

Série Metrologia

Compilado de Artigos

2021-2025 Revista O Papel

SÉRIE METROLOGIA

Compilado de artigos

2021-2025 Revista O Papel

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT

Unidade de Tecnológicas Regulatórias e Metrológicas

São Paulo, 2026

© Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT

Av. Professor Almeida Prado, 532 - Cidade
Universitária "Armando Salles Oliveira"
CEP 05508-901 / São Paulo SP
Telefone 55 (11) 3767-4000
e-mail ipt@ipt.br

© Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Rua Joaquim Floriano, 466 - Itaim Bibi
Edifício Brascan Century Corporate - Bloco C/ 8º Andar
CEP 04534-002 / São Paulo / SP
Telefone 55 (11) 97689-0857
email patriciacapo.ext@abtcp.org.br

Série Metroológica – Compilado de artigos

2021-2025 Revista O Papel

Coordenadores

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo – TRM/IPT (malu@ipt.br)

Patricia Capo – ABTCP (patriciacapo.ext@abtcp.org.br)

Autores (ordem alfabética): Bruno Cavalcante Zanotti; Carlos Alberto Fabrício Junior; Diogo Cesar Borges Silva; Douglas Mamoru Yamanaka; Fabiano Ferreira Chotoli; Fabrício Gonçalves Torres; Felipe Jaloretto da Silva; Gilder Nader; Joaquim Henrique Angelo; José Eduardo Prata; Juliana Ferreira de Oliveira; Karen Isabelle Lima Vieira; Kazuto Kawakita; Leandro Ogata; Luciana Casciny Pacífico; Manuel Antonio Piris Castanho; Marcelo de Mello Aquilino; Marcelo Tadao Sata; Marco Antonio Grecco D'Elia; Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo; Nelson Kanji Honma; Nilson Massami Taira; Olga Satomi Yoshida; Patricia Hama; Patricia Hinata; Ramon Valls Martins; Ricardo Rezende Zucchini; Rui Gomez Teixeira de Almeida; Ryan Wicky Salatti.

Apoio:

IPT - Luiz Gustavo Pinto Moraes Silviano (revisão de projeto gráfico e imagens)

ABTCP - Mônica Reis (revisão dos artigos na Revista O Papel)

Edição e Diagramação

Phábrica de Produções:

Alecsander Coelho, Daniela Bissiguini, Érsio Ribeiro, Kauê Rodrigues, Paulo Ciola e Rebeca Tonello

Capa

Phábrica de Produções

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Série metrologia [livro eletrônico] : compilado
de artigos 2021-2025 : revista O Papel /
[coordenação Maria Luiza Otero D Almeida
Lamardo, Patrícia Capo]. -- São Paulo :
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo : Associação Brasileira Técnica
Celulose e Papel, 2026. -- (IPT publicação ; 3086)
PDF

ISBN 978-65-5702-059-3

1. Artigos - Coletâneas 2. Instrumentos de medição
3. Metrologia 4. Tecnologia I. Lamardo, Maria Luiza
Otero D Almeida. II. Capo, Patrícia. III. Série.

26-379276.0

CDD-530.81

Índices para catálogo sistemático:

1. Metrologia : Sistemas de medição 530.81

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

APRESENTAÇÃO

Esta publicação consiste na compilação dos artigos publicados mensalmente, no período de abril de 2021 a junho de 2025, na Coluna Pergunte ao Zé Pachel, da revista O Papel, da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP).

Para o período em questão a proposta foi publicar apenas artigos envolvendo, direta ou indiretamente, assuntos relacionados à metrologia, sendo, por conseguinte, seu conjunto denominado Série Metrologia.

A publicação dos artigos não seguiu sequências ou ordenamentos, pois estes foram elaborados conforme o surgimento dos temas.

Os artigos foram em quase sua maioria escritos pela equipe técnica da Unidade de Tecnologias Regulatórias e Metrológicas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Poucos artigos tiveram a participação de outras Unidades do IPT.

Um aspecto a ser ressaltado é que esta compilação encerra desde respostas a questões básicas, como a diferença entre massa e peso, até a questões mais complexas como a importância da qualidade de dados na Inteligência Artificial. A diversidade apresentada permite observar a interdisciplinaridade e transversalidade da metrologia, assim como a sua importância.

Os artigos são apresentados nesta compilação por ordem cronológica de publicação e com conteúdo tal como publicados na revista. O Apêndice A traz uma tabela que agrupa os títulos publicados por tema.

A revista O Papel, fundada em 1939, passou a ser propriedade da ABTCP em 1993. Nos seus 87 anos de existência tem acompanhado a evolução do setor celulósico-papeleiro e sido um veículo de larga inserção nesse mercado tanto nacional como internacional. É uma revista indexada pela base Scopus desde 2010, tendo sessenta e quatro artigos disponíveis nas áreas de Engenharia Química, Engenharia e Ciências dos Materiais, até o ano de 2025. A revista O Papel tem edições impressas e online.

Nilson Massami Taira

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)
Unidade Tecnologias Regulatórias e Metrológicas
Diretor

Darcio Berni

Associação Brasileira Técnica de
Celulose e Papel
Diretor Executivo

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Ano 2021.....9

■ Abertura da serie metrologia	10
■ Quem dita regras em Metrologia?	11
■ O que é Metrologia Legal?	14
■ Quais as diferenças entre erro, exatidão, precisão e incerteza do resultado de uma medição?	17
■ Resultados podem ser afetados pela amostragem?	20
■ O que é que mudou no Sistema Internacional de Unidades-SI?	23
■ Como funciona um túnel de vento para ensaios aerodinâmicos?	26
■ O que é um laboratório ou organismo acreditado?	29
■ Como um laboratório de ensaio requer acreditação de um escopo por ele definido.....	32

Ano 2022.....36

■ Qual é a diferença entre massa e peso?	37
■ O que são balanças gravitacionais e inerciais?	41
■ A metrologia também se aplica à economia circular?	44
■ Equipamentos e sistemas de medições digitais precisam ser calibrados?	47
■ A metrologia é importante na manutenção preditiva?	50
■ O que é incerteza de medida e como se determina?	52
■ Por que testes de compatibilidade eletromagnética são importantes?	56
■ Qual é a importância de normas de especificação?	60
■ Paletes tem medidas padronizadas?	63
■ O que é Regulamentação Técnica e como ela se relaciona com a Metrologia?	66
■ Por que existem diferentes expressões de unidade de vazão volumétrica de gás e como estas expressões impactam na interpretação de resultados?	68
■ Medição de vazão volumétrica ou totalização de volume de um fluido: onde aplicar cada caso?	71

Ano 2023.....74

■ Quais são as principais soluções metrológicas para informações geométricas e dimensionais?	75
■ O que é rastreabilidade em metrologia?	78
■ É possível realizar uma transformação digital em um ensaio comum de laboratório?	81
■ Qual é a importância do magnetismo?	84
■ Na inteligência Artificial qual a importância da qualidade dos dados?	87
■ Qual a influência da umidade em paletes de madeira?	89
■ Como se calibra um viscosímetro capilar?	92
■ Rotulagem envolve metrologia?	95
■ Quais os benefícios das tecnologias digitais para a sustentabilidade?	98

■ Quando foi introduzido o sistema métrico no Brasil?	100
■ O que é um material de referência e como ele é produzido?	103
■ Qual a importância de procedimentos de ensaio normalizados?	106

Ano 2024.....109

■ Quando o IPT começou a atuar em metrologia?	110
■ Como um fabricante de paleta de madeira pode controlar a qualidade de seu produto?	113
■ Qual a diferença entre reparo e reforma para um paleta de madeira?	115
■ A metrologia está presente em ambulatórios de fábricas de celulose e papel?	118
■ Como a metrologia está envolvida nas inovações tecnológica da fabricação de papel?	121
■ Quais são as principais medidas relacionadas a tempo?	124
■ Pode haver controvérsia na medição de vazão?	127
■ Os cronômetros precisam ser calibrados?	130
■ Demandas ambientais podem influenciar rotulagem de produtos de papel?	132
■ O que é RoHs e qual a relação com o setor de celulose e papel?	135
■ Para Metrologia Mecânica a gravidade local é importante?	138
■ O que é um osciloscópio e como escolher um bom osciloscópio?	141

Ano 2025144

■ A reciclagem do papel é um processo industrial?	145
■ Pode haver um excesso de aparas para reciclagem?	149
■ O controle de ruído é uma questão importante na indústria?	152
■ O que são tacômetros e como são calibrados?	156
■ Quando começou o controle da qualidade na fabricação de papel?	159
■ Término da Série Metrologia	162

APÊNDICES..... 163

■ APÊNDICE A - Artigos agrupados por temas	164
■ APÊNDICE B - Relação de Autores e seus e-mails.....	166

ANO
2021



ABERTURA DA SÉRIE METROLOGIA

Personagem criado pela ABTCP como porta voz dos técnicos do setor de celulose e papel nas respostas a dúvidas dos leitores e na divulgação de conceitos relevantes, volta este mês com sua coluna *Pergunte ao Zé Pacel* no lançamento da série especial sobre Metrologia.

Abril 2021

A coluna *Pergunte ao Zé Pacel* volta às páginas da revista O Papel neste mês de aniversário dos 82 anos de circulação do veículo impresso mensal para falar sobre um assunto interessante e necessário à vida de todos nós para estabelecer parâmetros de medidas em diversos aspectos. O assunto é tão importante que ganhou umaciência totalmente dedicada às medições: a Metrologia.

O tema será tratado em uma série especial pelo nosso personagem *Zé Pacel* que, na forma de pergunta e resposta, explicará aos leitores os principais conceitos técnicos da Metrologia a partir da próxima edição da revista O Papel. Serão abordadas questões interessantes e importantes dessa Ciência que trarão esclarecimentos e informações não facilmente acessíveis na literatura e, também, aspectos essenciais do desenvolvimento tecnológico da Metrologia, que avança e acompanha toda a dinâmica da atualidade. Deste modo será uma coluna que abordará, sob o enfoque metrológico informações, conceitos e tecnologias em desenvolvimento.

O progresso dos povos sempre esteve relacionado com o progresso de medições. Podemos inclusive dizer que o grau de desenvolvimento de uma nação pode ser medido pela sua capacidade de realizar boas medições.

A importância das medições é clara, principalmente quando elas estão relacionadas a custos, como é o caso das pesagens nas compras que realizamos no comércio, do volume de combustível com o qual abastecemos nossos carros, dos minutos indicados nas contas do celular, dos metros cúbicos e quilowatts hora indicados nas contas de água e energia elétrica.

No nosso cotidiano também somos beneficiados por medições, que são realizadas, processadas e chegam nós na forma de informações como é o caso, por exemplo, da previsão meteorológica, dos avisos de aproximação de frentes frias, dos alertas de congestionamentos no trânsito e das instruções dadas a aviões.

De fato, medições vão muito além do cotidiano das pessoas. Apoiam todos os ramos das ciências em suas pesquisas e descobertas, são utilizadas nas operações unitárias dos processos fabris, na elaboração de especificações de matérias-primas e de produtos e fazem parte do cotidiano de laboratórios, desde os de análises clínicas até os que dão apoio aos processos industriais.

Da mesma forma, as medições fazem parte dos processos de criação de índices e de modelos matemáticos que podem ser replicados. Estão presentes na Indústria 4.0, nos processos de desenvolvimento de Inteligência Artificial (IA), na elaboração de software e em processos regulatórios.

As convidadas para dar voz ao personagem *Zé Pacel*, na exposição dos conteúdos desta série especial são Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo, pesquisadora na Unidade de Tecnologias Regulatórias e Metrológicas do IPT e Viviane Nunes, coordenadora técnica da ABTCP. Portanto, acompanhem a partir da próxima edição a volta do *Zé Pacel* nesta viagem pelo conhecimento e participem, enviando suas dúvidas para as colunistas.



Quem dita regras em Metrologia?

Kazuto Kawakita

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

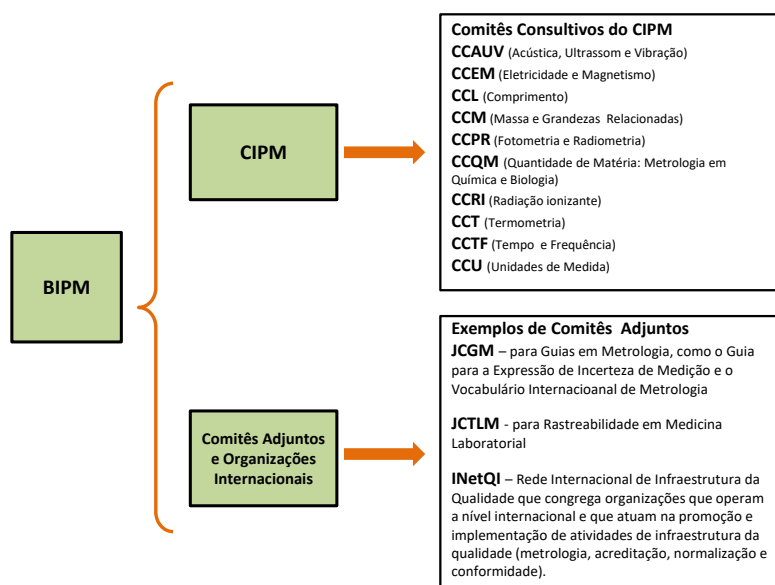
Maio 2021

A necessidade de efetuar medições remonta as primeiras civilizações e, ao longo do tempo, padrões e sistemas de medida foram sendo definidos para atender demandas locais ou regionais. No Século XIX, com o incremento do comércio entre os países, tornou-se premente a necessidade de harmonizar os padrões e os sistemas de medição. Em 20 de maio de 1875, ocorreu em Paris a *Convenção do Metro* (*La Convention du Mètre*)¹, que teve 17 países signatários, entre eles o Brasil, representado por D. Pedro II. Nessa convenção, foi criado o BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*), em português *Bureau Internacional de Pesos e Medidas*, tendo três objetivos principais²:

- representar a comunidade mundial de medição, com o objetivo de maximizar seu impacto;
- ser um centro de colaboração científica e técnica entre os Estados Membros, proporcionando capacidades para comparações internacionais de medições a custos partilhados;
- ser o coordenador do sistema de medição mundial, garantindo que ele forneça resultados de medição comparáveis, adequados à finalidade e internacionalmente aceitos.

Atualmente, o BIPM conta com cerca de 102 países membros, entre votantes e observadores, e abrange o Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM), os Comitês Consultivos do CIPM e Comitês Adjuntos e Organizações Internacionais, estes dois últimos para tarefas específicas de interesse comum. A Figura 1 apresenta a estrutura básica atual do BIPM³.

Figura 1 – Estrutura atual do BIPM



Fonte: Ilustração elaborada pelos autores

A cada quatro anos ocorre a Conferência Geral de Pesos e Medidas, CGPM (*Conférence Générale des Poids et Mesures*), que delibera o que é apresentado pelo BIPM.

Os países membros do BIPM têm, cada qual, um órgão que representa o país e que internaliza as orientações e documentos do BIPM. Esses órgãos participam de Comitês do BIPM e, também, da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM). No Brasil, esse órgão é o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

O Inmetro é uma autarquia federal, vinculada à Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, do Ministério da Economia. O Instituto atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro)⁴.

O BIPM e seus países membros abordam a **Metrologia Científica e Industrial**, essencial para o desenvolvimento e inovação tecnológica. As atividades da **Metrologia Científica e Industrial** compreendem o desenvolvimento, realização, reprodução, guarda e disseminação dos padrões de medida, materiais de referência certificados e medidas rastreadas. A credibilidade e a eficácia dos sistemas nacionais de metrologia científica e industrial dependem da existência de Institutos Nacionais de Metrologia (*National Measurement Institutes* ou NMIs). Institutos esses que garantem a realização e a uniformização das unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades (SI) e a consequente rastreabilidade das medidas aos padrões nacionais mantidos pelos Institutos Nacionais de Metrologia. A Figura 2 resume as inter-relações do Inmetro referentes à Metrologia Científica e Industrial no Brasil

Figura 2 – Inter-relações do Inmetro referentes à Metrologia Científica e Industrial



Fonte: Ilustração elaborada pelos autores

Duas publicações do BIPM, internalizadas pelo Inmetro, são essenciais para todos que geram ou utilizam resultados de medições:

- Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM)⁵, que traz termos associados à Metrologia e a princípios básicos que regulam as grandezas e unidades;
- Sistema Internacional de Unidades (SI)⁶, que define as unidades de medida e os modos de expressão.

O exposto permite observar a complexidade do universo da Metrologia Científica e Industrial e como é essencial seu bom entendimento. Vale ressaltar que o Inmetro também trata de uma outra parte importante da Metrologia que é a Metrologia Legal, área relacionada às exigências legais, técnicas e administrativas referentes às unidades de medida, aos métodos e instrumentos de medição, que são desenvolvidas por órgãos competentes. A Metrologia Legal tem como objetivo principal proteger o consumidor em suas interações com o mercado regulado. No Brasil, as atividades da Metrologia Legal são uma atribuição da Divisão de Metrologia Legal (Dimel) do Inmetro, que também participa do esforço mundial de assegurar a uniformidade dos sistemas de medição. Para garantir tais propósitos, a Dimel trabalha em sintonia com as diretrizes da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML).

Referências bibliográficas

¹ Disponível em: <https://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/metre-convention/>. Acesso em maio/2021

² BIPM Strategic Plan (2018). Disponível em: https://www.bipm.org/fr/search?p_p_id=search_portlet&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_search_portlet_javax.portlet.action=search&p_p_lifecycle=0. Acesso em maio/2021

³ Disponível em: <https://www.bipm.org/en/about-us/>. Acessada em maio/2021.

⁴ Disponível em: <https://www4.inmetro.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>. Acesso em maio/2021.

⁵ Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf. Acesso em maio/2021

⁶ Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si-versao_final.pdf. Acesso em maio/2021



O que é Metrologia Legal?

Nilson Massami Taira
Kazuto Kawakita

Junho 2021

As medições se incorporaram tanto e de tal forma à nossa vida cotidiana que muitas vezes as tomamos como certas e frequentemente nem sequer as percebemos. Por exemplo, quando:

- monitoramos a velocidade com que conduzimos o veículo para garantir que viajamos com segurança e, assim, reduzir o risco de acidentes nas estradas;
- nos submetemos a exames médicos para cuidar de nossa saúde;
- utilizamos os sistemas de posicionamento via satélite para identificar nossa localização;
- consumimos energia elétrica, gás e água das concessionárias, que os faturam com base em medições;
- compramos carnes, frutas e legumes por peso;
- abastecemos os nossos carros com combustível medido por volume;
- temos nossos veículos inspecionados para monitorar os níveis de emissão de gases de escape, e assim por diante.

