, pelo impacto que tem no comportamento do elemento de betão armado, uma vez que é nesta interface que deverá ser garantida a transferência de tensões e a compatibilidade das deformações. A componente mecânica da aderência é sobretudo condicionada pelo tipo de superfície do varão de GFRP, em particular no caso de varões nervurados. O conhecimento rigoroso da geometria deste tipo de varões é determinante para: (i) o projeto das nervuras dos varões que otimizem a sua aderência ao betão; (ii) o controlo de qualidade do processo de fabrico dos varões; (iii) a avaliação no âmbito de processos de certificação, enquanto material de construção.

O recurso a sistemas ópticos automatizados para a medição das características geométricas de varões, designadamente das nervuras, é uma prática corrente no caso de varões metálicos. Contudo, a sua aplicação a varões de GFRP não é imediata, desconhecendo-se o seu desempenho metrológico na realização destas medições, que apresentam uma interação com a luz distinta da dos varões metálicos, acrescida do facto de existirem diferentes tipos de materiais constituintes (fibras, resinas, cargas e aditivos) e geometrias distintas de nervuras.

Na presente comunicação apresenta-se uma análise crítica dos resultados obtidos por medição óptica das características dimensionais de varões de GFRP nervurados, nomeadamente, diâmetro maior, diâmetro menor, altura da nervura e distância entre nervuras. É, ainda, discutida a influência dos parâmetros operacionais do sistema óptico nos resultados obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: MEDIÇÃO, ÓPTICA, VARÃO, GFRP, BETÃO ARMADO



CONTRIBUTOS DA COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO CT 124 PARA A SUSTENTABILIDADE

Vítor Ramos¹

¹CT124 / Instituto Tecnológico do Gás, Centro Empresarial Sintra Nascente, 2710-418 Sintra
vitor.s.ramos@gmail.com

RESUMO

A CT 124, atualmente integrada no ITG - Instituto Tecnológico do Gás, como Organismo de Normalização Setorial, acompanha a nível internacional a ISO/TC 30 – “*Measurement of fluid flow in closed conduits*”, exceto no domínio da SC7 - Contadores de água.

Desde a sua constituição, em 1994, produziu dez normas e documentos normativos na língua portuguesa, versando o vocabulário e símbolos usados no seu domínio e requisitos metrológicos e técnicos para a instalação e funcionamento de caudalímetros usados para a medição industrial e comercial, de fluidos no estado líquido ou gasoso, de que serão apresentados um breve resumo dos aspetos mais relevantes.

A CT 124 conta com a participação de um fabricante nacional e seu laboratório de ensaios, de representantes em Portugal de outros fabricantes mandatados para a instalação e manutenção, de laboratórios de 3.ª parte e entidades do Controlo Metrológico Nacional, de um representante do ensino universitário (área de termodinâmica), de Organismos de Inspeção, e de Instaladores e Reparadores qualificados.

Esta comunicação abordará a nossa perspetiva dos impactos principais destas normas para a sociedade visando a sustentabilidade nas suas diversas vertentes, e os desafios que se anteveem.

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA, MEDIÇÃO DE CAUDAL, CT 124



GESTÃO DE CALIBRAÇÕES NUM AMBIENTE DE MANUFATURA ZERO DEFEITOS

João Pedro Mendonça¹, Isabel Lopes¹, Armindo Oliveira², Pedro Menezes², Filipe Domingues²,
Francisco Alba³, Cláudia Pires³

¹Universidade do Minho - Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães

²EGITRON, Rua Central 1280, 4535-166 Mozelos

³Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica, Rua dos Plátanos, 197, 4100-414 Porto
jpmas@dem.uminho.pt

RESUMO

Recentemente a indústria 4.0 promove o avanço de diversas áreas-chave na produção, e as tecnologias e tendências emergentes contribuem para replicar abordagens de qualidade, como a Manufatura Zero-Defeitos (ZDM), para alcançar uma produção inteligente [1]. A metrologia industrial e as atividades associadas, como a garantia da qualidade ou a gestão de instrumentos de medição, estão sob constante pressão para melhorar a integração, a interoperabilidade e a disponibilidade de dados e informação de medição para outras operações. A ligação ZDM foca-se em atividades de inspeção para abastecimento de dados metrológicos à gestão da produção para verificação de peças. Essas atividades de inspeção são hoje realizadas por meio de sistemas de medição localizados nas máquinas, em curso de fabrico ou redundantemente em laboratório. Esses sistemas de medição procuram ser cada vez mais integrados com os equipamentos de fabrico para permitir ciclos de controle de qualidade mais curtos e automatizados. Isso aumenta a necessidade de uma comunicação bidirecional clara com os sistemas de gestão (mormente através de sistemas MES, *Manufacturing Execution Systems*), promovendo um ambiente digital e rastreável e com tecnologia como a Internet das Coisas (IoT), onde dados de medição são selecionados e disponibilizados para os diferentes intervenientes nos processos de fabrico [2].

