

# 7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET

## AS MEDIÇÕES PARA OS TRANSPORTES



17 de novembro de 2017  
ORDEM DOS ENGENHEIROS, LISBOA

ORGANIZADO POR:



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS

APOIOS



**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - PROGRAMA**

## 7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET As Medições para os Transportes - PROGRAMA

A **SPMet** - Sociedade Portuguesa de Metrologia 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 **RELACRE** - Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal 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.

A **Ordem dos Engenheiros**, associação pública profissional cuja principal missão é contribuir para o progresso da engenharia, estimulando os esforços dos seus associados nos domínios científico, profissional e social, bem como o cumprimento das regras de ética profissional, criou a **Especialização em Metrologia**, reconhecendo assim a importância da medição nas diversas especialidades da engenharia.

A Comissão Organizadora pretende, com este **Encontro Nacional**, dinamizar a discussão, pela comunidade científica nacional, de todos os temas relevantes para os organismos, instituições e pessoas individuais com atividade nestes domínios.

Pretende-se obter contribuições originais nos temas selecionados, que abrangem as atividades desenvolvidas pelos laboratórios, o tratamento de assuntos teóricos de interesse geral e o desenvolvimento de nova instrumentação e de novos métodos e procedimentos de ensaio.

### COMISSÃO ORGANIZADORA

Eduarda Filipe - SPMet / Ordem dos Engenheiros

Paulo Cabral - SPMet / Ordem dos Engenheiros

Pedro Girão - SPMet / Ordem dos Engenheiros

Frederica Carvalho - SPMet

Olivier Pellegrino - SPMet

Álvaro Ribeiro - RELACRE

Ana Duarte - RELACRE

Cláudia Silva - RELACRE

### COMISSÃO CIENTÍFICA

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

**Local:** Auditório da sede da **Ordem dos Engenheiros**

**Morada:** Av. António Augusto de Aguiar, 3D, 1069-030 Lisboa

<http://www.ordemengenheiros.pt/pt/>

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET**  
**As Medições para os Transportes - PROGRAMA**

## ORADORES CONVIDADOS

Ana Maria César Bastos Silva	Luiz Manuel Braga da Costa Campos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Licenciada, Mestre e Doutorada em Engenharia Civil, na especialidade em Urbanismo, Ordenamento do Território e Transportes, pela Universidade de Coimbra;</li><li>• Professora no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra em cursos de Mestrado e de Doutoramento;</li><li>• Subdiretora do Departamento de Engenharia Civil;</li><li>• Vereadora da Câmara Municipal de Coimbra;</li><li>• Colaboradora da Prevenção Rodoviária Portuguesa;</li><li>• Membro Especialista em Transportes e Vias de Comunicação, pela Ordem dos Engenheiros</li><li>• Membro dos Órgãos Sociais da Associação para o Desenvolvimento da Engenharia Civil;</li><li>• Autora de mais de 150 publicações científicas;</li><li>• Autora de disposições técnicas e normativas para as Estradas de Portugal, S.A, Instituto de Infraestruturas Rodoviárias IP e Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR);</li><li>• Coordenadora de vários Projetos de Investigação.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Engenheiro mecânico pelo Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (IST/UL);</li><li>• Doutorado em “Waves in Fluids”, pelo Departamento de Engenharia da Universidade de Cambridge;</li><li>• Professor Catedrático do IST/UL;</li><li>• Diretor do Centro de Ciência e Tecnologia Aeronáutica e Espacial;</li><li>• Coordenador dos Cursos de Engenharia Aeroespacial e da área científica de Mecânica Aplicada e Aeroespacial do IST/UL;</li><li>• Membro do Conselho editorial de revistas internacionais do domínio da Aeroespacial;</li><li>• Membro da <i>European Astronomical Society</i>, <i>fellow</i> da <i>Cambridge Philosophical Society</i>, da <i>Royal Astronomical Society</i>, da <i>Royal Aeronautical Society</i> e do <i>American Institute of Aeronautics and Astronautics</i>;</li><li>• Autor de mais de 150 publicações científicas;</li><li>• Vencedor de diversos prémios;</li><li>• Membro de diversos grupos de trabalho ligados à aeronáutica e ao aeroespacial como a <i>European Space Agency</i> e a <i>National Science Fundation</i>.</li></ul>

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET**  
**As Medições para os Transportes - PROGRAMA**

**PROGRAMA**

17 de novembro

- 08:30 *Inscrição e recepção dos participantes*
- 09:30 **Sessão de ABERTURA**  
Eduarda Filipe, Presidente do Conselho Diretivo da SPMet  
José Carlos Roseiro, Membro do Conselho de Administração da RELACRE  
Paulo Cabral, Coordenador da Especialização em Metrologia da Ordem dos Engenheiros  
Carlos Alberto Mineiro Aires, Bastonário da Ordem dos Engenheiros
- Sessão 1 - Nikola TESLA (séc. XIX - XX)**  
Moderador: Paulo Cabral  
IEP - Instituto Electrotécnico Português  
Coordenador da Especialização Metrologia da Ordem dos Engenheiros  
Vice-Presidente da SPMet
- 10:15 **APRESENTAÇÃO CONVIDADA**  
**A metrologia na avaliação do desempenho do sistema de transportes urbanos – A relevância dos processos de calibração e validação**  
Ana Bastos Silva  
Universidade de Coimbra  
Especialização Transportes e Vias de Comunicação da Ordem dos Engenheiros
- 10:45 **O controlo dimensional de rodados padrão na indústria de transportes ferroviários**  
Fernando Ferreira  
CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica
- 11:05 *Pausa para café*
- Sessão 2 - James WATT (séc. XVIII - XIX)**  
Moderador: Noélia Duarte  
Membro da Mesa da Assembleia-Geral da SPMet
- 11:20 **Importância do atrito dos pavimentos na segurança do tráfego – Descrição de um ensaio de aptidão sobre a medição do coeficiente de atrito**  
José Neves<sup>1</sup>, Cláudia Silva<sup>2</sup>, Ana Duarte<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> CERIS, IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa  
<sup>2</sup> RELACRE
- 11:40 **Metrologia dimensional; caso particular: ascensores**  
Fernanda Saraiva  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade
- 12:00 **Qualidade da medição de deflexões em ensaios dinâmicos de pavimentos rodoviários e aeroportuários com defletómetro de impacto**  
Luís Lages Martins<sup>1</sup>, Álvaro Silva Ribeiro<sup>1</sup>, João Alves e Sousa<sup>2</sup>, Ricardo Mendes<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
<sup>2</sup> Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET**  
**As Medições para os Transportes - PROGRAMA**

- 12:20 **Utilização de dispositivos de onda acústica superficial (SAW) na indústria transportadora**  
Joana Catarina Mendes<sup>1,2</sup>, Luís Nero Alves<sup>1,3</sup>  
<sup>1</sup> Instituto de Telecomunicações, Campus Universitário de Santiago  
<sup>2</sup> Centro de Tecnologia Mecânica e Automação, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro  
<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro
- 12:40 **Materiais de Referência Certificados (MRC) – a sua contribuição para a segurança na estrada**  
Florbela A. Dias, Ana Rita Madeira  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade
- 13:00 *Almoço*
- Sessão 3 - Alessandro VOLTA (séc. XVIII - XIX)**  
Moderador: João Alves e Sousa  
Diretor de Unidade Laboratório Nacional de Metrologia do IPQ - Instituto Português da Qualidade  
Vogal do Conselho Fiscal da SPMet
- 14:15 **APRESENTAÇÃO CONVIDADA**
- A metrologia em aeronáutica: desafios dos aviões atuais e futuros**  
Luiz Manuel Braga da Costa Campos  
IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
- 14:45 **Calibração de taxímetros por tecnologia GPS**  
Pedro Gomes, David Manaia, José Medina  
LABMETRO, ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade
- 15:05 **A metrologia de volume na medição de combustíveis**  
Elsa Batista, Beatriz Salema, Mário Condeço, Ana Almeida, João Alves e Sousa, Isabel Godinho  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade
- 15:25 **Examinologia, um desenvolvimento da metrologia, aplicações nos transportes**  
Olivier Pellegrino, Florbela A. Dias  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade
- 15:45 **Sessão 4 – André Marie AMPÈRE (séc. XVIII - XIX)**  
**POSTERS**  
Moderadores: Frederica Carvalho<sup>1</sup>, Ana Duarte<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Laboratório de Calibrações da TAP e Vogal do CD da SPMet  
<sup>2</sup> RELACRE
- Comparação interlaboratorial da calibração de um analisador de gases de escape**  
Pedro Gomes, André Ramalho, Nuno Francisco  
LABMETRO, ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade
- Rastreabilidade das Grandezas Elétricas Alternadas Através da Metrologia Quântica**  
Luís Ribeiro, Vítor Cabral  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET**  
**As Medições para os Transportes - PROGRAMA**