Devido às características intrínsecas das medições, é normal que pequenos erros em ambas as direções em torno do valor médio ocorram em um grande número de medições. Porém, erros tendenciosos ou intencionais podem ocasionar danos e prejuízos financeiros consideráveis. Por exemplo, medidas incorretas de volumes de petróleo e seus derivados em cada um dos muitos pontos de transação, desde o poço até o consumidor final, podem acarretar sérias consequências econômicas às partes envolvidas.

A legislação sobre medições e instrumentos de medição é necessária em todos esses casos, assim como quando há necessidade de proteger tanto o comprador quanto o vendedor em uma transação comercial, ou quando as medições são utilizadas para aplicar uma sanção, a exemplo de uma multa de trânsito. Praticamente, todos os países proporcionam tal proteção, incluindo a Metrologia em sua legislação - daí o termo “Metrologia Legal”.

Como comentado na edição de abril, a Metrologia Legal tem como objetivo principal proteger o consumidor em suas interações com o mercado regulado. No Brasil, as atividades da Metrologia Legal são uma atribuição da Divisão de Metrologia Legal - Dimel do Inmetro¹, que também participa do esforço mundial de assegurar a uniformidade dos sistemas de medição. Para garantir tais propósitos, a Dimel trabalha em sintonia com as diretrizes da Organização Internacional de Metrologia Legal – OIML².

A regulação do mercado é exercida pelo Governo por meio de leis, portarias e regulamentos. Os regulamentos estabelecem as unidades de medida autorizadas, os requisitos técnicos e metrológicos, as determinações de marcação (marca do Inmetro), as exigências de utilização e o controle metrológico a que devem satisfazer os fabricantes, importadores e detentores dos instrumentos de medição. A elaboração

e o desenvolvimento da regulamentação metrológica se baseiam geralmente nas recomendações OIML e na colaboração dos fabricantes dos instrumentos de medição envolvidos, representados por suas entidades de classe e entidades representativas dos consumidores.

A regulamentação técnica metrológica em vigor está dividida em áreas temáticas: terminologia e unidades de medida (Sistema Internacional de Unidades), controle metrológico legal, produtos pré-medidos (alimentos e produtos em geral embalados), comprimento e grandezas associadas (tacógrafos e taxímetros), fluidos e volume (água e combustíveis), massa e massa específica (balanças), temperatura e grandezas associadas (termômetros), grandezas elétricas, óptica, medição de poluentes, medições físico-químicas, medição na área da saúde (termômetros e esfigmomanômetros)³. No Brasil, os Institutos de Pesos e Medidas - IPEMs estaduais operam por delegação do INMETRO para desempenhar atividades de Metrologia Legal, em especial na fiscalização, verificação e controle metrológico.

Figura 1 – Bancada do laboratório de vazão de gás da TRM/IPT para calibração de medidores com diâmetro nominal de 1 ½” até 12”.



O laboratório é o único no Brasil a atender a faixa de vazão acreditada pela CGCRE de 0,6 m³/h até 5.000 m³/h

Monetização das atividades metrológicas

Um relatório⁴ de 1994 do *Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM apresentou uma estimativa sobre as medições e suas operações relacionadas indicando que estas podem representar de 3 % a 6 % do PIB nos países industrializados.

Segundo um documento⁵ do PTB da Alemanha de 2018, existem cerca de 850 milhões de instrumentos de medição na Europa que devem ser sistematicamente verificados e fiscalizados pela Metrologia Legal, na sua grande maioria composta por medidores de utilidades (água, energia elétrica e gás), balanças e bombas medidoras de combustíveis, e que são responsáveis por um mercado da ordem de um trilhão de euros/ano, valor entre 4 % a 6 % do PIB Europeu. Fazendo uma projeção para o mercado brasileiro, a Metrologia Legal seria responsável por um mercado da ordem de R\$ 360 bilhões/ano. Já, para Estado de São Paulo, responsável por cerca de 30 % do PIB brasileiro, este mercado seria da ordem de R\$ 100 bilhões/ano.

O INMETRO está trabalhando na flexibilização da legislação metrológica para atendimento ao livre mercado imposta pela Lei nº 13.874 de 2019, conhecida por “Lei da Liberdade Econômica”, em especial na redução da quantidade de regulamentos me-

trológicos e permitindo a auto declaração de parâmetros metrológicos pelos fabricantes e importadores. A ideia de um mercado aberto e autocontrolado, contando com a divisão das responsabilidades de regulação e fiscalização com outras instituições e agentes reguladores, parece, num primeiro momento, um processo natural de uma nação desenvolvida.

No entanto, no Brasil, esse estágio do processo da evolução da cultura das organizações e empresas até o momento não encontra eco no mercado, sendo ainda necessária uma legislação forte e uma fiscalização atuante por parte do Governo em muitos setores regulados. Por exemplo, considerando o Plano Plurianual – PPA para o quadriênio 2020-2023 da Administração Pública do Estado de São Paulo, no programa 1724 - Metrologia e qualidade de produtos e serviços, o Instituto de Pesos e Medidas IPEM-SP apurou nesse estado, em 2018, um índice de reprovação de 5,69 % nas bombas de combustíveis líquidos e na fiscalização de 72 385 produtos pré-medidos, um percentual de 9,65 % com suspeitas de irregularidades.

Pelo exposto é possível observar que a Metrologia Legal assume proporções cada vez mais relevantes pois induz um processo contínuo de melhoria da qualidade dos padrões de vida do cidadão, do desenvolvimento do comércio interno e externo, saúde, segurança, educação e proteção ao meio ambiente, constituindo-se inclusive em pré-condição para qualquer atividade de natureza científica, tecnológica e cultural.

Referências bibliográficas

¹ Disponível em: <http://inmetro.gov.br/metlegal/metBrasil.asp>. Acesso em 10.05.2021

² Disponível em: <https://www.oiml.org/en> . Acesso em 10.05.2021

³ Disponível em: <http://inmetro.gov.br/metlegal/legislacao-metrologica-em-vigor.asp> .Acesso em 10.05.2021

⁴ Rapport BIPM-94/5 - Metrology, its role in today's world

⁵ PTB, 2018 EMC Poster Executive Summary - Metrology Cloud



Quais as diferenças entre erro, exatidão, precisão e incerteza do resultado de uma medição?

Kazuto Kawakita

Julho 2021

Erro, exatidão, precisão e incerteza são termos comuns entre as pessoas que trabalham com informações e dados originários de medições, particularmente aqueles envolvidos diretamente no controle de processos produtivos e na qualidade de produtos e serviços. Entretanto, o uso indiscriminado e inapropriado desses termos, tem contribuído para o aumento da confusão sobre o real significado de cada um deles.

Uma questão importante a ser entendida é que esses termos metrológicos buscam exprimir características próprias de um ou mais resultados de medições, ou seja, de uma medida ou de um conjunto de medidas. Dessa forma, sempre que possível, eles deveriam ser expressos como erro de medida, exatidão de medida, precisão de medida e incerteza de medida (VIM)¹.

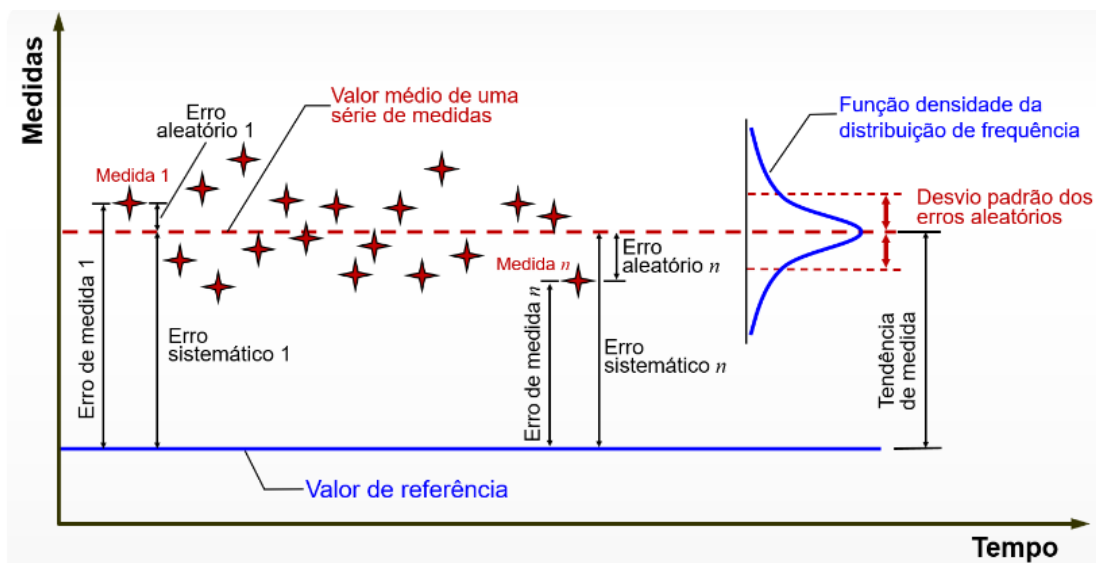
Erro de medida

Devido aos diversos fatores que influenciam uma medição como, por exemplo, o instrumento de medição utilizado, a habilidade do operador desse instrumento, as condições ambientais no momento da medição, ou mesmo as características e o comportamento da grandeza que se pretende medir, ou seja o mensurando, é normal que o resultado de uma medição apresente um valor diferente do valor de referência fornecido por um padrão de medida. A essa desigualdade damos o nome de erro de medida, que é simplesmente a **diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência**.

O valor de referência de uma grandeza é aquele utilizado como base para comparação com valores de grandezas da mesma natureza. Um valor de referência com a sua incerteza de medição associada é geralmente relacionado a um material, por exemplo, um material de referência certificado; um dispositivo, por exemplo, um laser estabilizado; um procedimento de medição de referência ou uma comparação de padrões.

O erro de medida é um conceito associado ao resultado de uma medição individual. Porém, ao realizarmos uma série de medições do mesmo mensurando é normal que os resultados apresentem uma propensão a manter um certo desvio em relação ao valor de referência além de revelar uma dispersão das medidas em relação ao valor médio. Assim, denominamos como erro sistemático a essa tendência de desvio das medidas e de erro aleatório à dispersão entre as medidas. Ou seja, o erro sistemático é a componente do erro de medida que, em medições repetidas, permanece constante ou varia de maneira previsível, sendo que à estimativa desse erro sistemático damos o nome de tendência de medida. Por sua vez, o erro aleatório é a componente do erro de medida que, em medições repetidas, varia de maneira imprevisível. A Figura 1 ilustra esses conceitos.

Figura 1 – Erro de medida, erros sistemáticos, erros aleatórios e tendência de medida



Exatidão de medida

A exatidão de medida é definida como o **grau de concordância entre um valor medido e um valor de referência de um mensurando**. Assim, uma medida é considerada mais exata quando oferece um erro de medida menor.

A exatidão de medida pode ser interpretada como a combinação de precisão de medida e de veracidade de medida.

Precisão de medida

Outro termo bastante comum é a precisão de medida que representa o **grau de concordância (menor dispersão) entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas**. Para expressar numericamente a precisão de medida, geralmente são utilizados parâmetros como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação de um conjunto de medidas, sob condições especificadas de medição.

É importante notar que a precisão de medida caracteriza o grau de concordância entre si de um conjunto de indicações ou valores medidos, mas não tem qualquer relação com o grau de concordância entre os valores medidos e um valor verdadeiro de um mensurando, embora não raramente o termo precisão de medida seja utilizado, erroneamente, para designar a exatidão de medida.

Veracidade de medida

Um termo importante, porém ainda não muito utilizado no Brasil é a veracidade de medida (*measurement trueness*) que representa o **grau de concordância entre a média dos valores medidos obtidos por medições repetidas e um valor de referência**. Na prática, o número de valores medidos considerados para a avaliação do valor médio deve ser grande o suficiente para tornar a variabilidade aleatória dos resultados desprezível. Podemos dizer que uma medição tem melhor veracidade quando oferece um erro sistemático menor, que é estimado por meio da tendência de medida. Assim, a veracidade de medida está inversamente relacionada ao erro sistemático, porém não está relacionada ao erro aleatório.

Incerteza de medida

A medição é o processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza. Assim, todo resultado de medição apresenta associado ao mesmo algum grau de dúvida, ao qual chamamos de incerteza de medida.

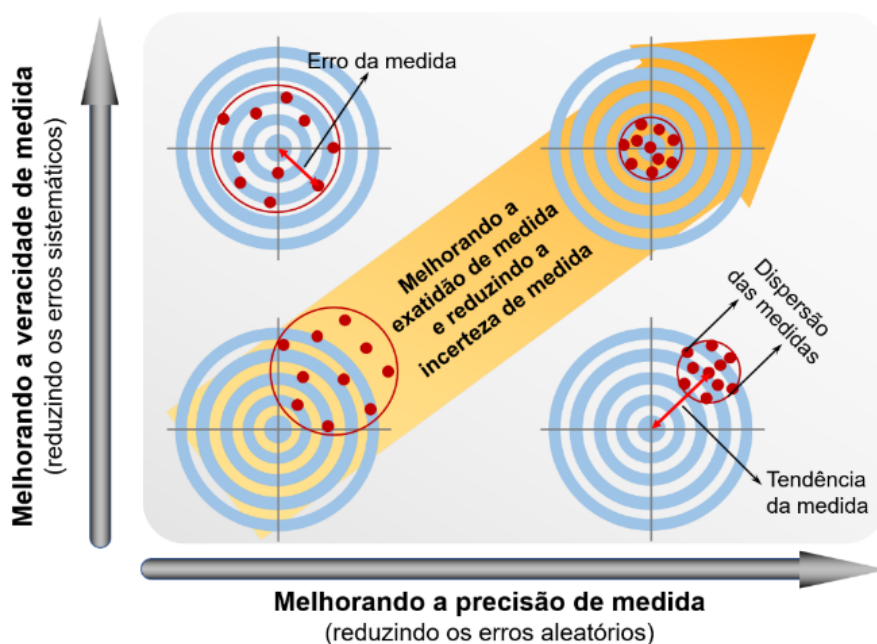
A incerteza de medida é definida no VIM como um **parâmetro que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas**. Esse parâmetro é positivo ou zero e pode ser, por exemplo, uma incerteza padrão (ou um múltiplo especificado dela), ou a meia largura de um intervalo, tendo uma probabilidade de cobertura declarada.

A incerteza de medida é consequência de uma série de fontes de incerteza que incluem componentes provenientes de efeitos sistemáticos, tais como componentes associadas a correções e a valores atribuídos a padrões determinados durante a calibração de um instrumento de medição, da variabilidade natural das medidas de um mensurando, assim como a incerteza definicional que é a componente da incerteza de medida que resulta da quantidade finita de detalhes na definição do mensurando.

Uma das referências técnicas mais utilizadas para a avaliação de incertezas é o guia ISO GUM².

A Figura 2 ilustra os conceitos tratados no presente documento.

Figura 2 – Exatidão, precisão, veracidade e incerteza da medida



Referências bibliográficas

¹ ABNT ISO/IEC GUIA 99:2014 Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM).

² Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008, 141 p. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso_gum_versao_site.pdf. Acesso em julho/2021.



Resultados podem ser afetados pela amostragem?

Olga Satomi Yoshida

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Agosto 2021

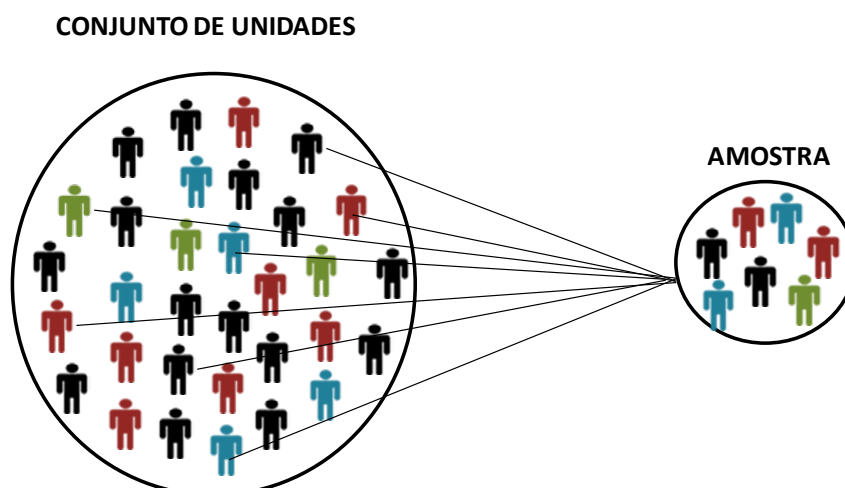
A amostragem tem papel fundamental quando o valor da medida é o que importa por representar certa realidade. Resultados não fazem sentido se não se tem amostras representativas. Infelizmente, pouca atenção é dada para as diversas nuances e complexidades que o tema amostragem encerra.

É do senso comum que quanto maior uma amostra mais confiável será o resultado. Entretanto, além do tamanho amostral, a forma de seleção da amostra, ou seja, a amostragem em si, é essencial para garantir a confiabilidade dos resultados, isto para qualquer situação, quer seja numa medição, na determinação da qualidade de um produto ou na inspeção da qualidade em um processo de produção.

Comitês de normalização em seus procedimentos dizem que as amostras devem ser *representativas*, mas geralmente não definem o significado desse termo. Assim, o que significa ser representativa? Ser representativa do que? Que cuidados se devem ter para garantir que a amostra seja representativa? Ainda, é comum nos depararmos com a expressão “a amostra deve representar a população” ou “a amostra deve ser representativa da realidade”.