PALAVRAS-CHAVE: MANUFATURA ZERO-DEFEITOS, ZDM, INDUSTRIA 4.0, MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO

REFERÊNCIAS

[1] Sousa, João; Ferreira, José; Sarraipa, João; Lopes, Carlos; Mendonça, JP, “Enhancing the Steel Tube Manufacturing Process With a Zero Defects Approach”; IMECE2020-24678, Proceedings of the ASME 2020 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, November 16-19, 2020, Portland, OR, USA.

[2] Sousa, J., Mendonça, J.P., Machado, J. (2022) A generic interface and a framework designed for industrial metrology integration for the Internet of Things. *Computers in Industry*, 138, art. no. 103632. DOI: 10.1016/j.compind.2022.103632.



TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA, TECNOLOGIA DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO, PARA VALIDAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Fernando Ferreira¹

¹Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica, Rua dos Plátanos, 197, 4100-414 Porto
fernando.ferreira@catim.pt

RESUMO

Nas empresas, a produção de componentes técnicos sofisticados e complexos, exige recursos e tecnologias de última geração capazes de avaliar as especificações técnicas de cada componente produzido, e simultaneamente, interagir, controlar e validar o próprio processo produtivo.

Para monitorização da complexidade e sofisticação dos modernos processos tecnológicos, a metrologia em geral, e a metrologia dimensional em particular, recorre a sofisticados meios de medição, participando no processo de controlo com ensaios dimensionais aos componentes fabricados, possibilitando assim controlar eventuais fatores que, de forma mais ou menos significativa, podem afetar os produtos, colocando em causa a qualidade final.

Os necessários processos de medição e controlo, para aprovação de amostras e validação de processos são, em muitos casos, garantidos recorrendo à utilização de máquinas de medição por coordenadas que, com programas de medição automatizados, permitem realizar inspeções relativamente rápidas e interagir de forma eficiente com o processo produtivo.

Contudo, a tecnologia de medição por coordenadas apresenta algumas limitações na medição de componentes técnicos com zonas de difícil acesso para os sistemas de medição por contacto. A obrigatoriedade de efetuar cortes em amostras, perto de zonas específicas de controlo, pode gerar deformações da amostra e demora na capacidade de resposta, para além de transformar um ensaio dimensional num ensaio destrutivo.

De forma a complementar a tecnologia de medição por coordenadas, evitando destruição de amostras e proporcionando a realização de ensaios dimensionais, geométricos e estruturais com informação mais vasta e melhor detalhe, num só ensaio, alguns fabricantes de equipamentos de metrologia reformularam a tecnologia de raio-X convencional, para tecnologia digital de tomografia computadorizada com boa exatidão e incerteza de medição relativamente baixa, possibilitando realizar digitalizações para ensaios de análise estrutural, controlo de montagem de componentes, ensaios dimensionais e geométricos, comparações CAD, modelação de sólidos e engenharia inversa, em peças multimaterial.

A tecnologia de tomografia computadorizada veio impulsionar uma nova abordagem do processo de avaliação de componentes técnicos, possibilitando reduzir tempos de desenvolvimento de novos produtos, validação e otimização dos processos produtivos, aumento da competitividade e sustentabilidade para as empresas.

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA DIMENSIONAL, TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA E DIGITALIZAÇÃO, ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS, AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE E VALIDAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

REFERÊNCIAS

[1] W. Dewulf, H. Bosse, S. Carmignato, R. Leach “Advances in the metrological traceability and performance of X-ray computed tomography”, ScienceDirect, CIRP, Annals Manufacturing Technology, Volume 71, pág.: 693-716.

continua na página seguinte →



[2] F. Zaninia, E. Sbettegaa, S. Carmignato “X-ray computed tomography for metal additive manufacturing: challenges and solutions for accuracy enhancement”, ScienceDirect, Procedia CIRP 75, pág.: 114-118.

[3] J. M. Warnett, V. Titarenko, E. Kiraci, A. Attridge, W. R. B. Lionheart, P. J. Withers, M. A. Williams, "Towards in-process x-ray ct for dimensional metrology", Measurement Science and Technology, Vol 27.