**50 anos da redefinição do segundo, primeira unidade de base do SI definida a partir de constante fundamental**

Carlos Pires  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade

**A Importância das Medições no Sector Aeroespacial**

Maria do Céu Ferreira<sup>1</sup>, José Pedro Ferreira<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade  
<sup>2</sup> IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

16:15 *Pausa para café*

**Sessão 5 - Stan MEYER (séc. XX)**

Moderadores:

José Carlos Roseiro<sup>1</sup>, Pedro Girão<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia e Membro do Conselho de Administração da RELACRE  
<sup>2</sup> IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa e Vice-Presidente da SPMet

16:30 **Avaliação da incerteza de medição em procedimentos analíticos complexos**

Vanessa M. Morgado<sup>1,2</sup>, Carla Palma<sup>2</sup>, Ricardo B. Silva<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Centro de Química Estrutural, FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
<sup>2</sup> IH - Instituto Hidrográfico

16:55 **A importância das medições no processo de produção e transformação de compósitos estruturais**

Cristina Parreira  
Serviço de Formação Profissional de Évora do IEFP - Instituto do Emprego e Formação Profissional

17:15 **Avaliação de conformidade de peneiros de malha metálica calibrados segundo o referencial normativo ASTM E11**

Isabel Perfeito  
CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica

17:35 **Aplicação da Metrologia Legal nas medições para os transportes**

Jorge Fradique, Maria do Céu Ferreira  
Departamento de Metrologia, IPQ - Instituto Português da Qualidade

17:55 **Apresentação das atividades dos Comitês Técnicos da IMEKO**

Comité Português da IMEKO

18:30 *Sessão de Encerramento*

## **RESUMOS**

**SESSÃO 1 – Nikola TESLA (séc. XIX - XX)**

**O CONTROLO DIMENSIONAL DE RODADOS PADRÃO NA INDÚSTRIA DE  
TRANSPORTES FERROVIÁRIOS**

**Fernando Ferreira**

CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica

[fernando.ferreira@catim.pt](mailto:fernando.ferreira@catim.pt)

**RESUMO**

O sector ferroviário tem assumido ao longo dos tempos, e à escala global, uma importante função no desenvolvimento e difusão industrial. As progressivas alterações implementadas no transporte ferroviário têm permitido maximizar potencialidades como o nível da rapidez, o conforto e a segurança. A incorporação das tecnologias mais recentes tornou-o um dos meios de transporte mais eficiente, com uma excelente dinâmica de inovação, com salvaguarda do ambiente e melhoria ao nível da segurança, aumentando assim o valor do serviço prestado ao cliente e estimulando uma mudança de comportamento dos cidadãos, promovendo hábitos de mobilidade ambientalmente mais responsáveis.

No caso da melhoria registada nos níveis de segurança deste meio de transporte, a mesma é resultado, entre diferentes factores, da melhoria da qualidade das máquinas e ferramentas de produção e manutenção, bem como dos próprios meios de controlo da qualidade. Entre os diferentes meios de controlo da qualidade utilizados neste sector, existem os denominados rodados padrão, cuja função é servir de padrão de referência para parametrização dos tornos de fosso.

As rodas dos rodados comuns são constituídas por um material cuja dureza é inferior à dos carris, e por isso, na sequência do rolamento nos respectivos carris o perfil das rodas está sujeito a deformação e desgaste, o que representa um problema. Para executar a tarefa de manutenção e correcção das deformações das rodas dos rodados existem os denominados tornos de fosso que têm como função executar operações de torneamento às rodas dos rodados dos veículos ferroviários sem necessidade de os desmontar. Este processo de recuperação dos rodados e respectiva reposição do perfil permite recuperar a forma original. No entanto, o processo de torneamento provoca uma redução no diâmetro das rodas. Para que este processo de reposição do perfil inicial e dimensões técnicas previamente estabelecidas sejam asseguradas é importante conhecer as dimensões que os rodados padrão apresentam, uma vez que estes servirão de referência para regular os parâmetros do processo de torneamento dos tornos de fosso.

Considerando a importância para todo o processo, os rodados padrão são sujeitos periodicamente a controlo das suas especificações técnicas através de ensaios dimensionais *in situ*, garantindo a fiabilidade e estabilidade metrológica dos componentes técnicos produzidos e retrabalhados neste exigente sector industrial. Para realizar o ensaio dimensional *in situ*, seguimos as orientações do referencial normativo BS 7172 e as boas práticas de medição, e seleccionamos um equipamento adequado às dimensões e respectivas tolerâncias a controlar – O Braço Portátil de Medição por Coordenadas, de marca CIMCORE, modelo Infinite 2800 7 Axis e com software Polyworks.

No processo de controlo de rodados padrão e respectiva utilização para parametrização dos tornos de fosso, a metrologia assume um importante papel e contribui de forma decisiva para a melhoria registada na segurança do transporte ferroviário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensaio Dimensional, Braço Portátil, Exactidão, Dimensões, Tolerâncias.

**REFERÊNCIAS**

- [1] J. Lundgreen, “Advanced Rail Vehicle Inspection Systems”, 8th International Heavy Haul Conference, (2005);
- [2] A. Lima Neto, “O Desgaste de Rodas e o Processo de Reperfilamento”, Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia, (2006);
- [3] British Standard BS 7172:1989. Guide to assessment of position, size and departure from nominal form of geometric features.

**SESSÃO 2 - James WATT (séc. XVIII - XIX)**

**IMPORTÂNCIA DO ATRITO DOS PAVIMENTOS NA SEGURANÇA DO TRÁFEGO –  
DESCRIÇÃO DE UM ENSAIO DE APTIDÃO SOBRE A MEDIÇÃO DO COEFICIENTE DE  
ATRITO**

**José Neves<sup>1</sup>, Cláudia Silva<sup>2</sup>, Ana Duarte<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>: CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa

<sup>2</sup>: RELACRE, Estrada do Paço do Lumiar, Campus do Lumiar, Edifício D, 1.º Andar, 1649-038 Lisboa

[jose.manuel.neves@tecnico.ulisboa.pt](mailto:jose.manuel.neves@tecnico.ulisboa.pt)

**RESUMO**

A aderência entre os pneumáticos dos veículos e a superfície do pavimento tem uma grande influência na segurança do tráfego, não só do tráfego rodoviário mas também do tráfego de aeronaves nas pistas das infraestruturas aeroportuárias. O coeficiente de atrito é o parâmetro mais importante na avaliação dessa aderência e são vários os equipamentos atualmente disponíveis para a sua medição em contínuo, dependendo não só da sua configuração mas também do princípio utilizado na medição. De um modo geral, estes equipamentos consistem numa roda de ensaio normalizada que se move no veículo de ensaio em determinadas condições sobre a superfície do pavimento, previamente molhada com sistema de fornecimento de água complementar ao equipamento [1].

A Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (RELACRE) organizou em 2011, pela primeira vez em Portugal, um ensaio de aptidão relativo ao equipamento GripTester®, um dos equipamentos mais utilizados na avaliação do coeficiente de atrito [2]. O artigo tem por objetivos apresentar: (1) a descrição do ensaio de aptidão; (2) os principais resultados relacionados não só com o desempenho dos participantes mas também sobre a fidelidade e a incerteza das medições do coeficiente de atrito.

No ensaio de aptidão, organizado segundo a metodologia estabelecida pela norma ISO/IEC 17043, participaram três laboratórios nacionais com equipamentos GripTester® de modelos diferentes. A medição do coeficiente de atrito foi realizada em pavimento betuminoso segundo os métodos da norma CEN/TS 15901-7 e das especificações da ICAO [3]. O programa de execução do ensaio de aptidão foi estabelecido de forma a permitir a análise da influência de algumas variáveis nas medições do coeficiente de atrito: o sentido de execução do ensaio; a velocidade do equipamento; e o caudal de água utilizado na molhagem da superfície do pavimento. O artigo descreve o desempenho dos participantes e apresenta os principais resultados relativos à repetibilidade e reprodutibilidade das medições do coeficiente de atrito, analisados com base na norma ISO 5725-2. São apresentadas ainda algumas reflexões sobre as principais fontes de incerteza das medições do coeficiente de atrito.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tráfego; Pavimento; Coeficiente de atrito.