Os conceitos em torno de conjunto de unidades da mesma espécie e amostra são bem entendidos em casos onde a unidade é única e facilmente identificável, conforme ilustra a Figura 1. Para esses casos, amostra deve ser tal que: (i) cada unidade amostral tenha sido selecionada do conjunto com a mesma probabilidade e desta forma a amostra não é viciada; (ii) o tamanho amostral deve ser tal que o erro no resultado da medição na amostra não seja muito alto em relação ao que seria se a medição tivesse sido em todas as unidades do conjunto total. Por exemplo, no caso das pesquisas eleitorais o tamanho da amostra $n = 2\,000$ garante que o erro, diferença entre a intenção de votos na amostra e a intenção de votos no conjunto que será amostrado, seja menor do que 3 %, com alta probabilidade, pois há uma relação direta entre o tamanho amostral e a margem de erro, ou seja, quanto maior a amostra menor a margem de erro. Deste modo, se $n = 3\,000$ a margem de erro diminui para 2 %. Entretanto, não se pode esquecer o conceito de variabilidade dos resultados entre as unidades do conjunto e entre as unidades amostrais, a qual deve ser sempre quantificada, pois também interfere no tamanho amostral necessário. No exemplo dado, se a intenção de votos se distribui igualmente entre dois candidatos, 50 % e 50 %, a dispersão dos resultados entre as unidades do conjunto considerado é alta e uma amostragem maior é necessária, mas se a intenção for 10 % e 90%, haverá uma dispersão menor de resultados e, conseqüentemente, a amostragem necessária será menor.

Figura 1 – Amostragem em um conjunto de unidades



Há algumas normas voltadas à amostragem. No caso do setor de celulose e papel existe a norma *ABNT NBR NM ISO 186:2006 – Papel e cartão – Amostragem para determinar a qualidade média*¹, baseada na norma *ISO 186:2002 – Paper and Board – Sampling to determine average quality*², ambas ainda em vigor. A norma *ABNT NBR NM ISO 186* estabelece procedimento para amostragem em lote, definindo este como um conjunto de papel, cartão ou papelão, de um mesmo tipo, com características específicas, produzido sob condições presumidamente uniformes e disponíveis para amostragem ao mesmo tempo. Ela também indica os passos (Figura 2) para do lote se chegar ao corpo de prova, que é a fração ou frações do papel ou cartão sobre a qual será feita a medição.

Figura 2 – Do lote ao corpo de prova, segundo *ABNT NBR NM ISO 186:2006*



Há também normas não direcionadas ao setor celulósico papeleiro, mas que podem ser aplicadas. De caráter geral e abrangente se têm as normas: *ABNT NBR 5426:1977 Errata 1:1989 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos* (confirmada em 14/10/2016)³ e *ABNT NBR 5429:1985-Versão corrigida 1998 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis* (confirmada em 14/10/2016)⁴. Ambas estabelecem planos de amostragem e procedimentos, sendo uma para inspeção por atributos e a outra para inspeção por variáveis. Essas normas abrangem um largo espectro de aplicação, podendo ser utilizadas para inspeção desde produtos acabados e materiais em processamento até para operações. Outro exemplo de norma de caráter geral, mas de enfoque específico, que pode ser aplicada ao setor celulósico papeleiro é a *ABNT NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento*⁵.

Além das normas citadas há outras que podem ser empregadas no setor. A existência de normas ajuda a harmonizar linguagem e conceitos básicos, mas sua aplicação pode ser de certo modo limitada e não se aplicar a todos os casos ou àqueles onde a representatividade da amostra deve carregar um baixo erro. O resultado obtido numa amostra sempre terá um erro em relação ao que seria o resultado se todo o conjunto fosse analisado, sendo que quanto menor for esse erro maior será a representatividade da amostra.

Em um processo pouco automatizado a amostragem já é um desafio, que se torna ainda maior com a automação, ou seja, à medida que se caminha para a indústria 4.0, que remete a uma quantidade grande de dados gerados quase de forma instantânea. Neste caso, a verificação da representatividade de amostras requer modelos matemáticos e estatísticos mais complexos, embora os conceitos principais relacionados à amostragem para obtenção e análise de resultados ainda sejam os mesmos: conjunto a ser amostrado, amostra, variabilidade no conjunto, tendência central no conjunto e representatividade da amostra.

Nem sempre será possível efetuar a amostragem mais adequada ou representativa, quer por uma questão de custo ou de técnica. Entretanto, é importante ter ciência do que o procedimento aplicado oferece em termos de resultado.

Referências bibliográficas:

¹ Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1763>. Acesso em agosto/2021.

² Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=19342>. Acesso em agosto/2021.

³ Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=58161>. Acesso em agosto/2021.

⁴ Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=60795>. Acesso em agosto/2021.

⁵ Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=5410>. Acesso em agosto/2021.



O que é que mudou no Sistema Internacional de Unidades-SI?

Kazuto Kawakita

Setembro 2021

Ao longo da história o ser humano sempre sentiu a necessidade de medir. Realizamos medições com muita naturalidade em praticamente tudo que fazemos em nosso dia-a-dia. Porém, para efetuar medições é necessário estabelecer uma padronização, escolhendo unidades de medida adequadas para cada grandeza.

Antes da instituição do Sistema Métrico Decimal, as unidades de medida eram definidas de maneira arbitrária, variando de um país para outro, dificultando as transações comerciais e o intercâmbio científico entre eles¹. As unidades de medida de comprimento, por exemplo, eram quase sempre derivadas das partes do corpo do rei de cada país: a jarda, o pé, a polegada e outras.-

Foi na França do Século XVIII onde a ideia de um sistema de unidades de medida padronizado saiu do papel. O Governo Francês fez um pedido à Academia Francesa de Ciências para que criasse um sistema de medidas baseadas em referências não arbitrárias. Com essa missão, um grupo de cientistas franceses, composto de físicos, astrônomos e agrimensores, deu início a esta tarefa, definindo assim que a unidade de comprimento metro deveria corresponder a uma determinada fração da circunferência da Terra e correspondente também a um intervalo de graus do meridiano terrestre. Em 22 de junho de 1799 foi depositado nos Arquivos da República em Paris dois protótipos de liga de platina e irídio, com o propósito de representar os padrões de medida do metro e do quilograma, ainda hoje guardados no Escritório Internacional de Pesos e Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*-BIPM) na França.

Em 20 de maio de 1875 um tratado internacional conhecido como Convenção do Metro (*Convention du Mètre*), foi assinado por 17 países. Este tratado estabeleceu as seguintes organizações para conduzir as atividades internacionais em matéria de um sistema uniforme de medidas: a *Conférence Générale des Poids et Mesures* (CGPM), o *Comité International des Poids et Mesures* (CIPM) e o *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM).

Em 1889, a 1ª CGPM definiu os protótipos internacionais do metro e do quilograma e as próximas conferências definiram as demais unidades que hoje são as bases do Sistema Internacional de Unidades-SI. A partir da criação destas organizações, todo e qualquer assunto relacionado às medições são de sua responsabilidade. Mais tarde, a CGPM estabeleceu que o sistema métrico internacional seria designado Sistema Internacional de Unidades (do francês *Système international d'unités*), com abreviatura SI em todos os idiomas.

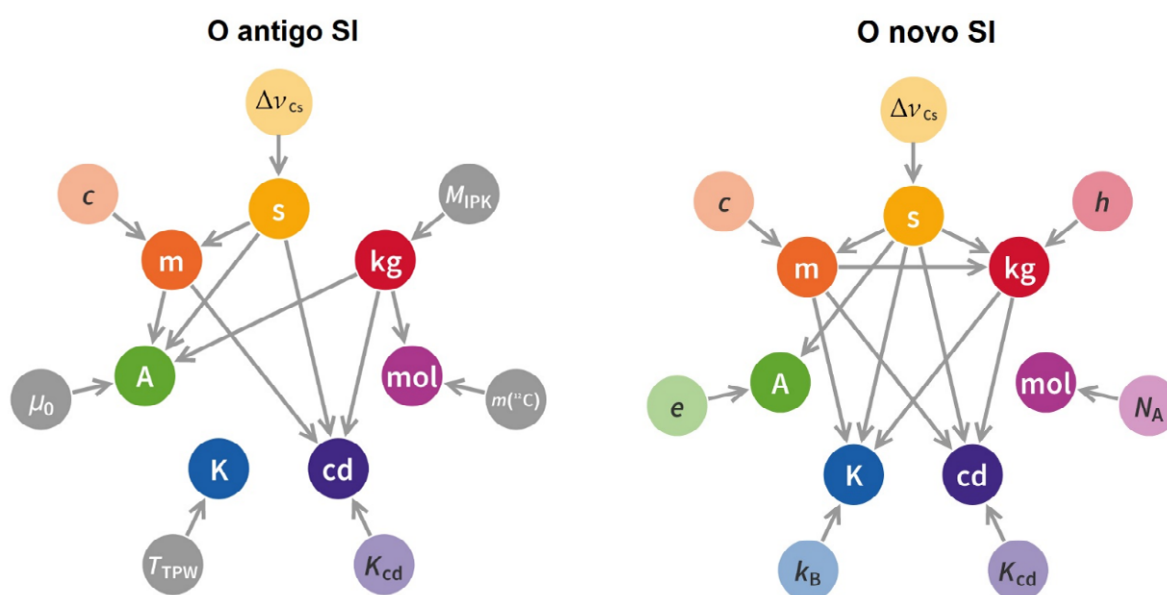
Com o passar do tempo outras unidades de medida foram adicionadas ao SI nas posteriores CGPMs: ampere (corrente elétrica) em 1946, kelvin (temperatura absoluta) e candela (intensidade luminosa) em 1954 e mol (quantidade de substância) em 1971.

O SI é a forma moderna do sistema métrico e é um sistema de unidades de medida concebido em torno de sete unidades de medida básicas. É um conjunto sistematizado e padronizado de definições para unidades de medida, utilizado em quase todo o mundo moderno, que visa a uniformizar e facilitar as medições e as relações internacionais daí decorrentes.

O SI não é estático, as unidades são criadas e as definições são modificadas por meio de acordos internacionais entre as muitas nações conforme as tecnologias de medição avançam e a exatidão das medidas aumenta.

Em novembro de 2018, durante a 26ª reunião da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), a Metrologia deu um passo histórico, pois o BIPM revisou as definições para o quilograma, ampere, kelvin e mol, quatro das sete unidades de medida em que se baseia o Sistema Internacional de Unidades-SI. Essa revisão se tornou efetiva a partir de 20 de maio de 2019.

Figura 1 – As relações entre as unidades de medida do antigo e do novo SI



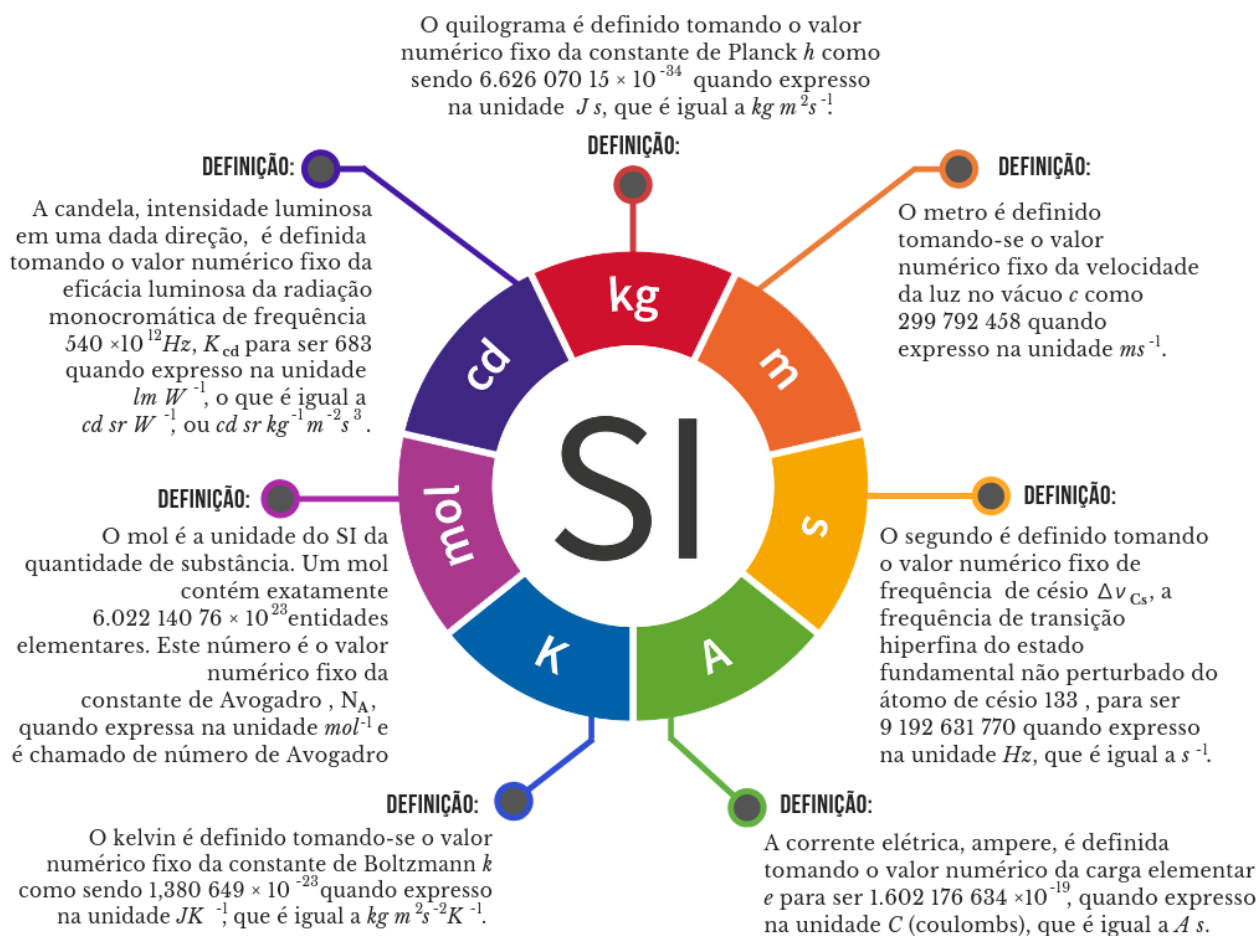
Fonte: adaptado de Revising the Metric System. <https://scientificgems.wordpress.com/2019/04/06/revising-the-metric-system/>

Redefinição do SI

No sistema em vigor até 19 maio de 2019, os valores das constantes fundamentais eram determinados a partir de experimentos. O quilograma era definido a partir do Protótipo Internacional (IPK-*International Prototype of Kilogram*), um cilindro de uma liga de platina e irídio e essa era a unidade utilizada para determinar a massa de um próton, de um elétron ou de outras partículas elementares. Isso levava à situação notável de que os valores das constantes fundamentais estavam em um estado permanente de mudança, já que nossas capacidades de medição eram refletidas nesses valores. Para citar um exemplo, a cada quatro anos um novo valor numérico era atribuído à carga de um elétron. Na realidade, a carga em si não se altera de maneira alguma. O que mudava era meramente nossa capacidade na arte de medir e, portanto, nossa compreensão do mundo.

Em nosso mundo moderno de alta tecnologia, no qual o nanometro há muito tempo se tornou comum, qualquer mudança de tamanho em um protótipo têm um impacto significativo na definição de uma unidade de medida e, portanto, deve ser evitada. A menor variação na temperatura leva a uma mudança no comprimento do protótipo e os resultados ficariam ainda piores caso o protótipo fosse danificado. A solução para esse problema é evitar o uso de medidas materiais, como os protótipos, para definir os padrões de medida e buscar a utilização de constantes fundamentais. As constantes fundamentais são propriedades físicas invariantes, como a velocidade da luz no vácuo ou a carga de um elétron. Com base nesse conceito é que foi publicada em 2019 a 9ª edição do SI que traz as novas definições para as unidades de base das 7 grandezas fundamentais.

Figura 2 – As novas definições do SI



Fonte: <https://accmetrologia.com.br/wp-content/uploads/2019/05/OLA.png>

Referência bibliográfica

¹ O novo Sistema Internacional de Unidades (SI). Disponível em: https://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2019/07/Cartilha_O_novo_SI_29.06.2029.pdf. Acesso em setembro/2021



Como funciona um túnel de vento para ensaios aerodinâmicos?

Gilder Nader

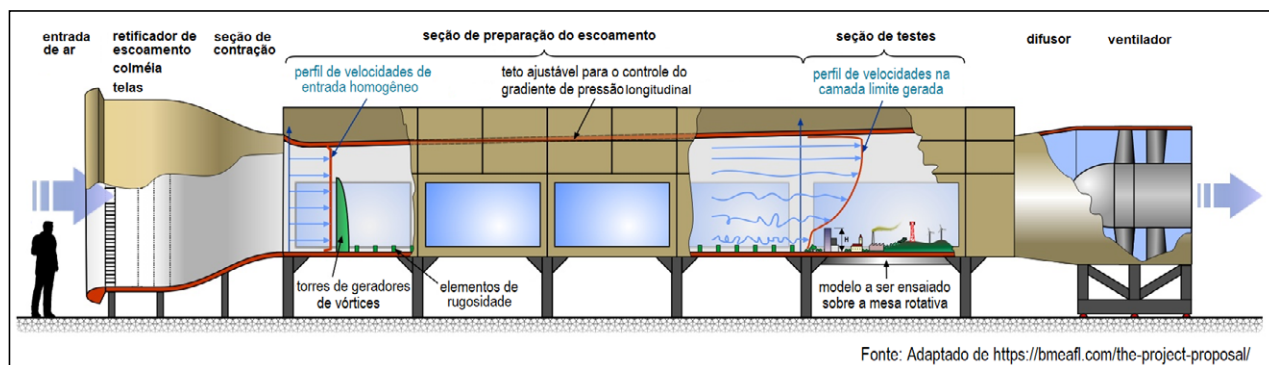
Outubro 2021

O túnel de vento é um equipamento laboratorial que permite modelar o vento natural com relativa exatidão por meio da simulação em escala reduzida de perfis de velocidades e níveis de turbulência que reproduzem características do vento local e, assim, possibilitam estudos diversos sobre a aerodinâmica de corpos, a interação do vento sobre estruturas ou a dispersão de poluentes na atmosfera.

Dentre os diversos tipos existentes, o túnel de vento de camada limite atmosférica é utilizado para gerar perfis de velocidades e níveis de turbulência equivalentes a uma região específica de estudo próxima ao solo. Nesse tipo de túnel de vento, o escoamento de ar, gerado por um ventilador operando na sucção, é previamente condicionado antes de chegar na seção de testes, normalmente por meio do uso de filtros, telas, seção de contração, barreiras casteladas, geradores de vórtices e rugosidades de solo. O modelo em escala reduzida da estrutura que se deseja ensaiar é instalado em uma mesa rotativa de ensaio que permite posicioná-lo na direção correta do vento incidente. Sensores de força e de pressão são instalados no modelo para medir os esforços provocados pelo vento visando correlacioná-los com os efeitos que ocorrem nas estruturas reais.