**REFERÊNCIAS**

- [1] A. Fernandes “Programas de manutenção de características da superfície de pavimentos associados a critérios de segurança rodoviária”, Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa (2010);
- [2] R. Couchinho “Medição do coeficiente de atrito da superfície de pavimentos – Estudo do equipamento Grip-Tester”, Dissertação de Mestrado, ISEL (2011);
- [3] ICAO “International standards and recommended practices. Aerodromes. Annex 14 to the International Civil Aviation” Volume I: Aerodrome Design and Operations. 3<sup>rd</sup> edition (1999).

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**METROLOGIA DIMENSIONAL; CASO PARTICULAR: ASCENSORES**

**Fernanda Saraiva**

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

[fsaraiva@ipq.pt](mailto:fsaraiva@ipq.pt)

**RESUMO**

O transporte de pessoas e mercadorias envolve um grande número de infraestruturas constituídas por redes de transporte, terminais e plataformas logísticas, onde operam os veículos de transporte. Todos estes componentes, que constituem os sistemas de transporte, necessitam do conhecimento dos valores das grandezas das suas propriedades físicas para o seu projeto, execução, monitorização, controlo e operação. Essas propriedades são mensuráveis através da determinação do valor das grandezas respetivas: massa, distância, tensão elétrica, ângulo, força, velocidade, são alguns dos exemplos a medir, devendo todas elas, ser rastreadas à realização prática das unidades de medida, cuja disseminação é da responsabilidade do Laboratório Nacional de Metrologia do Instituto Português da Qualidade.

Na sequência da recente transposição da Diretiva n.º 2014/33/UE de 26 de fevereiro, através do Decreto-Lei n.º 58/2017 de 9 de junho, referentes aos princípios gerais de segurança a que devem obedecer os ascensores, optou-se para tema deste trabalho, pela análise de alguns dos aspetos metrológicos, em especial no âmbito da metrologia dimensional, que este tipo de legislação impõe aos ascensores.

Pode dizer-se que as fases de vida de um elevador passam pelo fabrico dos componentes, a sua montagem e instalação, pela verificação, monitorização, inspeção e manutenção. Em todas estas fases, a medição é uma ferramenta essencial para a avaliação da conformidade e garantia da segurança das pessoas e mercadorias.

Os componentes são produzidos de acordo com as especificações metrológicas indicadas no projeto e resultantes da aplicação das normas técnicas respetivas e demais elementos do projeto. Por exemplo, na produção das guias, para as mensurandas dimensionais de altura, de paralelismo, de rugosidade superficial e de esquadria há limites dimensionais e tolerâncias a cumprir, cabendo às fábricas a garantia da conformidade.

A montagem e a instalação requerem novas medições de grandezas, mais uma vez tendo como base as normas técnicas aplicáveis e os requisitos do projeto de instalação. Estas normas não definem que equipamentos de medição utilizar em cada caso, mas sim a exatidão das medições a efetuar [1]. Cabe ao instalador selecionar o método de medição e o equipamento de medição calibrado a usar. A avaliação da conformidade dos componentes de segurança e dos ascensores pode ser feita através de um dos procedimentos indicados nos anexos da diretiva, estando sempre sujeitos à certificação sob a responsabilidade de organismos acreditados.

A legislação aplicável aos ascensores é revista na sequência das evoluções tecnológicas, das análises de risco realizadas e pela procura contínua da melhoria das condições de segurança e saúde de todos os envolvidos. O quadro normativo e legislativo atual vem responder às exigências resultantes desses estudos, introduzindo novas exigências que se refletem nos parâmetros metrológicos dimensionais dos produtos que formam um elevador.

Na presente comunicação são apresentados alguns exemplos práticos dessas alterações. Pretende-se também salientar a importância das medições no suporte para a tomada de decisões e para a definição dos valores das especificações técnicas a acatar e a implementar legalmente [2].

**PALAVRAS-CHAVE:** Metrologia; Grandeza física; Elevador; Especificação técnica; Calibração

**REFERÊNCIAS**

[1] EN 81-20:2014; EN 81-50:2014 - Safety rules for the construction and installation of lifts;

[2] ISO 14253-1:2013 - Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications.

## QUALIDADE DA MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES EM ENSAIOS DINÂMICOS DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS COM DEFLETÓMETRO DE IMPACTO

Luís Lages Martins<sup>1</sup>, Álvaro Silva Ribeiro<sup>1</sup>, João Alves e Sousa<sup>2</sup>, Ricardo Mendes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, IP

<sup>2</sup>: Instituto Português da Qualidade, IP

[lfmartins@Inec.pt](mailto:lfmartins@Inec.pt)

### RESUMO

As atividades de ensaio de pavimentos rodoviários e aeroportuários contribuem significativamente para a garantia da segurança de pessoas e bens em redes de transportes, apoiando os processos de decisão das entidades associadas ao seu projeto, construção, manutenção e gestão. Neste contexto, destaca-se a existência de vários métodos de ensaio com enquadramento normativo internacional, os quais contribuem para a melhoria do conhecimento sobre os pavimentos ensaiados, nomeadamente, do seu desempenho estrutural e da sua caracterização experimental.

A medição de deflexões com recurso a um defletómetro de impacto (ASTM D4694-09; ASTM D4695-03) corresponde a um método normalizado de ensaio, onde um impulso de força é aplicado na superfície do pavimento e cuja conseqüente deflexão vertical é medida em vários pontos radialmente afastados entre si a partir do eixo de aplicação de carga. O impulso de força é gerado pela queda de peso sobre um sistema de amortecimento, sendo transmitido através de uma placa em repouso sobre a superfície do pavimento. Em regra, o dispositivo de ensaio é montado num veículo ou rebocado por este (Fontul, 2004).

Em acréscimo à medição de grandezas de influência como a temperatura do ar e do pavimento, as duas principais mensurandas deste ensaio são a deflexão e a força, as quais constituem grandezas dinâmicas cuja exatidão de medição constitui um requisito normativo. Com efeito, é necessário garantir a sua rastreabilidade ao SI de Unidades através da calibração das cadeias de medição envolvidas neste ensaio, bem como uma rigorosa avaliação das respetivas incertezas de medição.

Esta comunicação está centrada na medição de deflexões com recurso a defletómetro de impacto, descrevendo os processos de medição em ensaio de campo e de calibração do equipamento de ensaio em laboratório. É igualmente discutida a questão da avaliação de incertezas de medição, tendo em conta a abordagem convencional ISO-GUM (JCGM 100:2008), dedicada a grandezas constantes no tempo, e a utilização de uma abordagem alternativa desenvolvida recentemente (Eichstädt, 2012), para o caso de grandezas dinâmicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimento; Defletómetro de impacto; Deflexão; Incerteza de medição; Calibração

### REFERÊNCIAS

- [1] ASTM D4694-09 – Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device. ASTM International, 2009;
- [2] ASTM D4695-03 – Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements. ASTM International, 2003;
- [3] JCGM 100:2008 – Evaluation of measurement data. Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995 with minor corrections). Joint Committee for Guides in Metrology (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML), 2008;
- [4] FONTUL, Simona, 2004 – Structural Evaluation of Flexible Pavements Using Non-Destructive Tests. Ph. D thesis, Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra;
- [5] EICHSTÄDT, Sascha, 2012 – Analysis of Dynamic Measurements. Evaluation of dynamic measurement uncertainty. Informationstechnik PTB-IT-16, Braunschweig: Physikalisch-Technische Bundesanstalt.

UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ONDA ACÚSTICA SUPERFICIAL (SAW) NA  
INDÚSTRIA TRANSPORTADORA

Joana Catarina Mendes<sup>1,2,\*</sup>, Luís Nero Alves<sup>1,3</sup>, António B. Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: Instituto de Telecomunicações, Campo Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro

<sup>2</sup>: Centro de Tecnologia Mecânica e Automação, Departamento de Engenharia Mecânica, Univ. de Aveiro

<sup>3</sup>: Departamento de Engenharia Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro

\* [joanacatarina.mendes@av.it.pt](mailto:joanacatarina.mendes@av.it.pt)

**RESUMO**

Os dispositivos de onda acústica superficial (*surface acoustic wave devices* ou SAW) têm uma aplicação generalizada na substituição de filtros convencionais nos circuitos elétricos há várias décadas. A sua aplicação como sensores é relativamente mais recente. Com efeito, mediante a utilização destes dispositivos, tudo o que afete a velocidade de propagação das ondas acústicas num sólido é suscetível de ser convertido num sinal elétrico, pelo que têm sido desenvolvidos sensores de onda acústica superficial, por exemplo, de temperatura, pressão, binário, aceleração, densidade mássica, humidade e muitas outras grandezas.

Estes dispositivos podem também ser utilizados como sensores sem fios (*transponders SAW*) desde que a fonte de sinal que lhes é aplicada (e a deteção de um sinal de resposta) seja feita em radiofrequência (RF), mediante a utilização de uma antena adequada. Com efeito, podem ser interrogados por um sinal de RF ao qual o dispositivo responderá, se tiver um refletor adequado, com outro sinal de RF com um tempo de atraso ou frequência relacionados com a grandeza a detetar. Como é evidente, esta tecnologia envolve a utilização de uma unidade eletrónica de interrogação, exterior ao sensor propriamente dito. Como facilmente se depreende, esta tecnologia permite a medição de grandezas físicas em lugares dificilmente acessíveis, em peças em movimento, ou ainda em ambientes agressivos ou tóxicos, pelo que abre inúmeras possibilidades para a indústria dos transportes.

Com uma utilização inteligente de refletores, os SAW podem também ser utilizados como identificadores passivos, substituindo com vantagem dispositivos equivalentes que dependem de uma fonte de energia. Os SAW possuem neste momento algumas limitações, nomeadamente quanto à exatidão (1%, no melhor dos casos) e ao alcance da comunicação por RF (3 a 4 metros, quando muito) que são de certo modo compensadas pelas características únicas que acabamos de descrever.

Para dar apenas três exemplos, a pressão no interior dos pneus dos automóveis é hoje rotineiramente medida (e transmitida para o painel dos instrumentos) utilizando SAW. Nos caminhos-de-ferro, os dispositivos SAW têm sido utilizados, por exemplo, na medida da temperatura dos freios e na identificação de carruagens.

Neste artigo descrevem-se possíveis aplicações desta tecnologia, entre as quais uma, desenvolvida pelos autores, para medição de binário em caixas de velocidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Onda acústica superficial; SAW; IDT; Sensor sem fios; *Wireless*.

**REFERÊNCIAS**

- [1] R.M. White, F.W. Voltmer, Direct piezoelectric coupling to surface elastic waves, *Appl. Phys. Lett.*, 7 (1965) 314-316.
- [2] L. Bo, C. Xiao, C. Hualin, M.A. Mohammad, T. Xiangguang, T. Luqi, Y. Yi, R. Tianling, *J. Semiconductors* 37(2) (2016), 0210010
- [3] L.M. Reindl, A. Pohl, G. Scholl, R. Weigel, *IEEE Sens. J.* 1(1) (2001) 69
- [4] D. Silva, J.C.Mendes, A.B. Pereira, F. Gégot, L.N. Alves, *Sensors* 17(7) (2017) 1547
- [5] <http://w3.usa.siemens.com/mobility/us/Documents/en/rail-solutions/rail-automation/track-vacancy-detection/sofis-en.pdf> (accessed on 20 September 2017)
- [6] J.C. Mendes, M. Fernandes, D. Mukherjee, D.M. Santos, *Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review)* 88(1a) (2012) 155

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**MATERIAIS DE REFERÊNCIA CERTIFICADOS (MRC) – A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A  
SEGURANÇA NA ESTRADA**

**Florbela A. Dias, Ana Rita Madeira**

Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2629-531 Caparica

[florbelad@ipq.pt](mailto:florbelad@ipq.pt)

## **RESUMO**

O Laboratório Nacional de Metrologia (LNM) do IPQ, em Portugal, é o detentor dos padrões da mais elevada qualidade metrológica das unidades das grandezas fundamentais. O LNM é responsável pela realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões nacionais das unidades de medida e pela sua rastreabilidade ao Sistema Internacional (SI). Assegura assim a representação de Portugal como membro das organizações de metrologia europeias e internacionais, nomeadamente, BIPM, EURAMET, WELMEC e OIML.

Como signatário do “Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA)” dos Padrões Nacionais e dos Certificados emitidos pelos Laboratórios Nacionais tem um sistema da Qualidade implementado de acordo com as normas NP EN ISO/IEC 17025:2005 [1] e ISO 17034:2016 [2]. Simultaneamente demonstra a sua competência técnica participando nas comparações chave EURAMET e BIPM.

A produção de Materiais de Referência Certificados (MRC), segundo a norma internacional ISO 17034:2016, e respetiva utilização têm vindo a desempenhar um papel cada vez mais importante nas atividades de medição e na acreditação de entidades/laboratórios, com especial incidência na área dos ensaios químicos, biológicos, clínicos e de propriedades físicas. São um importante meio de disseminação das unidades de grandezas do SI e são também um suporte na credibilidade e confiança numa medição ou de um laboratório. Os MRC têm aplicação na calibração de equipamentos, validação de métodos analíticos e controle da qualidade de medições.

O LNM é responsável pela produção de padrões de misturas gasosas de etanol em nitrogénio (MRC) por gravimetria de acordo com a norma internacional ISO 6142-1:2015 [3], e certificação por espectroscopia de infravermelho não dispersivo (NDIR) de acordo com a norma ISO 6143:2001 [4]. Estes materiais de referência certificados de etanol em nitrogénio são utilizados na calibração e verificação de alcoolímetros.

A condução sob influência do álcool é uma das principais causas de acidentes de viação em todo o mundo. De forma a diminuir o número de acidentes, o controlo da taxa de alcoolemia nos condutores, apresenta-se como uma solução cada vez mais usada. Daí a grande importância de serem utilizados alcoolímetros no controlo da taxa de álcool no sangue que estejam calibrados/verificados por entidade competente.

Esta comunicação tem como objetivo a apresentação dos métodos para a produção de padrões de misturas gasosas de etanol de acordo com métodos normalizados, por forma a garantir a rastreabilidade às unidades SI e também no sentido de dar resposta aos requisitos da nova norma internacional ISO 17034:2016.

**PALAVRAS-CHAVE:** Materiais de referência certificados; Misturas gasosas de etanol; Método primário de preparação gravimétrica; Norma internacional ISO 17034:2016.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] NP EN ISO/IEC 17025:2005 - Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração;
- [2] ISO 17034:2016 - General requirements for the competence of reference material producers;
- [3] ISO 6142-1:2015 - Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures - Part 1: Gravimetric method for Class I mixtures;
- [4] 6143:2001 - Gas analysis - Comparison methods for determining and checking the composition of calibration gas mixtures.

**SESSÃO 3 - Alessandro VOLTA (séc. XVIII - XIX)**

**CALIBRAÇÃO DE TAXÍMETROS POR TECNOLOGIA GPS**

**Pedro Gomes, David Manaia, José Medina**

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, Portugal

[pagomes@isq.pt](mailto:pagomes@isq.pt)

**RESUMO**

O Laboratório de Metrologia do ISQ desenvolveu um procedimento técnico para a calibração de verificadores de taxímetros por tecnologia GPS [1], acreditado pelo IPAC (anexo M0009), assim como um procedimento técnico para o controlo metrológico periódico de taxímetros [2] de acordo com os requisitos metrológicos contemplados na publicação OIML R 21 [3] e no correspondente procedimento de controlo metrológico legal do IPQ [4]. O procedimento técnico para o controlo metrológico periódico de taxímetros desenvolvido pelo ISQ recorre, com efeito, a um verificador de taxímetros com uma antena GPS baseado na tecnologia GNSS [5], enquanto instrumento padrão de referência, devidamente rastreado em tempo e distância ao Sistema Internacional de Unidades (SI) [6].

O procedimento técnico desenvolvido pelo laboratório para o referido controlo metrológico mostrou-se uma alternativa mais fiável e exata, uma vez que reproduz as condições reais de utilização dos referidos instrumentos, eliminando possíveis erros de medição (ex.: devido a desvios no alinhamento do veículo durante o controlo metrológico), bem como contribuições para a incerteza expandida de medição intrinsecamente associadas aos atuais bancos de rolos utilizados para o controlo metrológico destes instrumentos (ex.: derivas decorrentes do desgaste dos rolos).