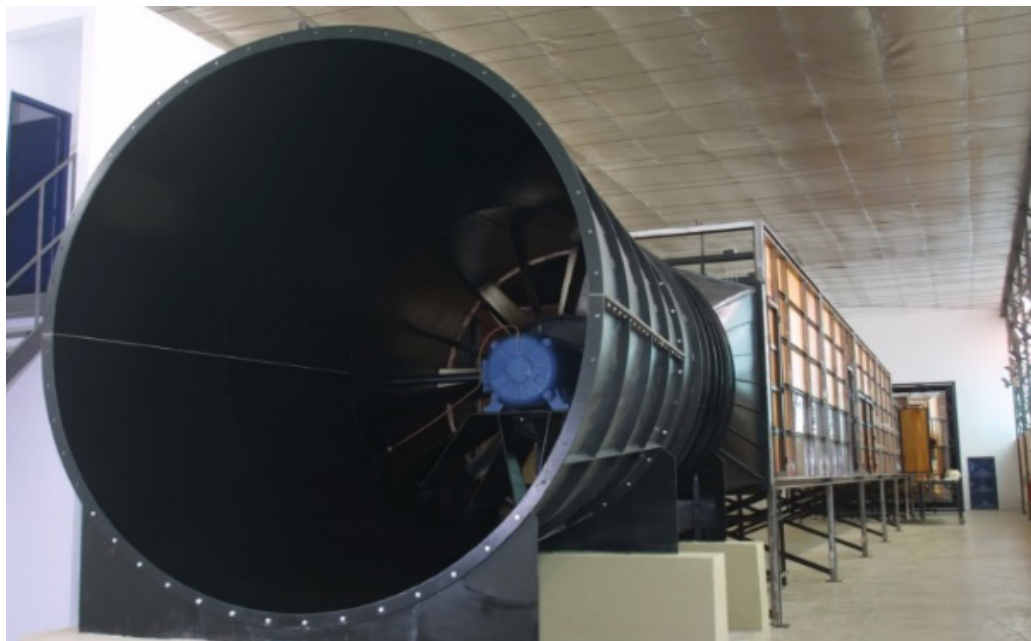
A Figura 1 ilustra um esquema com os principais componentes desse equipamento, e a Figura 2 apresenta imagens do túnel de vento do IPT, do tipo circuito aberto.

Figura 1 – Esquema básico de um túnel de vento com os principais



O túnel de vento é uma ferramenta para múltiplas aplicações e que atende a várias áreas. Nele é possível desenvolver diferentes investigações que vão desde os tradicionais ensaios aerodinâmicos de modelos de aviões e automóveis, passando por pesquisas na área dos esportes, como a análise do comportamento de bolas, veleiros e ciclistas, pela avaliação das cargas de ventos sobre edificações como prédios, pontes e torres, por estudos sobre a dispersão de contaminantes emitidos por chaminés de fábricas e, inclusive, pela investigação sobre a ação do vento em plantações. Por exemplo, em recente estudo realizado pelo IPT foi evidenciado, por meio de ensaios no túnel de vento, que durante uma ventania os galhos de árvores tendem a se entrelaçar e, em determinados momentos, se soltam um do outro. Nesses instantes, ocorrem picos de esforços nos galhos, elevando a força entre 2 a 4 vezes, podendo inclusive provocar a sua ruptura.

Figura 2 – (a) Túnel de vento do IPT com 40 m de comprimento, (b) seção de testes de 2 m de altura por 3 m de largura e ventilador axial que permite a geração de ventos de até 90 km/h (25 m/s).



(A) Vista externa do túnel de vento



(B)

Modelo na seção de testes com visualização de fumaça

Na Figura 3 é mostrado um galho de eucalipto ensaiado no túnel de vento do IPT. Pode-se notar que a área exposta ao vento, chamada área vélica, muda significativamente entre a situação sem vento e com um vento de 47 km/h (13 m/s), condição na qual o galho inclina-se para trás. Na medida em que a velocidade do vento aumenta, o formato do galho é gradualmente alterado e, com isso, há mudanças em sua aerodinâmica em função da força exercida pelo vento sobre a estrutura.

Figura 3 – Comparação das áreas vélicas de galho de eucalipto em situações (A) sem vento e (B) com vento de 13 m/s.



A. Sem vento

B. Com vento

Árvores de diferentes espécies possuem distintas dimensões, formatos de copa, rugosidades dos troncos e rigidez. De fato, as características físicas e geométricas das espécies de árvores conferem a elas diferentes comportamentos aerodinâmicos que, por sua vez, estarão relacionados com os esforços que o vento exercerá sobre cada planta.

Assim, os estudos aerodinâmicos realizados em túnel de vento podem ser muito úteis para fazendas de eucaliptos ou de *pinus*, seja no planejamento de barreiras de proteção para outras culturas ou para uma melhor orientação e distribuição da plantação, pois não é raro ocorrer eventos em que uma ventania cause um grande dano a esses cultivos, derrubando árvores em efeito dominó.

Da mesma forma, por meio de ensaios em túnel de vento podem ser realizados estudos sobre os mecanismos de dispersão de poluentes atmosféricos gerados por indústrias localizadas próximas a zonas urbanas.

Referência bibliográfica

¹ Gilder Nader, Gabriel Borelli Martins, Paulo José Saiz Jabardo, Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral, Suelem Maurício Fontes Macena, Takashi Yojo, **Determinação experimental da variação dos coeficientes de arrasto em galhos de eucalipto (*Eucalyptus* sp)**, Revista do IPT, V.3, N° 10, 2019.

² Gabriel Borelli Martins, André Barsaglini da Costa, Paulo José Saiz Jabardo, Gilder Nader, **Medição em túneis de vento da velocidade do ar próxima à parede para estudos de conforto de pedestres**, Revista do IPT, V.2, N° 7, 2018.

³ Paula Bregiatto de Oliveira, Roberta Astigarraga, Flavio Sérgio Jorge de Freitas, Gabriel Borelli Martins, Paulo José Saiz Jabardo, Gilder Nader, **IPT estuda impactos da verticalização**, Revista Finestra, N° 96, 2016.

⁴ Gilder Nader, Paulo José Saiz Jabardo, Gabriel Borelli Martins, **Domando o vento**, Notícias da Construção, Sinduscon SP, N° 142, Ano 12, Março de 2015.



O que é um laboratório ou organismo acreditado?

Luciana Casciny Pacifico

Novembro 2021

Um laboratório ou Organismo de Avaliação da Conformidade (OAC) é um ambiente gerador de dados e resultados obtidos por meio de ensaios e calibrações, que devem ser confiáveis sob o ponto de vista normativo e técnico segundo critérios estabelecidos por normas técnicas nacionais ou internacionais, uma vez que, com base neles, são tomadas decisões, avaliadas as conformidades de produtos e sistemas e são realizadas transações comerciais.

A acreditação de um laboratório de ensaio ou calibração é o reconhecimento formal da sua competência para atender requisitos previamente definidos e realizar suas atividades com confiança. É uma ferramenta estabelecida em escala internacional para gerar confiança na atuação das organizações. No Brasil, o organismo de acreditação oficial, reconhecido pelo Governo Brasileiro, que atua no processo de acreditação de organismos de avaliação da conformidade é a Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre). A Cgcre é signatária de acordos internacionais de reconhecimento mútuo como do IAF- International Accreditation Forum, do ILAC- International Laboratory Accreditation Cooperation e do BIPM -Bureau International de Poids et Measures.

Um aspecto importante da acreditação é que ela é concedida para um determinado escopo de atividades definido pelo laboratório e confirmado por deliberação da Comissão de Acreditação da Cgcre depois de concluídas uma série de etapas do processo de avaliação do laboratório postulante. Assim, pode-se dizer que nem sempre um laboratório é acreditado para todas as suas atividades e sim para um escopo específico, conforme publicado na página do Inmetro na Internet¹.

É necessário ressaltar que a Cgcre atua em várias modalidades de acreditação, além da relacionada a laboratórios de ensaios e calibrações. Também, é importante saber que, para cada modalidade de acreditação há uma norma técnica principal de referência e um conjunto de documentos normativos, orientativos e formulários publicados pela Cgcre, que compõem os requisitos a serem cumpridos pelo laboratório postulante à acreditação.

O Quadro 1, apresenta as diferentes modalidades de acreditação, as principais normas de referência e a divisão da Cgcre responsável pela coordenação, gerenciamento e execução das respectivas modalidades de acreditação.

Quadro 1 – Modalidades de acreditação da Cgcre

MODALIDADE	NORMA PRINCIPAL DE REFERÊNCIA	DIVISÃO DA CGCRE RESPONSÁVEL
Laboratório de calibração e ensaios	ABNT NBR ISO/IEC 17025	Dicla
Laboratório de análises clínicas	ABNT NBR ISO/IEC 15189	Dicla
Provedor de ensaios de proficiência	ABNT NBR ISO/IEC 17043	Dicla
Provedor de materiais de referência	ABNT NBR ISO/IEC 17034	Dicla
Certificação de sistemas de gestão	ABNT NBR ISO/IEC 17021-1	Dicor
Certificação de produtos, processos e serviços	ABNT NBR ISO/IEC 17065	Dicor
Certificação de pessoas	ABNT NBR ISO/IEC 17024	Dicor
Organismos de Inspeção	ABNT NBR ISO/IEC 17020	Diois
Verificação de inventário de gases de efeito estufa	ABNT NBR ISO 14064	Dicor

Dicla - Divisão de Acreditação de Laboratórios

Dicor - Divisão de Acreditação de Organismos de Certificação

Diois - Divisão de Acreditação de Organismos de Inspeção

O organismo que recebe acreditação para certificação de produtos é denominado de OCP (Organismo Certificador de Produtos), sendo do mesmo modo denominado como OCS o organismo certificador de sistemas e OPC o organismo certificador de pessoas. Aqui, como no caso dos laboratórios, a acreditação também é concedida em relação a um escopo definido. Seguem a mesma linha os Organismos de Inspeção Acreditados (OIAs), que recebem da Cgcre uma acreditação sobre um escopo definido para realizar inspeções. Há, ainda, os Organismos Acreditados para Verificação de Inventário de Gases de Efeito Estufa (OVV) que avaliam, de modo independente e documentado, a declaração de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) feita por uma empresa ou organização.

Para saber quais laboratórios e organismos são acreditados pela Cgcre, basta pesquisar no site do Inmetro². Por exemplo, ao navegar pelo site encontramos a tela apresentada na Figura 1 para *Ensaio Mecânicos, Celulose, Papel e Produtos de Papel*.

Figura 1 – Tela do site do Inmetro para laboratórios acreditados para *Ensaio Mecânicos, Celulose, Papel e Produtos de Papel*

The image shows a screenshot of the Inmetro website. The top navigation bar includes 'Laboratórios'. The main content area displays a list of laboratories under the heading 'Listagem de Laboratórios'. A red circle highlights a specific laboratory entry: 'CRL 0357 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT - Laboratório de Bioenergia e Eficiência Energética'. Below this, a detailed accreditation scope is shown for 'ABNT NBR ISO/IEC 17025 - ENSAIO'. This scope includes the laboratory's name, address, and a table of accredited tests.

ACREDITAÇÃO Nº	TIPO DE INSTALAÇÃO	
CRL 0357	INSTALAÇÃO PERMANENTE	
ÁREA DE ATIVIDADE / PRODUTO	CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E/OU PROCEDIMENTO
CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS DE PAPEL	ENSAIOS MECÂNICOS	
PAPEL, CARTÃO, PAPELÃO ONDULADO E PASTA GELULOSA	Determinação da resistência ao arrebentamento.	ABNT NBR NM ISO 2758:2007 ABNT NBR NM ISO 2759:2007
PAPEL	Determinação da resistência ao rasgo – Método Elmerduf.	ABNT NBR NM ISO 1974:2001
PAPEL, CARTÃO	Determinação da espessura, densidade e volume específico.	ABNT NBR NM ISO 534:2006
	Determinação da permeabilidade ao ar (faixa média) – Método Gurley.	ABNT NBR NM ISO 5636-5:2006
	Determinação da resistência à tração após a imersão em água.	ABNT NBR NM ISO 3781:2001

A estruturação de um modelo de acreditação de organismos de avaliação da conformidade faz parte de um sistema mais abrangente que evidencia a importância da metrologia como área estratégica para o desenvolvimento econômico e social do País, compondo a infraestrutura básica de apoio à competitividade do parque industrial nacional, à preservação da saúde, da segurança, do meio ambiente, à proteção do consumidor e confiabilidade nas transações comerciais.

Referências bibliográficas:

¹ Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br>. Acesso em novembro/2021.

² Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/lista_laboratorios.asp?sigLab=CR-L&codLab=&tituloLab=&uf=sp&pais=BRASIL&classe_ensaio=001&area_atividade=14&descr_escopo=&Submit2=Buscar. Acesso em novembro/2021.



Como um laboratório de ensaio requer acreditação de um escopo por ele definido

Luciana Casciny Pacifico

Dezembro 2021

No artigo do mês de novembro de 2021, foi visto que Acreditação é um processo voluntário de reconhecimento formal, concedido por um organismo de acreditação.

A Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre) é o único organismo reconhecido pelo Governo Brasileiro para acreditar Organismos de Avaliação da Conformidade para um dado conjunto de atividades e, também, para acreditar Laboratórios de Ensaio em escopos definidos por esses laboratórios¹.

Para o caso específico de laboratórios de ensaios, antes de solicitar à Cgcre a acreditação do escopo definido, eles devem implementar e operar um sistema de gestão da qualidade, conforme a norma técnica de referência utilizada pela Cgcre para esse tipo de acreditação, nesse caso a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025² (Figura 1), demonstrando a sua competência e a confiabilidade dos resultados que fornece para esse conjunto de atividades. Essa norma especifica os requisitos gerais para a competência, imparcialidade e operação consistente de laboratórios e é composta de oito itens conforme ilustrado na Figura 1.

No processo de avaliação dos laboratórios de ensaio que visam acreditação, além do atendimento do sistema de gestão desses laboratórios aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, a Cgcre estabelece, por meio da norma de acreditação NIT-Dicla-026³, que os postulantes devem evidenciar a participação satisfatória em Programas de Ensaio de Proficiência (PEP). Essa participação deve estar relacionada a cada parte significativa do conjunto de serviços a ser acreditados. Vale ressaltar que a norma NIT-Dicla-26 e, em particular, essa exigência tem como objetivo reforçar e assegurar o atendimento pelos laboratórios à cláusula 7.7 da ABNT NBR ISO/IEC 17025 que trata da garantia da validade dos resultados.

De acordo com a norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 17043⁴, um ensaio de proficiência é a avaliação do desempenho do participante contra critérios preestabelecidos por meio de comparações interlaboratoriais. Uma comparação Interlaboratorial é a organização, realização e avaliação de medições ou ensaios nos mesmos ou em itens similares por dois ou mais laboratórios, de acordo com as condições predeterminadas.

Normalmente a realização de um Programa de Ensaio de Proficiência requer um ente independente, denominado provedor, que tem a função específica de planejar, organizar e coordenar Programas de Ensaios de Proficiência.

Figura 1 – Imagem da folha de rosto da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e sumário dos requisitos gerais solicitados



ABNT NBR ISO/IEC 17025 Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração

- 1 Escopo**
- 2 Referências normativas**
- 3 Termos e definições**

- 4 Requisitos gerais**
 - 4.1 Imparcialidade
 - 4.2 Confidencialidade

- 5 Requisitos de estrutura**

- 6 Requisitos de recursos**
 - 6.1 Generalidades
 - 6.2 Pessoal
 - 6.3 Instalações e condições ambientais
 - 6.4 Equipamentos
 - 6.5 Rastreabilidade metrológica
 - 6.6 Produtos e serviços providos externamente

- 7 Requisitos de processo**
 - 7.1 Análise crítica de pedidos, propostas e contratos
 - 7.2 Seleção, verificação e validação de métodos
 - 7.2.1 Seleção e verificação de métodos
 - 7.2.2 Validação de métodos
 - 7.3 Amostragem

- 7 Requisitos de processo (cont.)**
 - 7.4 Manuseio de itens de ensaio ou calibração
 - 7.5 Registros técnicos
 - 7.6 Avaliação da incerteza de medição
 - 7.7 Garantia da validade dos resultados
 - 7.8 Relato de resultados
 - 7.9 Reclamações
 - 7.10 Trabalho não conforme
 - 7.11 Controle de dados e gestão da informação

- 8 Requisitos do sistema de gestão**
 - 8.1 Opções
 - 8.1.1 Generalidades
 - 8.1.2 Opção A
 - 8.1.3 Opção B
 - 8.2 Documentação do sistema de gestão (Opção A)
 - 8.3 Controle de documentos do sistema de gestão (Opção A)
 - 8.4 Controle de registros (Opção A)
 - 8.5 Ações para abordar riscos e oportunidades (Opção A)
 - 8.6 Melhoria (Opção A)
 - 8.7 Ações corretivas (Opção A)
 - 8.8 Auditorias internas (Opção A)
 - 8.9 Análises críticas pela gerência (Opção A)

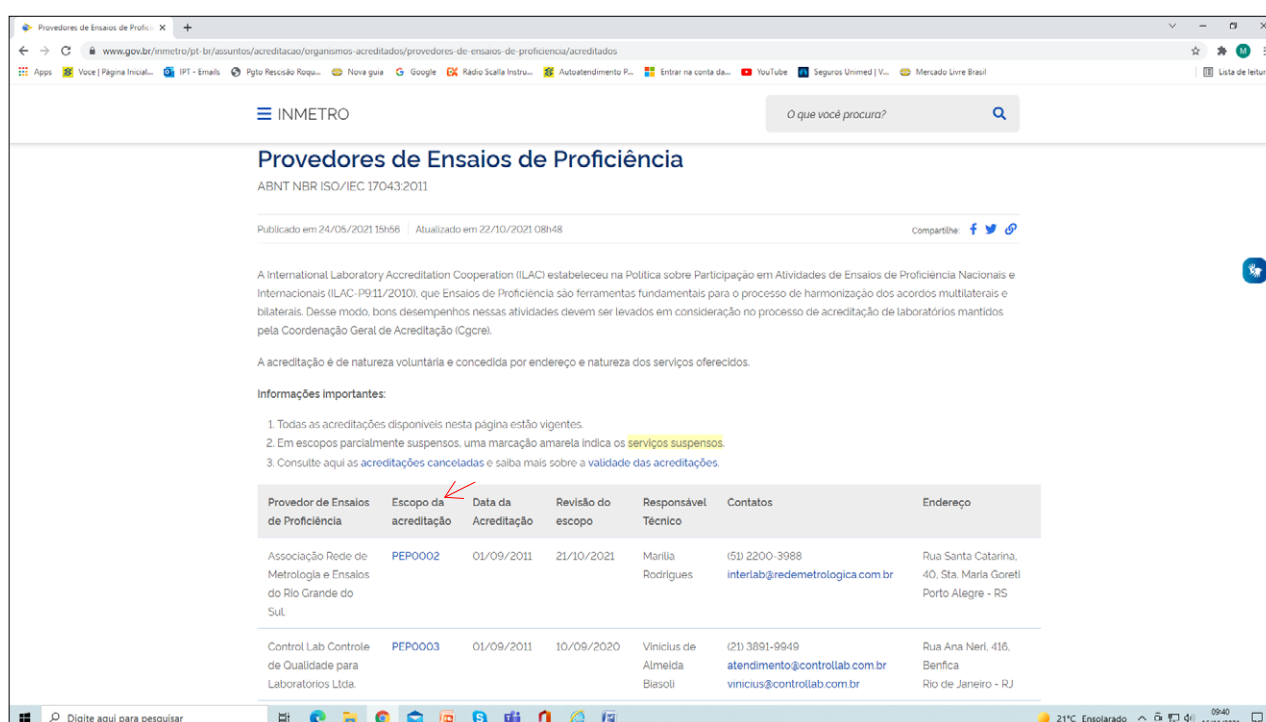
Fonte: Montagem elaborada pelo IPT

Como encontrar provedores de Programas de Ensaios de Proficiência?