No decurso das medições efetuadas em estrada, obtiveram-se incertezas de medição expandidas inferiores a 1/3 do erro máximo admissível (EMA) indicado na correspondente OIML para a grandeza tempo, considerando intervalos de medição iguais ou superiores a 900 s (15 minutos), bem como para a grandeza distância, no que concerne a intervalos de medição iguais ou superiores a 1000 m, permitindo de forma mais expedita e com maior fiabilidade a aferição dos respetivos tarifários em utilização [7].

**PALAVRAS-CHAVE:** Controlo Metrológico; Taxímetros; GPS

**REFERÊNCIAS**

- [1] ISQ, Procedimento Técnico PO.M-DM\TOP09 - Ed. A, Rev. 01 (2016);
- [2] ISQ, Procedimento Técnico PO.M-DM\TAX01 - Ed. A, Rev. 00 (2016);
- [3] OIML, Recomendação Internacional R 21 (2007);
- [4] IPQ, Controlo Metrológico Legal - Taxímetros (2016);
- [5] ITVASA, Dispositivo para la Verificación de Tarifas de Taxi basado en Tecnología GPS (2014);
- [6] ISQ, Certificado de Calibração CTOP91/17 (2017);
- [7] ISQ, Matriz de Cálculo e Registo de Dados RD.M-DM\TAX01 - Ed. A, Rev. 01 (2017).

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**A METROLOGIA DE VOLUME NA MEDIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS**

**Elsa Batista, Beatriz Salema, Mário Condeço, Ana Almeida, João Alves e Sousa, Isabel Godinho**

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

[ebatista@ipq.pt](mailto:ebatista@ipq.pt)

**RESUMO**

A verificação metrológica de alguns instrumentos de medição, tais como sistemas de medição distribuidores de combustível (SMDC), contadores de água, contadores de líquidos que não água, contadores de gás e reservatórios de armazenamento de fluidos está diretamente relacionada com a medição de volume.

Em particular, no que se refere aos SMDC, de forma a garantir o rigor das medições efetuadas é necessária a utilização de métodos e padrões metrológicos adequados para a determinação do volume destes instrumentos de medição, sujeitos a controlo metrológico [1, 2].

Os recipientes graduados de capacidade entre 2 L e 50 L, com escala amovível, são os padrões utilizados na determinação de volume dos SMDC. Estes recipientes sofreram ao longo do tempo uma evolução técnica evidenciada quer pela resolução quer pelo tipo de material com são construídos. A sua calibração pode ser efetuada pelo método gravimétrico ou pelo método volumétrico, dependendo da exatidão da medição.

O método gravimétrico é um método primário, que consiste na determinação da massa de água escoada do recipiente a calibrar convertendo esse valor em volume através de fórmulas adequadas, descritas na norma NP EN ISO 4787 [3], possibilitando a obtenção de valores de incerteza, na ordem de 0,01 %.

O método volumétrico consiste no transvasamento de uma determinada quantidade de água de um padrão volumétrico calibrado, para dentro do recipiente a calibrar, possui incertezas maiores, cerca de 0,02 %, sendo o mais método mais utilizado [4].

Os SMDC, i.e. bombas de gasolina, são sujeito ao controlo metrológico legal, anual, efetuado por entidade qualificadas pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), utilizando recipientes de volume graduado devidamente calibrados. O controlo metrológico destes instrumentos de medição está definido na Portaria 19/2007, de 5 de janeiro, sendo o erro máximo admissível (EMA) destes instrumentos de 0,5 %.

De forma a assegurar a rastreabilidade metrológica e o rigor das medições efetuadas pelos SMDC foram até ao momento realizadas duas comparações nacionais entre os vários organismos de verificação metrológica, sempre com bons resultados [5]. No Departamento de Metrologia do IPQ, encontra-se a decorrer um estudo de desempenho destes equipamentos que irá permitir quantificar a influência da temperatura do líquido, do tipo de padrão utilizado, do tipo de líquido e do tempo de escoamento na determinação do volume.

Facilmente se conclui que o controlo metrológico dos instrumentos de medição de volume é essencial para promover a defesa do consumidor, e tem um impacto significativo em termos económicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recipiente graduado; Calibração; SMDC; Verificação metrológica

**REFERÊNCIAS**

- [1] Decreto-Lei 291/90, 20 de setembro - Estabelece o regime legal do controlo metrológico nacional;
- [2] Portaria 962/90, de 9 de outubro - Regulamento geral do controlo metrológico legal nacional;
- [3] NP EN ISO 4787 (2011) - Vidraria de laboratório, Instrumentos volumétricos, Métodos para ensaio da capacidade e para utilização;
- [4] EURAMET guide cg 21 - Guidelines on the Calibration of Standard Capacity Measures using the Volumetric Method, 2013;
- [5] E. Batista, A. Almeida, N. Almeida, C. Reis, E. Filipe, "Comparison on verification of fuel dispensers", OIML Bulletin, volume LIV, number 4, October 2013.

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**EXAMINOLOGIA, UM DESENVOLVIMENTO DA METROLOGIA,  
APLICAÇÕES NOS TRANSPORTES**

**Olivier Pellegrino, Florbela A. Dias**

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

[opellegrino@ipq.pt](mailto:opellegrino@ipq.pt)

## **RESUMO**

Encontra-se muitas vezes a expressão “medição qualitativa” [1] o que está em desacordo com a definição de medição da 3.ª edição do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) [2]. O raciocínio para o uso de tal expressão é o seguinte: os valores das propriedades qualitativas baseiam – se em resultados de medição e o significado desses valores depende da rastreabilidade desses resultados [3], tornando difícil de separar os conceitos associados. Ora, tais argumentos não correspondem em rigor ao paradigma do VIM para a medição. Pois, a definição do VIM de “medição” é “um processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.” [2], o que associa a medição à característica do termo “grandeza”, “que pode ser expressa quantitativamente”, uma característica que permite distinguir o conceito “grandeza” do conceito “propriedade qualitativa” [4]. Seguindo este paradigma, trabalhos importantes foram publicados, que tentaram estabelecer sólidos fundamentos de metodologias para propriedades qualitativas e análise qualitativa.

O “Vocabulário das Propriedades Qualitativas” [5], sob a autoria da Federação Internacional de Química Clínica e Medicina Laboratorial e da União Internacional de Química Pura e Aplicada, sugeriu definições de termos e conceitos para as propriedades qualitativas, de modo semelhante ao VIM para as medições. Concomitantemente, um Guia para a expressão da incerteza das propriedades qualitativas está a ser projetado para as propriedades qualitativas [6]. Assim, no “Vocabulário das Propriedades Qualitativas”, o termo “exame” é definido como “um processo de obtenção experimental dum ou mais valores de propriedade que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma propriedade” [5], que alarga a definição de medição ao conceito de nível superior de propriedade. Então, do nível de conceitos coordenadores de grandeza e propriedade qualitativa, os conceitos de valor de grandeza, mensuranda e medição podem ser alargados aos conceitos de valor de propriedade qualitativa, examinanda qualitativa e exame qualitativo, respetivamente. Em consequência, os termos e conceitos de examinologia alargam o paradigma atual do VIM.

Esta comunicação apresenta os conceitos referidos de propriedades qualitativas e grandezas com exemplos em diferentes ramos dos domínios dos transportes em que se encontra propriedades qualitativas e médicos. Uma atenção particular é dada à segurança rodoviária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Medição; Exame qualitativo; Exame; Examinologia; Incerteza; Vocabulário internacional

## **REFERÊNCIAS**

- [1] L. Pendrill & N. Petersson Metrology of human-based and other qualitative measurements Meas. Sci. Technol. 27 (2016) 094003 (11pp);
- [2] VIM - International Vocabulary of Metrology — Basic and general concepts and associated terms - JCGM 200:2012);
- [3] R. White The meaning of measurement in metrology Accred. Qual. Assur. 16 (2011) 31;
- [4] R. Dybkaer An ontology on property for physical, chemical, and biological systems APMIS (Suppl 117) 112 (2004) 210;
- [5] IFCC-IUPAC Vocabulary for nominal properties and nominal examinations - basic and general concepts and associated terms (IFCC-IUPAC recommendations 201x).

**SESSÃO 4 – André Marie AMPÈRE (séc. XVIII - XIX)**  
POSTERS

**COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL DA CALIBRAÇÃO DE UM ANALISADOR DE GASES DE ESCAPE**

**Pedro Gomes, André Ramalho, Nuno Francisco**

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, Portugal

[pagomes@isq.pt](mailto:pagomes@isq.pt)

**RESUMO**

Foi realizada uma comparação interlaboratorial da calibração de um analisador de gases de escape (marca Bosch e modelo ETT 8.55) entre 15 laboratórios acreditados, 12 dos quais acreditados pelo ENAC (Espanha) e 3 acreditados pelo IPAC (Portugal), tendo o Laboratório de Metrologia do ISQ participado da mesma. A intercomparação foi organizada pela TCM - Técnicas de Control Metrológico SL, tendo decorrido no laboratório piloto ISVA - *Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles*, LABITV da Universidade Carlos III de Madrid. O Laboratório de Metrologia do ISQ intercomparou-se para os respetivos gases de acordo com o seu procedimento técnico [1], [2] para as concentrações nominais: CO (0,2 %, 0,5 %, 1 %, 3,5 % e 5 %), CO<sub>2</sub> (6 %, 10 % e 14 %), O<sub>2</sub> (0,5 %, 10 % e 20,9 %) e HC (50 ppm, 100 ppm, 300 ppm e 1000 ppm); bem como para o respetivo valor de  $\lambda$ .

Os resultados obtidos mostram que o valor absoluto do erro normalizado referente ao Laboratório de Metrologia do ISQ variou entre um mínimo e um máximo de 0,00 e 0,51 para CO, 0,03 e 0,25 para CO<sub>2</sub>, 0,18 e 0,49 para O<sub>2</sub>, 0,37 e 0,88 para HC, respetivamente, e 0,83 para o valor de  $\lambda$ , demonstrando a compatibilidade metrológica dos resultados obtidos [3].

Verificou-se ainda que de entre os 15 laboratórios participantes, 8 laboratórios obtiveram, em pelo menos uma das concentrações, um erro normalizado superior a 1, e que de entre os aprovados, foram apresentadas incertezas expandidas, em pelo menos uma das concentrações, excessivamente elevadas por comparação com a média das mesmas [3].

**PALAVRAS-CHAVE:** Comparação interlaboratorial; Analisador de gases de escape

**REFERÊNCIAS**

- [1] ISQ, Procedimento Técnico PO.M-DM/CTA-007, Edição J (2016);
- [2] OIML, Recomendação Internacional R99-1 & 2 (2008);
- [3] TCM, Intercomparación para Calibración de Equipos de ITV – Anexo A – Informe de Resultados del Laboratorio ISQ-LABMETRO para la calibración del Analizador de Gases (2016).

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**RASTREABILIDADE DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS ALTERNADAS ATRAVÉS DA  
METROLOGIA QUÂNTICA**

**Luís Ribeiro, Vítor Cabral**

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

[lribeiro@ipq.pt](mailto:lribeiro@ipq.pt)

**RESUMO**

Da mesma forma que hoje são operados, com grande sucesso, os convencionais padrões de Josephson no domínio das aplicações das grandezas elétricas contínuas, o crescente interesse em *arrays* de comutação rápida para geração de tensões alternadas de elevada exatidão permitiu que a comunidade de investigação metrológica estabelecesse como objetivo a utilização daqueles padrões para as aplicações naquelas grandezas [1, 2, 3, 4, 5].

A garantia da rastreabilidade a nível primário naqueles domínios tem sido assegurada através da utilização de termo conversores, que permitem caracterizar o valor eficaz (rms) de uma tensão ou de uma corrente elétrica alternada diretamente a um mesmo valor conhecido de uma tensão ou de uma corrente elétrica contínua, tendo como termo de comparação o efeito térmico produzido por ambas as condições. Esta comparação pode ser realizada com incertezas que rondam algumas partes em 10<sup>6</sup> e em amplitudes de algumas centenas de milivolt ao kilovolt, numa largura de banda até ao MHz.

As potencialidades aliadas à realização prática deste efeito, aplicadas diretamente na geração de um sinal alternado, foram desde logo postas em evidência e a sua materialização é já hoje praticada através da implementação de realizações experimentais nos laboratórios de referência mundiais de elevado desempenho [6, 7, 8, 9]. A urgente necessidade da sua disseminação pelos restantes laboratórios primários levou à criação de um projeto de transferência de conhecimentos, no seio do programa EMPIR [10].

Pretende-se nesta apresentação divulgar os conceitos associados aos padrões quânticos para o domínio elétrico alternado e a garantia da rastreabilidade permitida pelo estabelecimento destes padrões bem como as suas aplicações diretas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metrologia quântica; Tensão e corrente alternada; Junções Josephson

**REFERÊNCIAS**

- [1] *Josephson Voltage Standards – Recommended Intrinsic/Derived Standards Practice*, RISP-1, January 2002, available from the National Conference of Standards Laboratories, USA.
- [2] Pöpel, R.: *The Josephson Effect and Voltage Standards*, Metrologia, 1992, 29, 153-174.
- [3] Hamilton, Clark A.: *Josephson Voltage Standards*, Review of Scientific Instruments, October 2000.
- [4] Ribeiro, L., Nunes, M.: *Implementação do Efeito de Josephson no Laboratório Primário Português para as Grandezas Elétricas*, Proceedings - 6º Seminário Internacional de Metrologia Elétrica, setembro de 2005, Rio de Janeiro, 38-41.
- [5] Johannes Kohlmann, Ralf Behr (2011): *Development of Josephson voltage standards, Superconductivity - Theory and Applications*, Dr. Adir Luiz (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/17031. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/superconductivity-theory-and-applications/development-of-josephson-voltage-standards>.
- [6] Vincenzo Lacquaniti and Andrea Sosso (2012): *Josephson Junctions for Present and Next Generation Voltage Metrology*, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/36429. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/modern-metrology-concerns/josephson-junctions-for-present-and-next-generation-voltage-standard>.
- [7] J.M. Williams, Dr. Hederson, J. Pickering, R Behr, F. Muller, P. Scheibenreiter: “*Quantum-referenced waveform synthesiser*”, IET Science, Measurement and Technology, 2011, Vol.5, Iss5, pp. 163-174.
- [8] Ralf Behr, Oliver Kieler, Johannes Kohlmann, Franz Muller and Luis Palafox: “*Development and metrological applications of Josephson arrays at PTB*”. Meas. Sci. Technol. 23 (2012) (19pp).
- [9] L. Palafox et al: *The Josephson-Effect-Based Primary AC Power Standard at the PTB*, Progress Report, IEEE Tr. Instrum. Meas., vol.58, No.4, Apr. 2009.
- [10] Joint Research Project 14RPT01 ACQ-PRO: *Towards the propagation of AC Quantum Voltage Standards*, “Collection of training materials”. Disponível em: <http://acqpro.cmi.cz/index.php/results/14-results-collection>

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**50 ANOS DA REDEFINIÇÃO DO SEGUNDO, PRIMEIRA UNIDADE DE BASE DO SI  
DEFINIDA A PARTIR DE CONSTANTE FUNDAMENTAL**

**Carlos Pires**

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

[carlosp@ipq.pt](mailto:carlosp@ipq.pt)

**RESUMO**

Em 13 de outubro de 1967, na Conferência Geral dos Pesos e Medidas (CGPM) foi decidido que a definição do segundo devia ser baseada nos mais modernos padrões de frequência existentes à data [1].

O segundo foi introduzido como unidade base do sistema de unidades físicas primordial, CGS (centímetro – grama - segundo), proposto por Gauss em 1832, que precedeu o Sistema Internacional de Unidades. Com a decisão da *British Association for the Advancement of Science* (BAAS) de adotar o segundo a partir do dia solar médio (designado por segundo solar), os Sistemas CGS e MKS (metro – kilograma - segundo) passaram a ter a mesma definição do segundo como unidade de base. No entanto, a instabilidade do movimento de rotação da Terra (na sua maioria causada pelo movimento de translação da Lua) causa uma tendência para a desaceleração da rotação da Terra de aproximadamente 2,5 milissegundos por século, o dia está a ficar maior. Devido a essa instabilidade, o movimento de rotação da Terra não pode servir de oscilador padrão para a definição do segundo, assim, em 1952, a *International Astronomical Union* propôs ao Comité Internacional dos Pesos e Medidas (CIPM) definir o Segundo, como sendo uma fração do ano trópico de 1900, o que a CGPM ratificou em 1960, foi designado por segundo efeméride. A referência para a definição do segundo passou a ser o movimento de translação da Terra em volta do Sol [2].