Os provedores de ensaios de proficiência também são classificados como organismos de avaliação da conformidade e podem ou não ser acreditados. No Brasil, a acreditação de provedores de ensaio de proficiência também é oferecida pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre).

No site do Inmetro é possível consultar a relação dos provedores de ensaios de proficiência acreditados. A Figura 2 apresenta a tela do site do Inmetro relacionada aos provedores de ensaio de proficiência acreditados. Clicando no campo “Escopo de Acreditação” têm-se os ensaios de proficiência oferecidos pelo provedor acreditado.

Figura 2 – Imagem da tela do site do Inmetro referente a provedores de ensaio de proficiência⁵



Provedor de Ensaios de Proficiência	Escopo da acreditação	Data da Acreditação	Revisão do escopo	Responsável Técnico	Contatos	Endereço
Associação Rede de Metrologia e Ensaios do Rio Grande do Sul	PEP0002	01/09/2011	21/10/2021	Marília Rodrigues	(51) 2200-3988 interlab@redemetrologica.com.br	Rua Santa Catarina, 40, Sta. Maria Goreti Porto Alegre - RS
Control Lab Controle de Qualidade para Laboratórios Ltda	PEP0003	01/09/2011	10/09/2020	Vinicius de Almeida Biasoli	(21) 3891-9949 atendimento@controlab.com.br vinicius@controlab.com.br	Rua Ana Neri, 416, Benfica Rio de Janeiro - RJ

Atividades de ensaio de proficiência organizadas por provedores não acreditados também são aceitas para fins de comprovação da participação em Programas de Ensaio de Proficiência, conforme hierarquia estabelecida pela Cgcre na NIT-DI-CLA-026. Uma das alternativas são os programas disponibilizados na base do banco de dados de provedores da *European Proficiency Testing Information System* - EPTIS, entidade não comercial que congrega organizações parceiras, entre elas as da Europa e Américas, e que possui coordenadores regionais, sendo no Brasil o Inmetro. A base do EPTIS disponibiliza tanto provedores acreditados como não acreditados e não faz distinção entre eles. A Figura 3 apresenta a página do EPTIS referente a provedores de ensaio de proficiência.

Figura 3 – Imagem da tela do site do EPTIS referente a provedores de ensaio de proficiência tendo *Pulp and Paper* como *Product Group*⁶

ID	COUNTRY	PT PROVIDER	PT SCHEME	LAST CHANGED
366187	Brazil	QUALABOR	Migration of Heavy Metals in Toys, Party Supplies and School Supplies (Migração de Metais Pesados em Brinquedos, Artigos para Festas e Artigos Escolares)	2021-09-13
197868	Brazil	QUALABOR	Insulation Resistance (Resistência de Isolamento)	2021-09-13
291518	Brazil	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT	PT Scheme for Corrugated Board (Programa Interlaboratorial para Ensaios em Chapas de Papelão Ondulado)	2017-06-09
291550	Brazil	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT	PT Scheme for Paper (Programa Interlaboratorial para Ensaios em Papel)	2017-06-09

Um laboratório de ensaio que deseja ter certo escopo de atividades acreditado precisa adequar seus processos aos requisitos da norma de referência e das normas de acreditação da CGCRE, portanto, há a necessidade de planejar, implantar e operar suas atividades conforme tais requisitos. Todo esse processo, no final, trará grandes benefícios para o laboratório e para o sistema de infraestrutura metrológica do país.

Referências bibliográficas

¹ Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/acreditacao/cgcre/acreditacao>. Acesso em dezembro/2021.

² ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

³ NIT-Dicla-26 Requisitos para a Participação de Laboratórios em Atividades de Ensaio de Proficiência.

⁴ ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011 – Versão corrigida 2017 – Avaliação da conformidade – Requisitos gerais para ensaios de proficiência

⁵ Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/acreditacao/organismos-acreditados/provedores-de-ensaios-de-proficiencia/acreditados>. Acesso em dezembro/2021.

⁶ Base de dados EPTIS de provedores de ensaio de proficiência. Disponível em: <https://www.eptis.bam.de/eptis/WebSearch/main>. Acesso em dezembro/2021.

**ANO
2022**



Qual é a diferença entre massa e peso?

Manuel Antônio Pires Castanho
Kazuto Kawakita

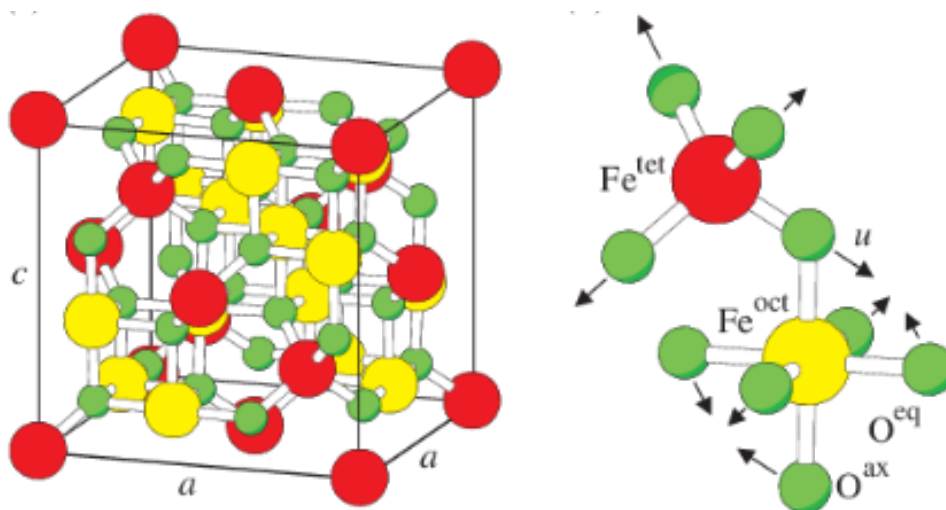
Janeiro 2022

Os termos massa e peso são utilizados cotidianamente, seja nas atividades técnicas ou comerciais, porém, muitas vezes, de maneira equivocada. Com frequência, o termo peso é empregado como sinônimo de massa, o que não é correto pois representam coisas diferentes. Um exemplo desse tipo de confusão refere-se à informação “peso líquido” declarada nas etiquetas de diversos produtos comerciais e que tem como objetivo indicar que a embalagem em questão contém uma quantidade específica de um determinado produto, excluindo-se quaisquer materiais, substâncias ou itens não considerados como parte da mercadoria, inclusive o próprio invólucro. Nesse contexto, o termo “massa líquida” seria tecnicamente o mais apropriado, conforme explicado a seguir.

Massa

A massa de um objeto é a quantidade de matéria que ele contém, e está diretamente relacionada com os tipos e os números de átomos nele presentes. Apenas como exemplo, a Figura 1 ilustra a representação simplificada da composição atômica de um objeto de magnetita com seus tipos de átomos componentes.

Figura 1 – Representação simplificada da composição atômica de um objeto de magnetita.



Fonte: Martin Friák, The Czech Academy of Sciences

O conceito é simples e permite-nos entender que o valor da massa de um objeto não se altera com a mudança de sua posição, movimento ou de sua forma, a menos que partículas sejam a ele adicionadas ou removidas. Sua massa será a mesma, não importa onde se esteja no Universo.

Fisicamente, a massa de um objeto é uma grandeza escalar que representa a medida da sua propriedade inercial, ou seja uma medida da sua tendência de resistir à mudança de seu estado de estática ou de movimento, conhecido como inércia e de-

finida pela 1ª Lei de Newton. Abandonado por conta própria, um objeto permanecerá parado ou continuará se movendo em linha reta, a exemplo de um disco em uma mesa de *air hockey*. A menos que alguma força como o atrito ou o impacto contra uma parede atue no disco, ele se manterá na mesma trajetória para sempre. Portanto, massa representa uma medida de quanta força será necessária para mudar essa situação. Como exemplo ilustrativo, sabemos intuitivamente que é muito mais fácil colocar em movimento ou parar um balão de gás do que um navio cargueiro, ou seja, a força necessária para empurrar um balão de gás é infinitamente menor do que a necessária para mover um navio, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Massa de um balão de gás



Fonte: <https://www.mundo25.com>

Figura 3 – Massa de um navio cargueiro



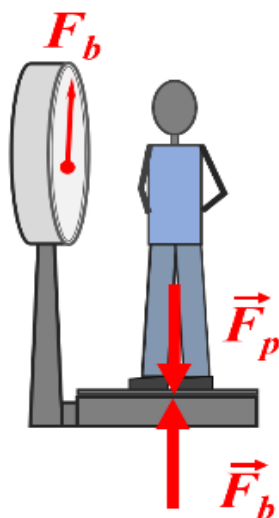
Fonte: <https://www.marinetraffic.com/>

Como normalmente não conseguimos determinar e contar com facilidade e exatidão os tipos de átomos que compõem um objeto, a medição da sua massa é feita indiretamente por meio da quantificação de outro parâmetro, na maioria das vezes a força peso associada a ele.

Peso

De acordo com o SI¹, a palavra peso denota uma grandeza vetorial de mesma natureza que uma força. O valor do peso de um corpo é o resultado do produto da sua massa pela aceleração devido à gravidade local, ou seja, é a medida da quantidade de força com a qual ele é atraído pela ação da gravidade terrestre e é equivalente à força necessária para sustentá-lo, sendo esta força exercida pela balança equivalente ao valor medido, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – A força peso equivale à força de sustentação



Fonte: IPT

A fórmula básica para o cálculo do peso de um objeto é a apresentada nos livros de Física como:

$$F_p = m \cdot g$$

onde F_p é a força peso, em Newtons; m é a massa do objeto, em kilogramas e g é a aceleração da gravidade local, em metros por segundo ao quadrado.

Para a determinação prática do peso de um objeto são utilizadas balanças, equipamentos bastante comuns hoje em dia e que, na maioria dos modelos, utilizam como princípio de funcionamento a medição da força gravitacional exercida sobre sensores de força como células de carga, molas, braços mecânicos entre outros.

Efeito do empuxo na pesagem

A determinação do peso de um objeto não é tão simples assim uma vez que a fórmula apresentada anteriormente não leva em consideração o empuxo do meio em que se encontra o objeto sob medição. De fato, de acordo com o princípio de Arquimedes, um objeto imerso em um meio fluido é sujeito ao empuxo (E), uma força de sentido contrário à força peso e que é determinada pelo produto do volume (V_f) do fluido deslocado pela massa específica (ρ_f) do fluido no qual está imerso e pela aceleração da gravidade (g) local. Ou seja:

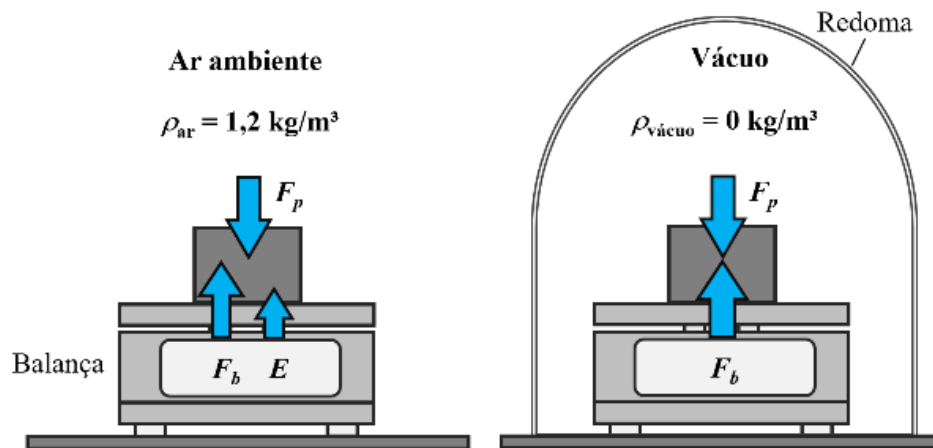
$$E = V_f \cdot \rho_f \cdot g$$

Nessa fórmula, E é expresso em N, V_f em m^3 , ρ_f em k/m^3 e g em m/s^2 .

A título de ilustração, na Figura 5, vemos dois objetos idênticos colocados sobre os pratos de duas balanças. A balança da esquerda está operando em um ambiente com ar atmosférico. Já, a balança da direita está operando no vácuo.

O objeto à esquerda está sujeito à força peso devido à gravidade (F_p), à força de reação da balança (F_b) e à força de empuxo (E). O objeto sob vácuo está sujeito apenas à força peso devido à gravidade (F_p) e à força de reação da balança (F_b) uma vez que não há fluido a ser deslocado e, assim, não há necessidade de corrigi-lo quanto à força devido ao empuxo do ar. Dessa forma, a balança da esquerda indicará uma força de reação (F_b) menor do que a da direita, e esse é o valor medido pela balança.

Figura 5 – Pesagem no ar e no vácuo



Fonte: IPT

Mas, qual a ordem de grandeza do efeito de empuxo do ar na pesagem de um objeto? Vamos admitir que uma pessoa de massa igual a 70 kg possua um volume de 0,07 m³. Então, a força de reação da balança é:

$$F_b + E = F_p \Rightarrow F_b = F_p - E = m \cdot g - V_f \cdot \rho_f \cdot g$$

$$F_b = 70 \cdot 9,8 - 0,07 \cdot 1,2 \cdot 9,8 = 686 - 0,82 = 685,18 \text{ N}$$

Ou seja, o efeito do empuxo do ar atmosférico na pesagem é da ordem de 0,1 % da força medida, insignificante na maioria dos casos, porém importante nas medições onde a exatidão das medidas é necessária.

Com base no exposto, é possível observar que, diferentemente da massa, o peso de um objeto não é uma constante e depende de fatores como a sua massa, a aceleração da gravidade local, o seu volume e a massa específica do fluido no qual está imerso.

Referência bibliográfica

¹ Sistema Internacional de Unidades (SI) - Tradução autorizada pelo BIPM da 9ª edição de 2019 da sua publicação bilíngue Le Système international d'unités, Brasília, DF: Inmetro, 2021.



O que são balanças gravitacionais e inerciais?

Kazuto Kawakita
Manuel Antônio Pires Castanho

Fevereiro 2022

Na última edição da Revista O Papel respondemos na COLUNA PERGUNTE AO ZÉ PACEL à pergunta *Qual é a diferença entre massa e peso?* Explicamos claramente o significado dos termos massa e peso, o que cada um deles representa fisicamente e porque muitas vezes são utilizados de forma equivocada seja nas atividades técnicas ou comerciais. Hoje, vamos continuar no tema respondendo à pergunta acima.

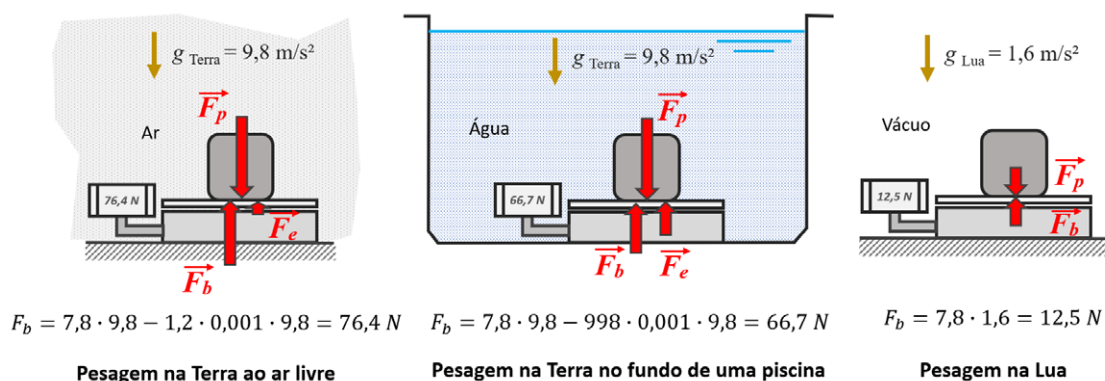
Como explicado, o valor da massa de um objeto é uma constante que representa a somatória das massas de todos os átomos contidos no mesmo, mas a sua contagem é na prática impossível de ser realizada na grande maioria das vezes. Esse fato faz com que a determinação da massa de um corpo seja feita por meio da medição de um outro parâmetro sendo, no caso mais comum, a força peso que age sobre esse corpo. Porém, diferentemente da massa, o peso de um objeto não é uma constante e depende de fatores como a sua massa, a aceleração da gravidade local, o seu volume e a massa específica do fluido no qual está imerso.