Nos anos 50, no *National Physical Laboratory* (UK), foram desenvolvidos padrões de frequências baseados na transição entre dois níveis de energia do átomo de Cs133, que alcançaram uma exatidão de 2 partes em 10<sup>10</sup>, foi o início do tempo atómico. No *United States Naval Observatory* (USNO), William Markowitz, realizou um programa mundial para expressar a frequência de célio em termos do segundo efeméride. Foi obtido um valor para a incerteza da frequência do Cs, cujo valor (9 192 631 770 ± 30) Hz, era inteiramente devido ao tempo efeméride. Esse valor, 9 192 631 770, foi adotado para a definição do SI segundo pela Resolução 1 da 13<sup>a</sup> CGPM, em 1967.

Atualmente a definição do segundo é: a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de célio 133.

Desde então, os progressos da física e da metrologia permitiram melhorar em 8 ordens de grandeza a exatidão com que se define o segundo. Assim, no domínio das frequências ópticas, algumas frequências já são recomendadas pelo CIPM como representações secundárias do segundo e podem vir a ser a nova referência para a definição do segundo [3].

Nesta comunicação, apresenta-se uma breve resenha da história do Segundo na escala internacional e em Portugal em particular. Serão assim evidenciados alguns projetos em que autor desta comunicação está envolvido para a disseminação do segundo para diferentes sectores de atividade económicas e financeiras intra e além-fronteiras.

**PALAVRAS-CHAVE:** segundo; BIPM; Sistema Internacional de unidades

**REFERÊNCIAS**

[1] Resolution 1 da 13.<sup>a</sup> CGPM (1967);

[2] Resolution 9 da 11.<sup>a</sup> CGPM (1960);

[3] 50<sup>th</sup> anniversary of the adoption of the atomic definition of the second, disponível em: <http://www.bipm.org/en/news/full-stories/2017-07-definition-second.html>.

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**A IMPORTÂNCIA DAS MEDIÇÕES NO SECTOR AEROESPACIAL**

**Maria do Céu Ferreira<sup>1</sup>, José Pedro Ferreira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>: Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião 2, 2829-513 Caparica

<sup>2</sup>: Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa

[mcferreira@ipq.pt](mailto:mcferreira@ipq.pt)

**RESUMO**

A medição, como domínio da atividade técnico-científica, dispõe de um conjunto de atividades que visam a determinação do valor das grandezas e das unidades de medida, permitindo assegurar a rastreabilidade metrológica dos instrumentos e dos sistemas de medição. A importância da metrologia [1], como ciência da medição, é transversal em todas as áreas da sociedade, incluindo o setor dos transportes. Por inerência, o sector aeroespacial representa uma área de atividade em que as medições exatas, credíveis e rastreáveis constituem requisitos obrigatórios e fundamentais à garantia da qualidade e, conseqüentemente, à confiança dos sistemas de medição.

Assim, tendo como pressuposto uma abordagem pela qualidade total, pretende-se com o presente trabalho identificar e analisar algumas situações que decorrem da aplicação dos princípios basilares da metrologia no domínio aeroespacial.

A reflexão é estruturada sobre os principais documentos orientadores para aplicações metrológicas, incluindo normas e recomendações internacionais utilizadas no sector aeroespacial [2] [3], enfatizando a sua relevância na garantia da qualidade, na confiança e no rigor das medições efetuadas.

É ainda explorado e justificado o papel de algumas ferramentas metrológicas inovadoras em aplicações aeroespaciais, como é o caso da introdução do *Indoor GPS* (iGPS) em linhas de produção de larga escala [4].

**PALAVRAS-CHAVE:** Aeroespacial; Metrologia; Qualidade; Rastreabilidade metrológica.

**REFERÊNCIAS**

- [1] Instituto Português da Qualidade (2012), Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM). 1.ª edição Luso-Brasileira, IPQ. ISBN 972-763-00-6.
- [2] ISO 10360-2:2009. Geometrical product specifications -- Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines.
- [3] ISO 17123-1:2014. Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments.
- [4] J. Muelaner, P. Maropoulos, "Large Scale Metrology in Aerospace Assembly", 5<sup>th</sup> International Conference on Digital Enterprise Technology, (2008).

Sessão 5 - Stan MEYER (séc. XX)

**AVALIAÇÃO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO EM PROCEDIMENTOS  
ANALÍTICOS COMPLEXOS**

Vanessa M. Morgado<sup>1,2</sup>, Carla Palma<sup>2</sup>, Ricardo B. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: Centro de Química Estrutural, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa

<sup>2</sup>: Instituto Hidrográfico, rua das Trinas, 49, Lisboa

[morgado.m.vanessa@gmail.com](mailto:morgado.m.vanessa@gmail.com)

**RESUMO**

As dragagens de sedimentos são essenciais para manter a navegação nos portos e em áreas navegáveis assim como para facilitar o próprio desenvolvimento das zonas portuárias. Muito do material removido durante as atividades de dragagem são depositados no mar ou podem ter outras utilizações dependendo das características físicas e químicas do material [1]. Em Portugal a determinação das características e composição dos materiais dragados, para efeitos de dragagem e eliminação, é realizada de acordo com o anexo III da Portaria nº 1450/2007.

Tendo em consideração que cerca de 85 % dos metais pesados libertados nos ecossistemas aquáticos são acumulados na superfície dos sedimentos [2], sugerindo que este recurso hídrico é o maior recetor e potencial fonte no que respeita a este tipo de poluição em sistemas aquáticos, estes figuram na lista dos parâmetros a determinar de acordo com o anexo III da portaria referida.

A Divisão de Química e Poluição do Meio Marinho do Instituto Hidrográfico tem procedimentos desenvolvidos para a determinação de metais em sedimentos por espectrometria de absorção atómica que envolvem uma etapa prévia de digestão em micro-ondas das amostras segundo o procedimento OSPAR ou segundo o procedimento empírico EPA 3050B, antes da quantificação no espectrómetro. Neste contexto, os procedimentos de medição devem ser validados para verificar se as suas medições são adequadas ao fim em vista.

No âmbito da validação de um procedimento de medição, é imprescindível uma avaliação metrológica de determinados requisitos, a qual confere um veredicto relativamente à adequabilidade do procedimento e à qualidade das suas medições. Neste trabalho, a validação do procedimento de medição envolveu a avaliação da linearidade e da homogeneidade de variâncias da resposta instrumental, dos limiares analíticos e a avaliação da incerteza de medição pelas abordagens supra-analíticas propostas nos guias Eurachem [3] e Nordtest [4] e pela abordagem diferencial [5]. Este trabalho envolveu também o desenvolvimento de uma metodologia computacional para estimar a incerteza de medição através do método Monte Carlo.

Os resultados obtidos evidenciaram estimativas de incertezas de medição majoradas pelas abordagens supra-analíticas comparativamente à abordagem diferencial. Todavia, uma vez que as incertezas expandidas relativas estimadas são inferiores ao valor alvo definido de 25 % [6], os procedimentos de medição demonstraram ser adequados à monitorização de metais pesados em sedimentos. A metodologia inovadora desenvolvida para a combinação das componentes da incerteza pelo método Monte Carlo revelou ser promissora para a estimativa de incertezas que envolvem procedimentos de medição complexos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sedimentos; Metais pesados; Espectrometria atómica; Incerteza de medição; Método Monte Carlo.

**REFERÊNCIAS**

- [1] OSPAR Commission, OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea, Agreement 2014-06, (2014);
- [2] Z. Zhang, L. Juying, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 94-101, (2016);
- [3] S. L. R. Ellison, A. Williams (Eds.), Eurachem/CITAC Guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 3<sup>rd</sup> ed., (2012);
- [4] B. Magnusson *et al.*, Nordtest technical report - Handbook for Calculation of Measurement Uncertainty in Environmental Laboratories, TR 537 ed. 3.1, (2012);
- [5] R. Silva, Modelação do desempenho de métodos analíticos complexos, Tese de Doutoramento em Química, Universidade de Lisboa, Departamento de Química e Bioquímica, (2004);
- [6] Regulamento (UE) nº 2015/1787 de 6 de outubro da Comissão, *Jornal Oficial da União Europeia*, (2015).