Efeitos da aceleração gravitacional e do empuxo na pesagem de um objeto

Sabemos que o valor da aceleração da gravidade na superfície da Lua é da ordem de $1,6 \text{ m/s}^2$, seis vezes menor do que o da Terra onde vale cerca de $9,8 \text{ m/s}^2$. Portanto, por exemplo, uma barra de aço de massa igual a $7,8 \text{ kg}$ e volume de 1 litro ($0,001 \text{ m}^3$) pode apresentar diferentes valores de peso, se a pesagem for realizada aqui na Terra ao ar livre, no fundo de uma piscina onde o efeito do empuxo é maior ou na superfície da Lua, considerando-se, para simplificar, que a Lua seja cercada por vácuo. A Figura 1 ilustra as três situações.

A suscetibilidade das balanças a esses fatores faz com que, para a obtenção de medidas de peso exatas, a maioria das balanças seja calibrada em seu local de uso específico. Por exemplo, uma balança calibrada em São Paulo e utilizada em Santos pode apresentar diferenças de peso da ordem de $0,2 \%$ para mais na pesagem de uma pesoa comum.

Figura 1 – Pesagem de um objeto ao ar livre na Terra, no fundo de uma piscina e na Lua



Fonte: Acervo IPT

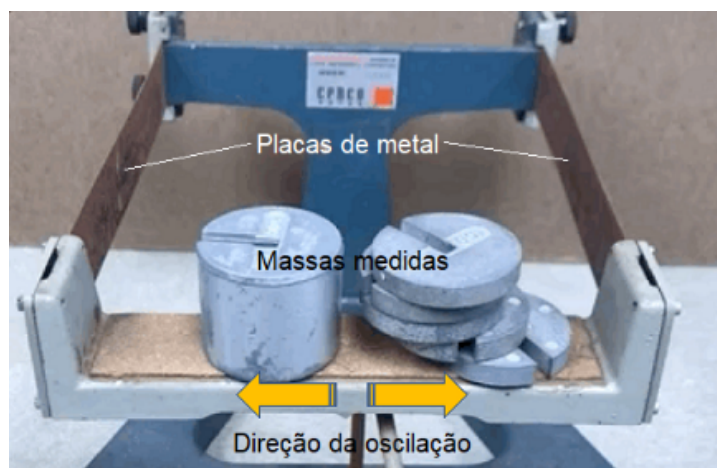
Balanças gravitacionais

A grande maioria das balanças utilizadas atualmente são balanças eletrônicas digitais gravitacionais. Esse tipo de balança depende da aceleração da gravidade local para exercer uma força sobre o prato da balança que, por sua vez, pressiona uma célula de carga a qual gera um sinal elétrico proporcional à força de resistência da balança que é igual à força peso. Assim, essa balança efetivamente mede a força peso e, em seguida, realiza um cálculo interno para apresentar o valor da massa medida no *display*.

Balança inercial

Um método alternativo para a medição da massa de um corpo que não depende do campo gravitacional do planeta é por meio do uso de balanças inerciais. A balança inercial permite a medição da massa do corpo na Terra, na Lua ou mesmo no espaço profundo onde não há gravidade. Esse tipo de balança apresenta a aparência mostrada na Figura 2.

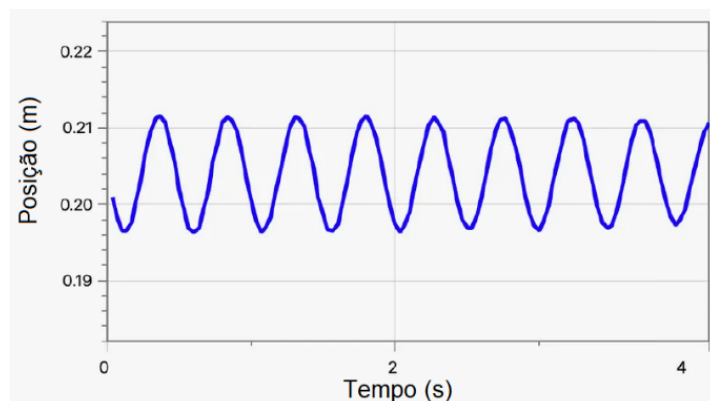
Figura 2 – Balança inercial



Fonte: Adaptado de Rhett Allain¹

Este modelo específico possui uma bandeja conectada a duas placas de metal. Quando deslocadas para o lado, as placas de metal criam uma força restauradora que leva a uma oscilação como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Frequência de oscilação de uma balança inercial



Fonte: adaptado de Rhett Allain¹

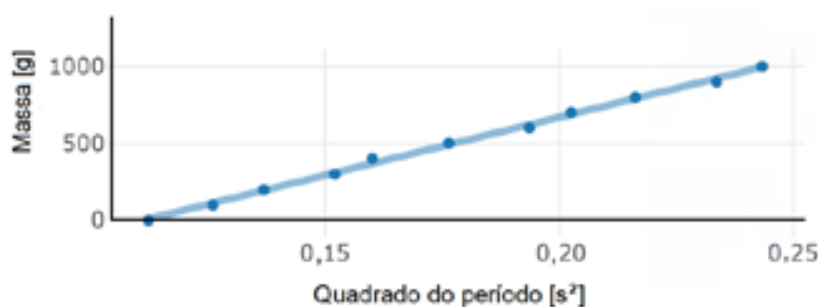
Mas o que acontece se adicionarmos mais massa à bandeja? Nesse caso, o dispositivo tende a oscilar com uma frequência mais baixa. Com isso, concluímos que existe uma correlação entre o período de oscilação do conjunto e a massa colocada na bandeja. Quanto mais massa adicionamos, maior tende a ser o período de oscilação do dispositivo. O modelo matemático que representa essa correlação é dado pela seguinte expressão:

$$T^2 = \left[\frac{4\pi^2}{k} \right] m$$

Nesta expressão, T representa o período de oscilação e k é a constante efetiva das placas ou a sua rigidez.

Se plotarmos o período ao quadrado (T^2) versus a massa (m), obtemos uma linha reta como ilustrada na Figura 4, sendo que a inclinação desta reta estará relacionada à rigidez da placa.

Figura 4 – Massa versus o quadrado do período de oscilação para uma balança inercial



Fonte: Adaptado de Rhett Allain¹

Suponha que queiramos medir uma massa desconhecida. Basta colocá-la na balança inercial e fazê-la oscilar. Depois de medir o período T em segundos, é possível determinar o valor da massa por meio da expressão:

$$m = 7525,9 \cdot T^2 - 836,11 \quad [\text{g}]$$

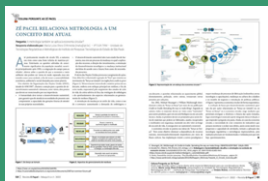
É claro que cada balança inercial terá uma equação de operação específica, que poderá ser determinada por meio de sua calibração com o uso de massas padrão conhecidas.

Como visto, embora de aplicação mais complexa e consequentemente menos comum, a balança inercial pode ser uma alternativa para a pesagem de objetos em substituição às balanças gravitacionais.

O importante é conhecer os fundamentos envolvidos e as vantagens e limitações de cada método de pesagem e, no caso da utilização de balanças gravitacionais, é fundamental estar atento aos fatores que podem afetar os resultados obtidos na operação desse tipo de balança.

Referência bibliográfica

¹ Disponível em: <https://www.wired.com/story/think-weight-and-mass-are-the-same-nope-and-heres-why-it-matters/>. Acesso em fevereiro/2022.



A metrologia também se aplica à economia circular?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Março 2022

Até praticamente meados do século XX, a natureza era vista como uma fonte infinita de matérias primas. Entretanto, as questões advindas do crescimento significativo da população mundial, ocorrido principalmente após 1950, e a migração do campo para as cidades¹, alertou sobre a questão de que a economia e meio ambiente não podem ser vistos de modo separado, mas sim tratados como uma unidade, a fim de trazer a sustentabilidade econômica, ambiental e social desejada para nosso planeta.

Um relatório das Nações Unidas, datado de 4/08/1987², chamou a atenção para a questão do desenvolvimento sustentável e destacou, entre vários, dois pontos que devem ser mencionados por sua importância.

- A humanidade deve tornar o desenvolvimento sustentável, para garantir que ele atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.
- O desenvolvimento sustentável não é um estado fixo de harmonia, mas sim um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional são feitas de acordo com o futuro, bem como de necessidades presentes.

O alerta das Nações Unidas provocou o surgimento de ações. Uma delas foi a relacionada à geração de “lixo”, que remeteu ao movimento do “berço ao túmulo”, em inglês *from cradle to grave* (Figura 1). Este movimento tratava desde a matéria prima até seu descarte, embora com enfoque principal em resíduos, e foi, de certo modo, responsável pelo surgimento dos estudos de ciclo de vida, da coleta seletiva de lixo, das rotulagens de embalagens e do aprofundamento dos aspectos relacionados ao gerenciamento de resíduos (Figura 2).

Figura 1 – Do berço ao túmulo

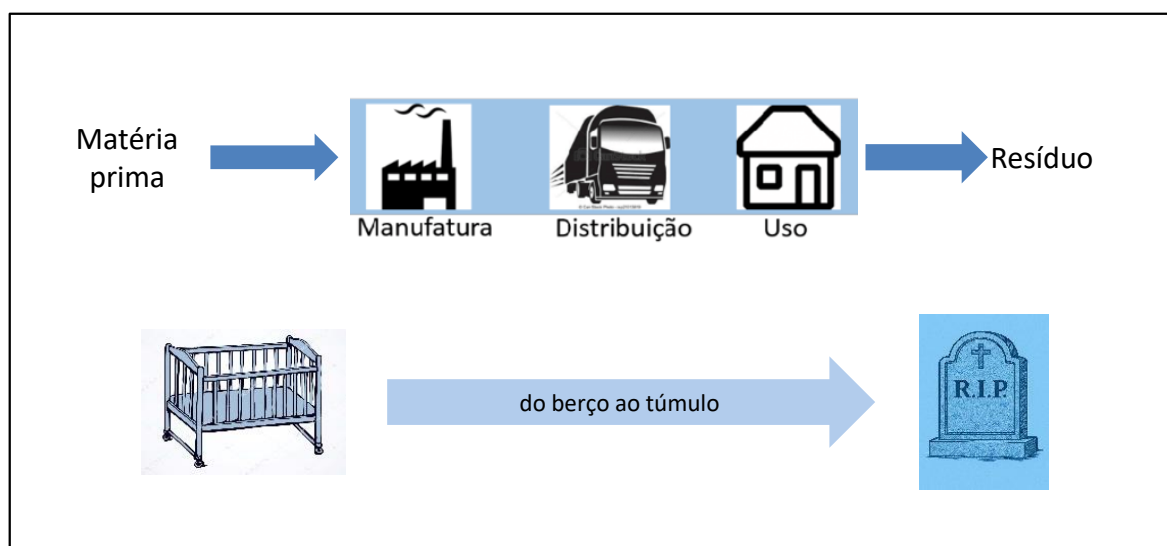
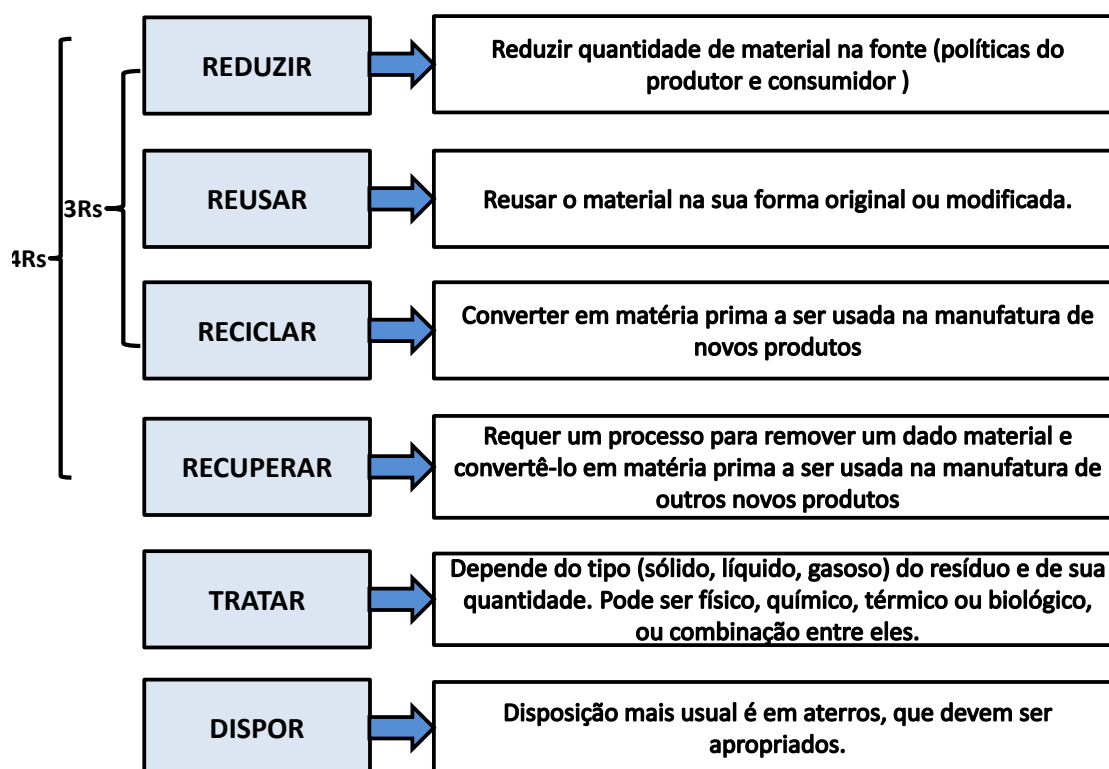


Figura 2 – Aspectos do gerenciamento de resíduos



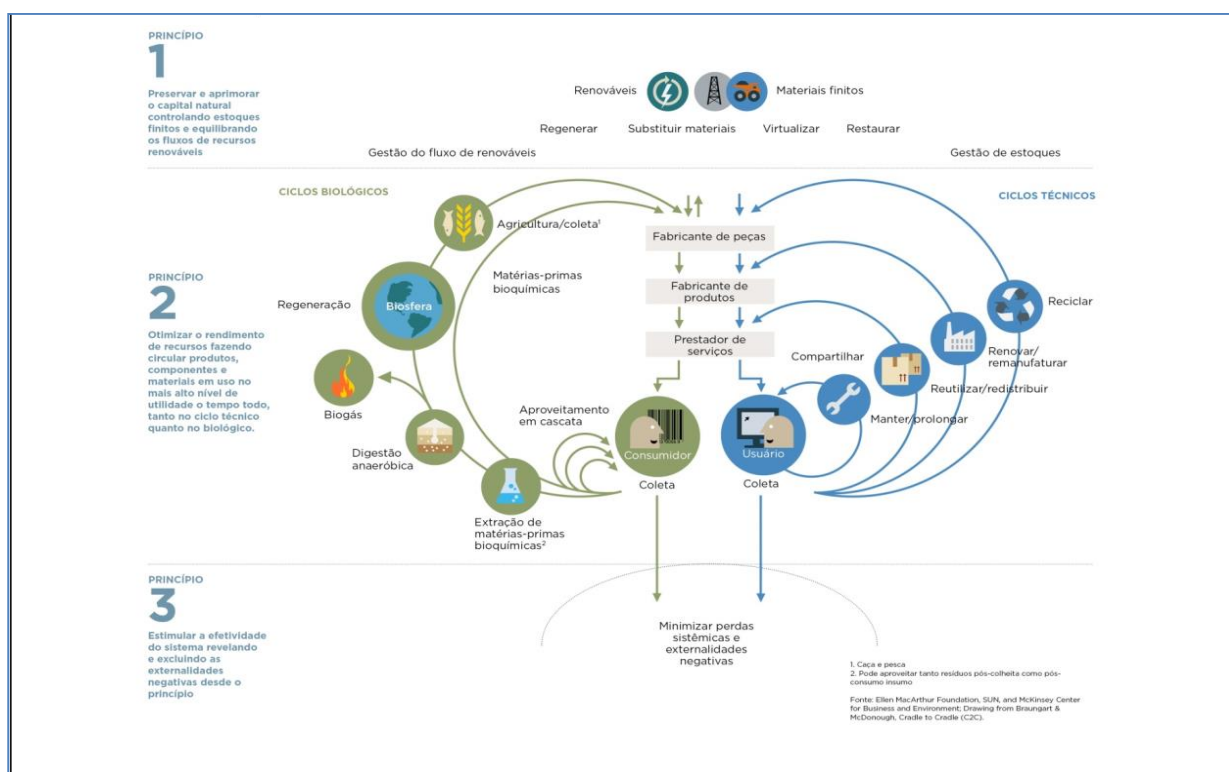
A introdução de mudanças no estilo de vida, como o uso do *e-commerce* aumentando a demanda de embalagens e seu descarte, e questões relacionadas ao aquecimento global, desmatamento, poluição, entre outras, trouxeram novas pressões por soluções.

Em 2002, Michael Braungart e William McDonough introduziram a ideia do “berço ao berço” por meio de sua publicação *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*³. Segundo os autores, todos os materiais devem ser vistos como “nutrientes” para outros produtos, quer em um ciclo biológico ou em um ciclo técnico. Ainda, os produtos devem ser projetados para serem feitos de materiais que podem ser fabricados, usados, recuperados e reutilizados com segurança, mantendo seu alto valor ao longo de seu ciclo de vida. A energia deve ser sustentável e renovável.

A economia circular se pautou nas ideias do “berço ao berço”. Tem como objetivo diminuir a dependência de recursos naturais, minimizando/ eliminando desperdícios por meio de fluxos cíclicos. Sua implantação remete a novos paradigmas e requer mudanças de processos de fabricação (redesenhos, novas tecnologias e capacitações), mudanças na cultura dos cidadãos e no modelo de negócios e introdução de políticas públicas. A Figura 3 apresenta a economia circular de forma esquemática.

A evolução da busca por desenvolvimento sustentável, quer seja ela por ações relacionadas ao “berço ao túmulo”, ou ao “berço ao berço” ou à economia circular, exige medições que permitam averiguar a eficiência e eficácia das ações tomadas, logo a metrologia é essencial e parte integrante dessa evolução, o que responde à pergunta em pauta. Ainda, no caso da economia circular, a necessidade de criar conjuntos de indicadores que possam monitorar e avaliar seus efeitos, assim como medir seus progressos e capacidade de atividades tornam a aplicação das tecnologias regulatórias e metrológicas imprescindíveis, pois medições precisam ser fundamentadas e validadas, para que não haja questionamentos.