**A IMPORTÂNCIA DAS MEDIÇÕES NO PROCESSO DE PRODUÇÃO E TRANSFORMAÇÃO  
DE COMPÓSITOS ESTRUTURAIS**

**Cristina Parreira**

Formadora Externa no Centro de Emprego e Formação Profissional de Évora, Évora

[kristinaparreira@hotmail.com](mailto:kristinaparreira@hotmail.com)

**RESUMO**

Um material compósito define-se como a junção de dois ou mais materiais que verdadeiramente não se juntam entre si [1]. Destacam-se os materiais compósitos reforçados com fibra pois tem uma forte presença na indústria Aeronáutica, o seu baixo peso aliado à sua elevada resistência mecânica tornam as suas propriedades únicas quando comparados aos materiais tradicionais usados nesta indústria. Uma das técnicas com maior expressão na produção aeronáutica de materiais compósitos passa pela técnica de cura em Autoclave, esta técnica aplica em simultâneo pressão, temperatura e vácuo, garantindo um produto final de elevada responsabilidade estrutural. Devido à necessidade de colaboradores nesta área e às exigências desta indústria os adultos que frequentam a saída profissional de Produção e transformação de compósitos tem de dominar várias tarefas, nomeadamente preparação do molde, corte de tecidos, laminação, aplicação de vácuo, ensacamento, cura, acabamento, controlo de qualidade, selagem e por fim a pintura, além de todo o saber-fazer associado à produção tem de conhecer as variáveis a serem controladas nos espaços, lidas nos equipamentos e a implicação que as mesmas tem nas propriedades do produto final. Assim a Produção decorre num espaço designado de sala limpa com temperatura, pressão e humidade controlados [2, 3].

Algumas das medições executadas passam pela medição do tecido pre-impregnado, medição da temperatura da arca congeladora onde estão acondicionados alguns dos reforços, temperatura e tempo de exposição do material entre descongelamento e a cura, medição das áreas de tecidos auxiliares ao ensacamento como *peel ply*, filme de ensacamento, medição de núcleos e ângulos de chanfros, medição de tempo e vácuo aplicado, temperatura, vácuo e pressão na cura, humidade e teor de partículas do espaço, medição da espessura de filme orgânico, rugosidade da superfície como garante de aderência da tinta, medição de espessura do produto final, preparação da tinta através da pesagem dos componentes da tinta. Combinando a diversidade de medições, equipamentos e escalas de variáveis à heterogeneidade do grupo a nível de conceitos-chave e de experiências profissionais surgem algumas entropias à aquisição destes conhecimentos por parte dos formandos.

Pode concluir-se que uma correta medição das variáveis conduz a uma peça sem defeitos, sendo um dos principais defeitos a falta de aderência entre as camadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos estruturais; Formação profissional; Cura em autoclave; Defeitos

**REFERÊNCIAS**

- [1] M. Moura, A. Morais, A. Magalhães Materiais Compósitos: Materiais, Fabrico e Comportamento Mecânico Publindústria (2005);
- [2] A. Marques, F. Alves, L. Silva Materiais de Construção, Publindústria (2013);
- [3] F. Neto, L. Pardini Compósitos Estruturais, Blucher (2012).

**7.º ENCONTRO NACIONAL DA SPMET  
As Medições para os Transportes - RESUMOS**

**AValiação DE CONFORMIDADE DE PENEIROS DE MALHA METÁLICA CALIBRADOS  
SEGUNDO O REFERENCIAL NORMATIVO ASTM E11**

**Isabel Perfeito**

CATIM - Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica, Porto

[isabel.perfeito@catim.pt](mailto:isabel.perfeito@catim.pt)

## **RESUMO**

A avaliação de conformidade engloba todas as atividades que garantem que um produto, processo, pessoa ou organização cumpre a função para a qual foi designado. Entre os benefícios estão o aumento de confiança dos consumidores e outras partes interessadas e o aumento da competitividade da empresa [1]. Neste sentido, a avaliação da conformidade dos peneiros, objeto deste documento, é indispensável para os seus utilizadores. A calibração de peneiros de malha metálica é efetuada de acordo com vários referenciais normativos entre os quais a norma ASTM E11 [2]. Tendo esta norma sido reeditada em anos sucessivos, pretende-se contribuir para esclarecer quais as alterações constantes na última edição, ASTM E11-17, relativamente às anteriores edições e respetiva avaliação de conformidade de peneiros de malha metálica, fabricados segundo esta mesma norma.

Os peneiros têm aplicação nos mais diversos domínios, entre eles das Infraestruturas, e que têm como função a separação, fracionamento, determinação granulométrica de materiais como pós e suspensões. Na sua calibração são determinados parâmetros como as médias das aberturas da malha e seu desvio padrão e diâmetro do arame em duas direções distintas de acordo com os requisitos normativos.

Após a calibração é necessário efetuar a avaliação de conformidade e cabe aos utilizadores dos peneiros efetuar essa análise tendo em conta a norma pela qual os peneiros são fabricados. As normas ISO 14253-1:2013 [3] (em revisão) e a norma ISO/TR 14253-6:2012 [4] são uma mais-valia para o entendimento da aplicação de regras de decisão. No seguimento das reedições de 2015, 2016 e 2017 da ASTM E11 torna-se necessário entender a evolução desta norma de forma a avaliar a necessidade de alterar dos critérios de aceitação já estabelecidos.

Os parâmetros relacionados com as aberturas da malha, desvio padrão e diâmetro do arame poderão ter maior relevância. É importante ter em conta as tolerâncias máximas admissíveis dos parâmetros associados às aberturas e desvio padrão. As tolerâncias da norma ASTM tornaram-se mais apertadas. Relativamente aos valores das tolerâncias para o diâmetro do arame, estas não foram alteradas, no entanto, o número mínimo de medições de diâmetro do arame a efetuar, quando as aberturas e diâmetros do arame são medidos ao mesmo tempo, foi alterado. No que diz respeito ao procedimento de medição da malha, este manteve-se.

A avaliação da conformidade dos peneiros de malha metálica deve ter em conta a edição da norma pela qual os peneiros são fabricados. Não havendo requisitos específicos no processo onde se inserem os peneiros, esta norma determinará o procedimento de calibração a seguir e as tolerâncias a considerar para cada parâmetro na determinação dos critérios de aceitação baseados na norma de fabrico dos peneiros em causa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metrologia dimensional; Peneiros de malha metálica; Calibração; Avaliação de conformidade, ASTM E11

## **REFERÊNCIAS**

- [1] NP EN ISO/IEC 17000:2005 - Avaliação da conformidade - Vocabulário e princípios gerais;
- [2] ASTM E 11 – 15, 16, 17 - Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves;
- [3] ISO 14253-1:2013 – Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications;
- [4] ISO/TR 14253-6 - Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 6: Generalized decision rules for the acceptance and rejection of instruments and workpieces.

## APLICAÇÃO DA METROLOGIA LEGAL NAS MEDIÇÕES PARA OS TRANSPORTES

Jorge Fradique, Maria do Céu Ferreira

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

[mcferreira@ipq.pt](mailto:mcferreira@ipq.pt); [jfradique@ipq.pt](mailto:jfradique@ipq.pt)

### RESUMO

A Metrologia aplicada aos transportes desempenha um papel relevante no rigor e na garantia da segurança das medições, aplicável em todas as áreas de atuação.

Caracterizadas por um forte suporte regulamentar, a segurança rodoviária e a fiscalização do código da estrada são domínios onde a metrologia legal desempenha um papel relevante.

Por um lado, aos fabricantes dos instrumentos de medição é imposta uma avaliação da conformidade, através da qual deverá ser garantida a rastreabilidade das medições e o cumprimento dos requisitos legais impostos pela legislação em vigor. Por outro, às entidades fiscalizadoras é imposta uma garantia e rigor nos resultados das medições efetuadas pelos instrumentos utilizados na fiscalização do código da estrada. Todos esses fatores têm motivado o crescente interesse e preocupação pelo desempenho metrológico dos instrumentos, em particular nas situações em que as medições representam um papel crucial na segurança e saúde dos cidadãos, como é o caso da segurança e prevenção rodoviária.

Neste sentido, pretende-se com este trabalho apresentar o atual cenário num contexto regulamentar em metrologia, fazendo-se uma abordagem transversal aos instrumentos de medição utilizados no âmbito da segurança e da prevenção rodoviária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metrologia legal; Transportes; Fiscalização.

### REFERÊNCIAS

- [1] Decreto-lei 291/90, de 20 de setembro, que estabelece o regime de controlo metrológico dos métodos e instrumentos de medição;
- [2] Portaria 962/90, de 9 de outubro, que aprova o Regulamento Geral do Controlo Metrológico.