Figura 3 – Representação de um esboço da economia circular ^{4,5}



Referências bibliográficas

- ¹ Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em março 2022
- ² Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em março/2022
- ³ Braungart, M.; McDonough, W. **Cradle to Cradle: Remaking the way we make things**. ISBN 9781429973847. Edição 2002.
- ⁴ Karaski, T.U.; Ribeiro, F.M.; Pereira, B.R.; Artega, L.C.S. **Embalagem e Sustentabilidade: desafios e orientações no contexto de economia circular**. Cetesb/ABRE/CETEA-ITAL, 2016, página 10. ISBN 978-85-61405-94-6. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/media/embalagem_sustentabilidade.pdf. Acesso em março/2022.
- ⁵ Fonte: Toward the circular economy - The EllenMacArthur Foundation/Mackinsey & Company, página 24. Disponível em: https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf. Acesso em março/2022.



Equipamentos e sistemas de medições digitais precisam ser calibrados?

Fabício Gonçalves Torres

Abril 2022

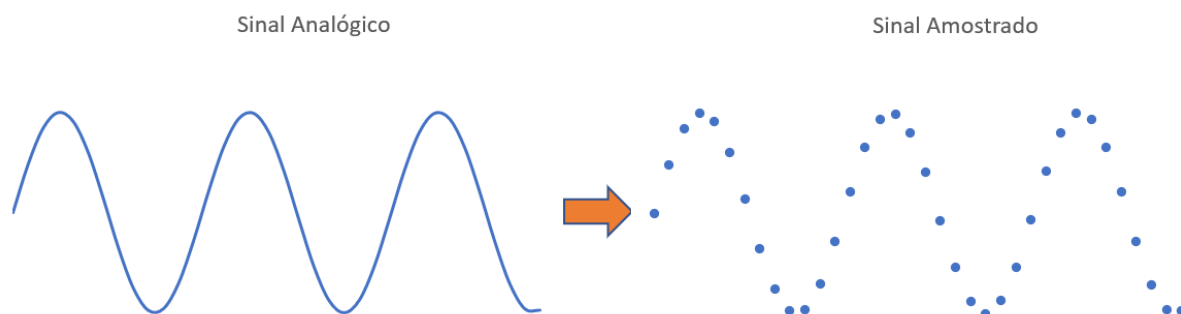
Nas últimas décadas, ocorreram mudanças significativas em equipamentos de medição, independente de qual grandeza estejam medindo. Os equipamentos reduziram de tamanho, são multiparâmetros, transmitem informações remotamente e permitem uma infinidade de aplicações além da medição. A digitalização impera.

Os avanços tecnológicos dos equipamentos digitais de medição trouxeram agilidade, flexibilidade e ganhos econômicos, mas no que tange o conhecimento metrológico, também trouxeram mais complexidade, exigindo que o profissional não somente entenda de sua área de atuação, mas também de eletrônica, automação e programação. Por outro lado, a simples digitalização, por si só, não necessariamente faz com que o equipamento de medição seja isento de erros sistemáticos e aleatórios. Deste modo, para ter resultados com confiabilidade metrológica é necessário calibração.

O processo de digitalização pode ser simplificado em três etapas: amostragem de dados, quantização e codificação.

Por meio de um transdutor, ou seja, um dispositivo que converte um tipo de energia em outro tipo, por exemplo, um sensor de termopar, que converte a temperatura a ser medida em tensão elétrica, o processo de amostragem de dados é realizado a partir da aquisição de leituras simultâneas espaçadas por um intervalo de tempo específico. A frequência em que as leituras são realizadas é definida como taxa de amostragem, e ela é importante no processo de digitalização já que, um baixo valor de taxa de amostragem pode acarretar em perda significativa de informação (Figura 1).

Figura 1 – Amostragem de um sinal analógico



Fonte: Elaborado pelo autor

O próximo passo é a quantização do sinal amostrado. Neste processo, a grandeza que antes era considerada contínua, com infinitas possibilidades, é então discretizada, permitindo somente uma quantidade finita de degraus e, cada dado amostrado na etapa anterior é alocado num degrau específico, de acordo com seu valor. A quantidade de degraus é dada pela quantidade de bits do conversor analógico-digital.

Nota-se que, devido a esta etapa, há um erro de quantização, que deve ser considerado no processo de medição. Por exemplo, um osciloscópio digital que possui 8 bits, ao configurá-lo para medidas de tensão de até 8 V pico-a-pico (8 divisões da tela e considerando a faixa de 1 V/divisão), a menor diferença de tensão detectável pelo equipamento será na ordem de 30 mV, somente por conta do conversor analógico-digital. Certamente, em muitos casos, o erro de quantização é baixo o suficiente para que o processo de digitalização seja vantajoso.

A terceira, e última etapa, é a codificação do sinal. Este é um processo que pode variar do mais simples, cuja codificação nada mais é do que os próprios degraus provenientes da etapa de quantização, ao mais complexo, atribuindo endereçamentos com lógicas matemáticas diversas, e com finalidades distintas, que podem ser, desde redução de erros devido a ruídos externos a criptografias para garantir a segurança digital da informação. Percebe-se que a lógica de programação e o conhecimento do protocolo utilizado são essenciais no entendimento detalhado desta etapa.

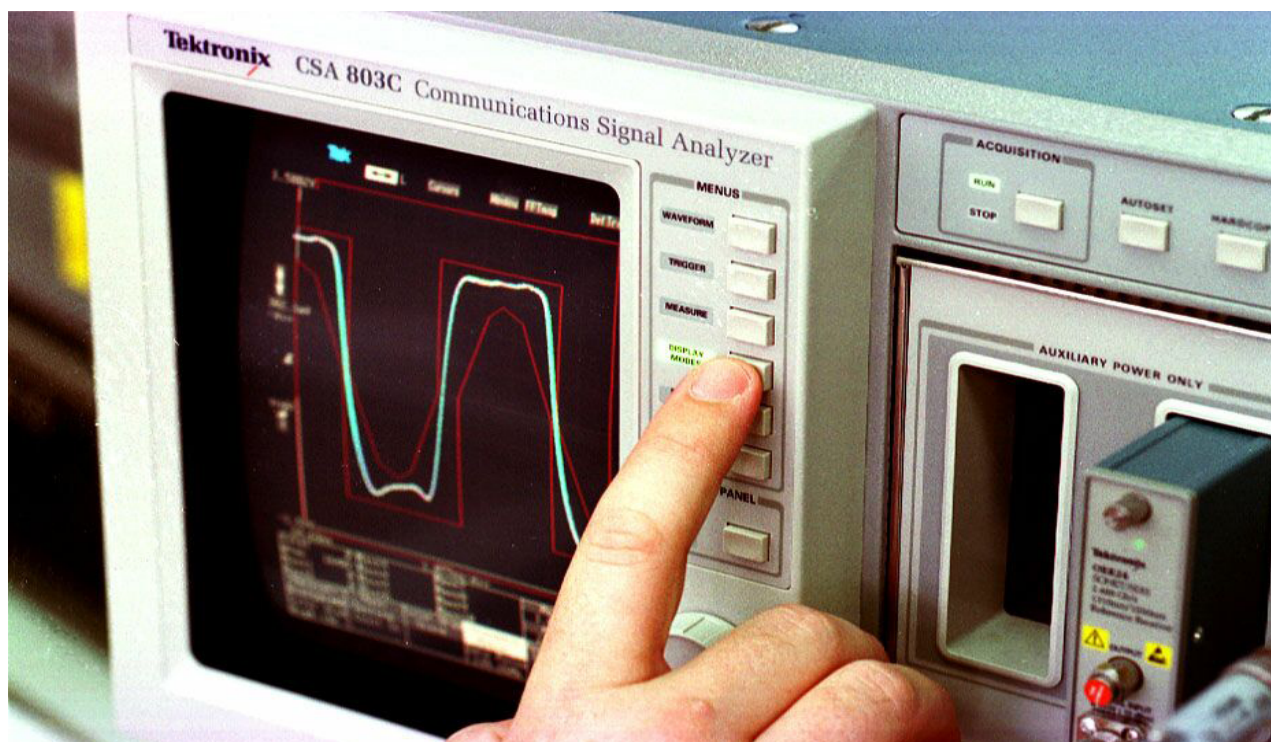
O processo de obtenção de rastreabilidade metrológica através da calibração em equipamentos digitais é similar a dos equipamentos analógicos, embora para alguns equipamentos de medição a calibração possa ser complexa por diferentes razões.

Alguns equipamentos de medição empregam etapas de processamento que desfiguram a grandeza a ser medida de tal forma que, métodos de calibração consagrados não mais atendem ao propósito. Uso de modelos matemáticos ou estatísticos faz com que o padrão de referência também deva ser diferente. Quando ocorre mudança de domínio (transformada de Fourier, por exemplo), um procedimento de calibração de osciloscópio pode não ser suficiente para atender integralmente às necessidades no domínio da frequência.

Outro fator que torna o conceito de calibração mais complexo é termo “auto-calibração” (*self-calibration*), usualmente empregado em diversos equipamentos de medição digitais. No geral, o que ocorre é que esses equipamentos possuem alguns sinais de referência internos que são utilizados para realização de uma checagem interna e, em alguns casos, para efetuar pequenas correções decorrentes de variações nas condições ambientais, como temperatura ambiente, por exemplo. Embora o termo esteja amplamente difundido, metrologicamente, não se pode assegurar rastreabilidade metrológica apenas por meio dessas rotinas automáticas. Na prática, o que é recomendável é que a calibração do equipamento de medição seja realizada nas mesmas condições e configurações que o usuário utiliza. Para se obter os melhores resultados, certamente, as rotinas de autocalibração devem ser aplicadas tanto pelo usuário quanto pelo metrologista no ato da calibração.

Por fim, há situações em que a leitura da grandeza a ser calibrada não está prontamente disponível. Isto ocorre porque o indicador pode estar alocado remotamente, ou em um software não disponível para o metrologista. No geral, o usuário deve disponibilizar o indicador de alguma forma. Caso contrário, a não ser que o metrologista tenha conhecimento aprofundado sobre o protocolo de comunicação, a calibração não pode ser realizada. Analisadores de protocolo também podem ser empregados para avaliação de um sinal digital, porém, no âmbito da metrologia, esta prática não é considerada calibração, mas sim teste de desempenho (*performance test*), que compara características funcionais do equipamento com especificações recomendadas por fabricantes ou por referências normativas (Figura 2).

Figura 2 – Teste de desempenho a partir dos bits de um sinal digital.



Fonte: Acervo do IPT/UNTRM

A era digital continua em ascensão. Novas descobertas tecnológicas são incorporadas cada vez mais nos equipamentos de medição, trazendo muitos benefícios, mas também tornando a metrologia cada vez mais desafiadora na sua missão contínua de garantir que os equipamentos ou sistemas digitais gerem resultados confiáveis metrologicamente.

Referência

COOMBS, C. F. **Electronic Instrument Handbook**. 3d Edition. New York: McGraw-Hill, 1999.



A metrologia é importante na manutenção preditiva?

Olga Satomi Yoshida
Nilson Massami Taira

Maio 2022

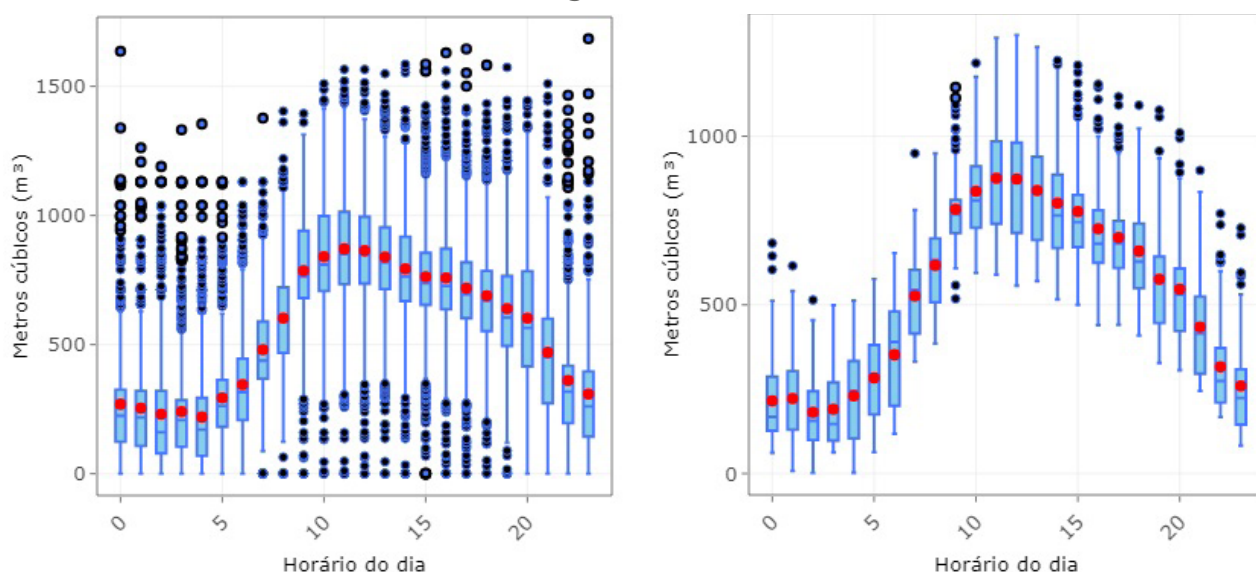
As tarefas de manutenção preventiva buscam estender a vida útil de um equipamento. Quando nós trocamos o óleo do motor do carro a cada ano ou a cada 10 mil km rodados buscamos, preventivamente, prolongar a vida útil do motor.

A manutenção preventiva pode ser baseada no tempo, na condição ou na falha. Por exemplo, a regra da troca de óleo do motor de ano a ano, em intervalos iguais de tempo, é baseada no tempo. Se a data da troca do óleo fosse definida com base nas condições de operação do motor monitoradas com sensores de vibração, velocidade, quilometragem e temperatura, por exemplo, a manutenção seria baseada na condição. A manutenção baseada na falha prevê a substituição do equipamento após a sua falha.

A crescente digitalização da manutenção nos processos industriais irá naturalmente demandar e escalar a manutenção baseada na condição. O monitoramento contínuo dos equipamentos irá gerar dados de séries temporais de parâmetros dos processos. A análise destas séries temporais podem identificar padrões nos dados que associados ao funcionamento esperado do equipamento nas condições operacionais e de instalação possibilitará a predição em tempo real de normalidades e anomalias, ou seja, a manutenção preditiva.

A manutenção preditiva depende de dados, portanto da qualidade dos dados registrados dos medidores e da confiabilidade das medições. Na Figura 1 temos um caso real de dados monitorados com muitos problemas, *outliers* e *missings*, a esquerda observa-se o padrão horário dos dados poluídos com *outliers*. No gráfico a direita, os *outliers* foram tratados por procedimentos de limpeza melhorando a qualidade dos dados.

Figura 1 – Dados de vazão de água agrupados por hora, com *outliers* a esquerda e corrigidos a direita



Ainda na Figura 1 é possível observar o perfil padrão de vazão em base horária, e isto sinaliza a previsibilidade do consumo que pode ser observado na Figura 2. A predição do consumo em azul muito próximo do consumo monitorado indica condição normal e,

portanto, sem alarme na manutenção. As previsões são possíveis graças a caracterização do funcionamento padrão do equipamento nas condições operacionais e de instalação. Na Figura 3 temos um caso de monitoramento de nível com indicação de anomalia, a predição do nível muito abaixo do monitorado indica acionamento de alarme na manutenção. Desta forma, com base no monitoramento dos equipamentos, e utilização adequada de modelos estatísticos de análise de series temporais, a manutenção preditiva pode prever falhas no sistema antes que elas de fato ocorram.

Figura 2 – Previsão semanal da vazão de água em base horária e em tempo real

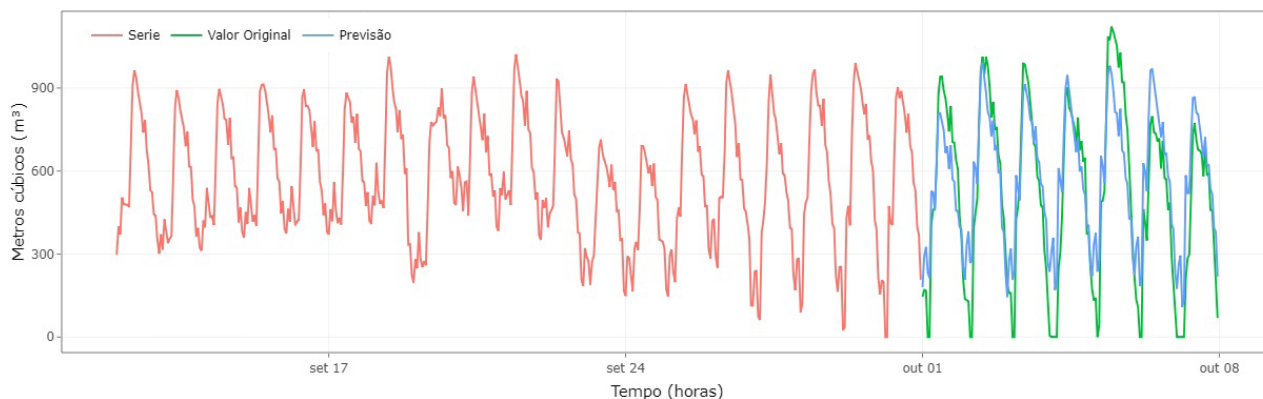
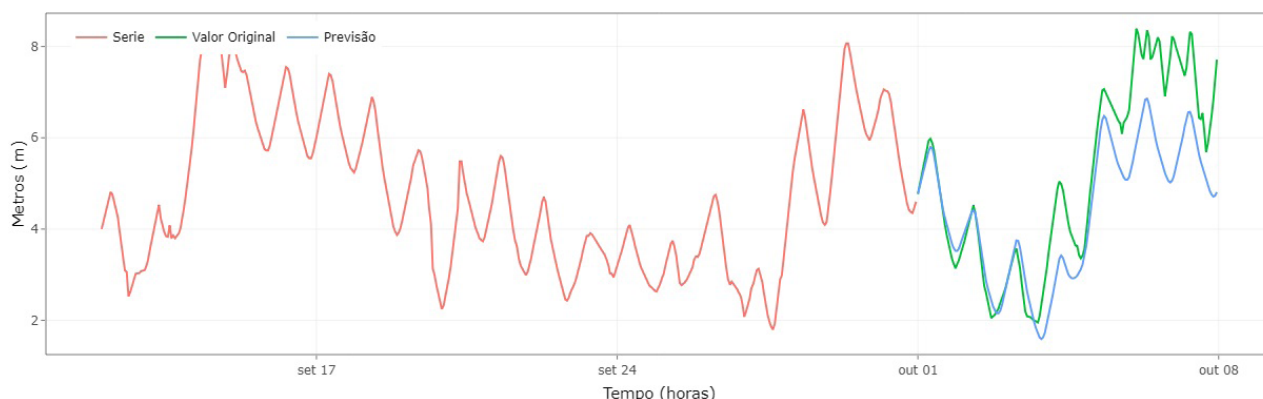


Figura 3 – Série temporal de nível de água, a predição em tempo real do nível em azul bem abaixo do nível monitorado indicando alguma anomalia.



Os modelos estatísticos utilizados para predição e previsão das séries temporais dos casos apresentados foram o TBATS (*Trigonometric, Box-Cox Transformation, ARMA errors, Trend and Seasonal components*) e tiveram excelente performance nestes casos.

A utilização adequada de modelos estatísticos sofisticados ou de *machine learning* é importante, bem como é importante entender o problema, as falhas e as causa das anomalias, mas tão importante quanto é a qualidade dos dados e a confiabilidade das medições dos sensores.

Na Figura 3, o alarme de possível anomalia não teria credibilidade se os sensores não fossem calibrados já que o alarme da predição poderia conter os erros de medição dos sensores.

Desta forma, sim, a metrologia é muito importante na manutenção preditiva. A calibração dos parâmetros monitorados agregam mais confiabilidade nas predições.

Referências

Alysha M. de Livera, Rob J. Hyndman, Ralph D. Snyder. **Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing**. Journal of the American Statistical Association, 106 (496): 1513-1527, 2011. 20, 22

Bertsche, B. (2008). **Reliability automotive and mechanical engineering**. Berlin: Springer



O que é incerteza de medida e como se determina?

Kazuto Kawakita

Junho 2022

No cotidiano de uma indústria de papel são medidos diferentes parâmetros, seja para o monitoramento e controle de processos produtivos, seja para a avaliação da qualidade de insumos e produtos (Figura 1).

Figura 1 – Imagem ilustrativa de medição



Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/fotos/industrial-instrumentation>

O valor do mensurando e sua incerteza

O propósito de uma medição é determinar o valor de uma grandeza denominada mensurando que, de acordo com o VIM [1], é a *grandeza que se pretende medir*. O mensurando é o objeto sujeito à medição de um fenômeno, corpo ou substância que pode ser distinguido qualitativamente e determinado quantitativamente. Por exemplo, a pressão do vapor d'água na saída da caldeira, a temperatura do ar quente na entrada do secador e a gramatura da folha de papel são mensurandos comuns.

A definição correta e completa do mensurando é vital para se obter bons resultados da medição. Entretanto, a imperfeição natural de um processo de medição torna impossível conhecer com certeza absoluta o valor verdadeiro de uma grandeza. Assim, todo resultado de medição carrega de forma implícita uma incerteza que, de acordo com o VIM, é um *parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas*.

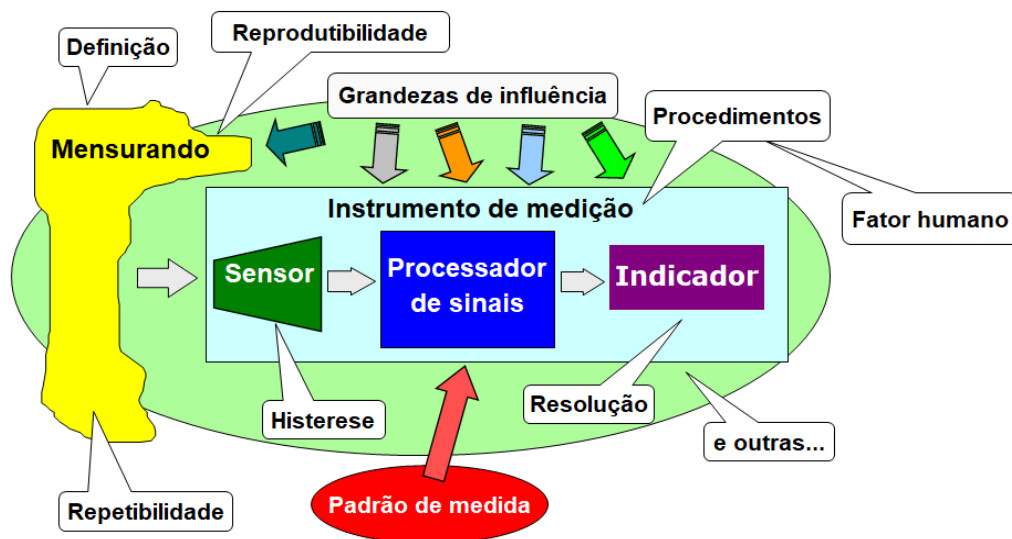
O resultado de uma medição deve incluir a melhor estimativa do valor do mensurando e uma indicação quantitativa da qualidade desse resultado, ou seja, da sua incerteza, de modo que aqueles que o utilizam possam avaliar a sua confiabilidade. Sem essa indicação, resultados de medição não podem ser comparados, seja entre eles mesmos ou com valores de referência fornecidos em uma especificação ou em uma norma técnica. Um resultado de medição que tenha associada a ele uma incerteza pequena tende a ser mais confiável que outro com uma incerteza maior. Dessa forma, na prática, a estimativa de incertezas de medida e a busca por sua redução são fundamentais para a melhoria dos processos, produtos e serviços.

Como determinamos a incerteza de medida?

Para determinarmos a incerteza associada a uma medida devemos entender que ela pode se compor de contribuições de diversas fontes, algumas delas inevitáveis como a própria definição incompleta do mensurando, enquanto outras podem depender do princípio, do método e do procedimento de medição, do instrumento de medição utilizado e suas características metrológicas, da habilidade do executor das medições e da dispersão das medidas. Outras podem de fruto das grandezas de influência que impactam a medição como os fatores ambientais ou a própria instabilidade do processo industrial em análise ou a não homogeneidade do material, a variabilidade nos componentes de uma mistura, o tempo, as reações químicas entre outras.

Apesar das fontes de incerteza serem particulares de cada processo e situação, a Figura 2 a seguir ilustra esquematicamente um exemplo com as diferentes fontes de incerteza que podem afetar o valor medido por meio de um instrumento de medição.

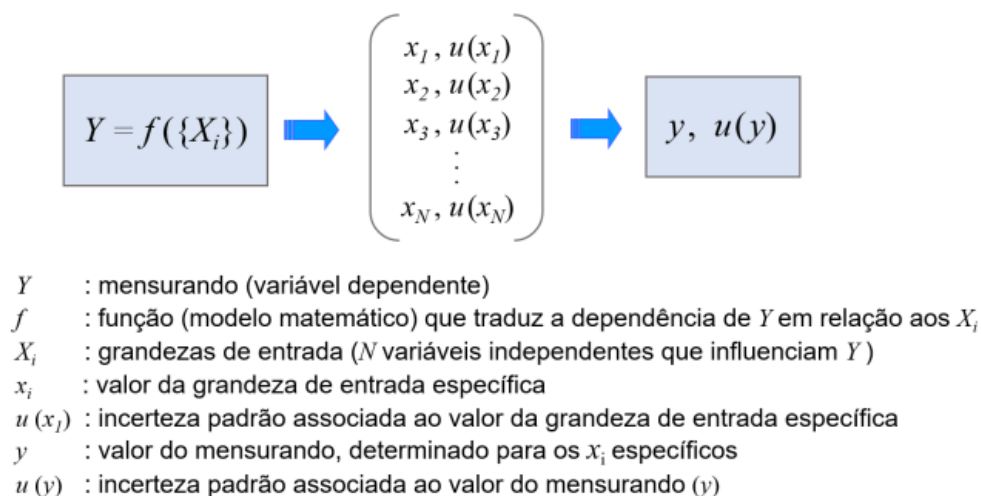
Figura 2 – Fontes de incerteza que podem afetar o resultado de uma medição



Fonte: o autor

Na maioria dos casos, o modelo físico de uma medição pode ser representado por meio de um modelo matemático, podendo este ser simples ou complexo. Conforme ilustrado de forma simples na Figura 3, o modelo matemático é uma função f que caracteriza o mensurando Y e que traduz a sua dependência em relação ao conjunto de grandezas de entrada X_i . Cada valor específico x_i das diferentes grandezas de entrada tem associada a ele uma incerteza $u(x_i)$. A combinação ordenada dessas grandezas de entrada x_i por meio da função matemática f permite a determinação do valor específico y do mensurando e a incerteza padrão $u(y)$ associada a ele.

Figura 3 – Determinação da incerteza associada ao valor do mensurando com base nas contribuições das incertezas das grandezas de entrada



Fonte: o autor

Dentre as diversas formas de se avaliar a incerteza de medida, o processo proposto pelo documento *Avaliação de dados de medição - Guia para a expressão de incerteza de medição* – GUM [2] talvez seja o mais utilizado atualmente nas áreas científica e industrial.

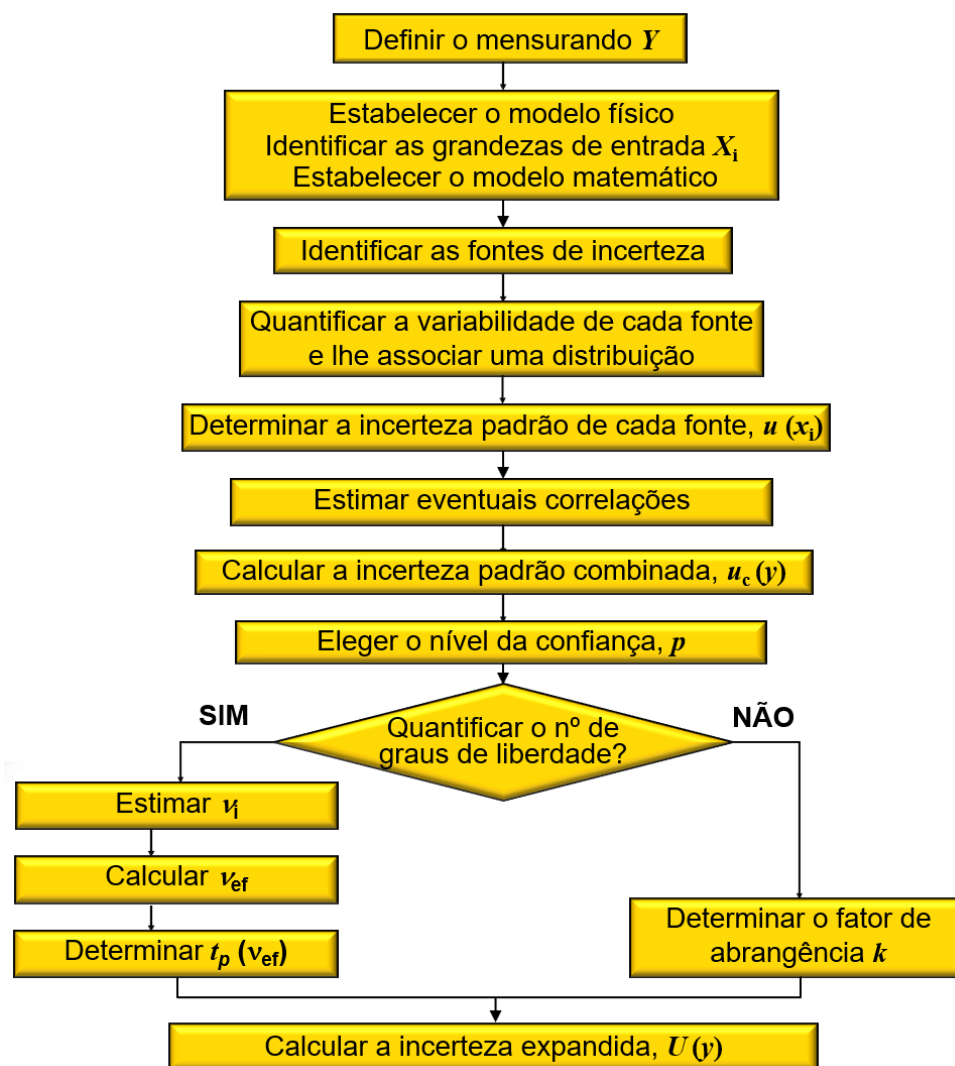
Figura 4 – O guia para a expressão de incerteza de medição – GUM



Fonte: Inmetro

Evidentemente, por limitações de espaço, não há como explicar o procedimento em detalhes nesta coluna da Revista. No entanto, de uma forma resumida, o diagrama da Figura 5 ilustra os passos para a determinação da incerteza associada à medida de um mensurando e que são descritos no Guia. Em essência, o método se baseia na aplicação de fundamentos e técnicas da Metrologia e da Estatística na forma de uma sequência de etapas padronizadas para que, por exemplo, dois metrologistas diferentes, seguindo o mesmo procedimento, consigam obter resultados comparáveis ao final.

Figura 5 – Diagrama para a estimativa de incertezas de medida



Fonte: o autor

A aplicação correta desse processo requer do técnico o conhecimento dos fundamentos teóricos envolvidos e, principalmente, experiência prática na atividade metrológica particular, seja ela da área mecânica, elétrica, química ou outra. A ausência dessas condições torna o usuário, na maioria dos casos, um mero “piloto” de planilha de cálculo de incertezas obtendo, não raramente, resultados subestimados da real incerteza associada ao valor medido do mensurando.

O tema da avaliação de incertezas de medida é interessante e particularmente importante para profissionais que atuam em laboratórios ou no monitoramento e controle de processos industriais.

Referências

¹ VIM - Vocabulário Internacional Metrologia VIM 2012 – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados, 1ª Edição Luso Brasileira, Inmetro.

² Avaliação de dados de medição - Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008, 1ª Edição Brasileira da 1ª Edição do BIPM de 2008: *Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM).



Por que testes de compatibilidade eletromagnética são importantes?

Fabício Gonçalves Torres
João Henrique Ângelo

Julho 2022

Em uma indústria do setor de papel e celulose existe uma grande quantidade de bombas, compressores e ventiladores acionados por motores elétricos assíncronos regulados por conversores de frequência que, se não devidamente especificados e instalados, geram ruídos elétricos e interferências eletromagnéticas (Figura 1). Convive com esse grupo de motores um número enorme de equipamentos e instrumentos elétricos e eletrônicos utilizados na operação, monitoramento e controle de processos produtivos.

Figura 1 – Equipamento utilizado em ambientes fabris.



Fonte: <https://www.techbriefs.com>

Portanto, a presença de fontes geradoras de energia eletromagnética ao lado equipamentos elétricos e eletrônicos suscetíveis à presença de emissões eletromagnéticas indesejadas torna o ambiente fabril um meio altamente propício a interações eletromagnéticas.

O que é compatibilidade eletromagnética?

A compatibilidade eletromagnética (EMC) é a capacidade de equipamentos e sistemas elétricos funcionarem de forma aceitável em seu ambiente eletromagnético, limitando a geração, a propagação e a recepção não intencionais de energia eletromagnética que podem causar efeitos indesejados, como interferência eletromagnética (EMI) ou até mesmo danos físicos em um equipamento operacional.

Assim, o objetivo da EMC é viabilizar a operação correta de diferentes equipamentos em um ambiente eletromagnético comum. Para isso, a EMC aborda três classes principais de problemas. A primeira, emissão, é a geração de energia eletromagnética, deliberada ou acidental, por alguma fonte e sua liberação no meio ambiente. A EMC estuda as emissões eletromagnéticas indesejadas e avalia as contramedidas que podem ser tomadas para mitigá-las.

A segunda classe, suscetibilidade, é a tendência do equipamento elétrico, conhecido como vítima, de funcionar mal ou falhar na presença de emissões eletromagnéticas indesejadas, que são conhecidas como interferência de radiofrequência (RFI). Por sua vez, a imunidade é o oposto da suscetibilidade, sendo a capacidade de o equipamento funcionar corretamente na presença de RFI.

A terceira classe estudada é o acoplamento, que é o mecanismo pelo qual a interferência eletromagnética emitida atinge a vítima.

Logo, a mitigação da interferência eletromagnética e, portanto, a compatibilidade eletromagnética pode ser alcançada abordando qualquer um ou todos esses problemas, ou seja, atenuando as fontes de interferência, inibindo as vias de acoplamento e/ou fortalecendo as vítimas em potencial. Na prática, muitas das técnicas de engenharia utilizadas, como aterramento e blindagem, se aplicam a todos os três problemas.

Importância da compatibilidade eletromagnética

A importância da compatibilidade eletromagnética (EMC) é notável e isso é decorrente do ambiente em que vivemos, cada vez mais carregado de ruído eletromagnético e cuja tendência é de aumento exponencial ao longo dos próximos anos, pois:

- a Internet das Coisas remeterá a uma quantidade crescente de dispositivos e sensores que se comunicarão por meio de sinais de alta frequência;
- a 5ª geração de comunicações móveis (5G) exigirá mais antenas para proporcionar os benefícios que a tecnologia promete;
- as mudanças climáticas cada vez mais intensas têm provocado um aumento na frequência e na intensidade das descargas atmosféricas, com a ocorrência, por exemplo, dos chamados “super-raios”.

Em função desse cenário, profissionais das áreas técnica e da engenharia devem se preocupar tanto com o nível de interferência eletromagnética gerado pelos seus equipamentos de medição, quanto com a sua suscetibilidade em decorrência de campos externos, principalmente em aplicações críticas, tais como em unidades fabris, áreas médicas, telecomunicações e militares.

As interferências eletromagnéticas podem ser irradiadas, ou seja, transmitidas através do ar, ou conduzidas por meio dos cabos elétricos conectados aos equipamentos. Há normas nacionais e internacionais que estabelecem o nível máximo de interferência eletromagnética que os aparelhos podem gerar, e também, o nível mínimo de intensidade de campo que eles devem suportar, sem que suas funcionalidades sejam prejudicadas.

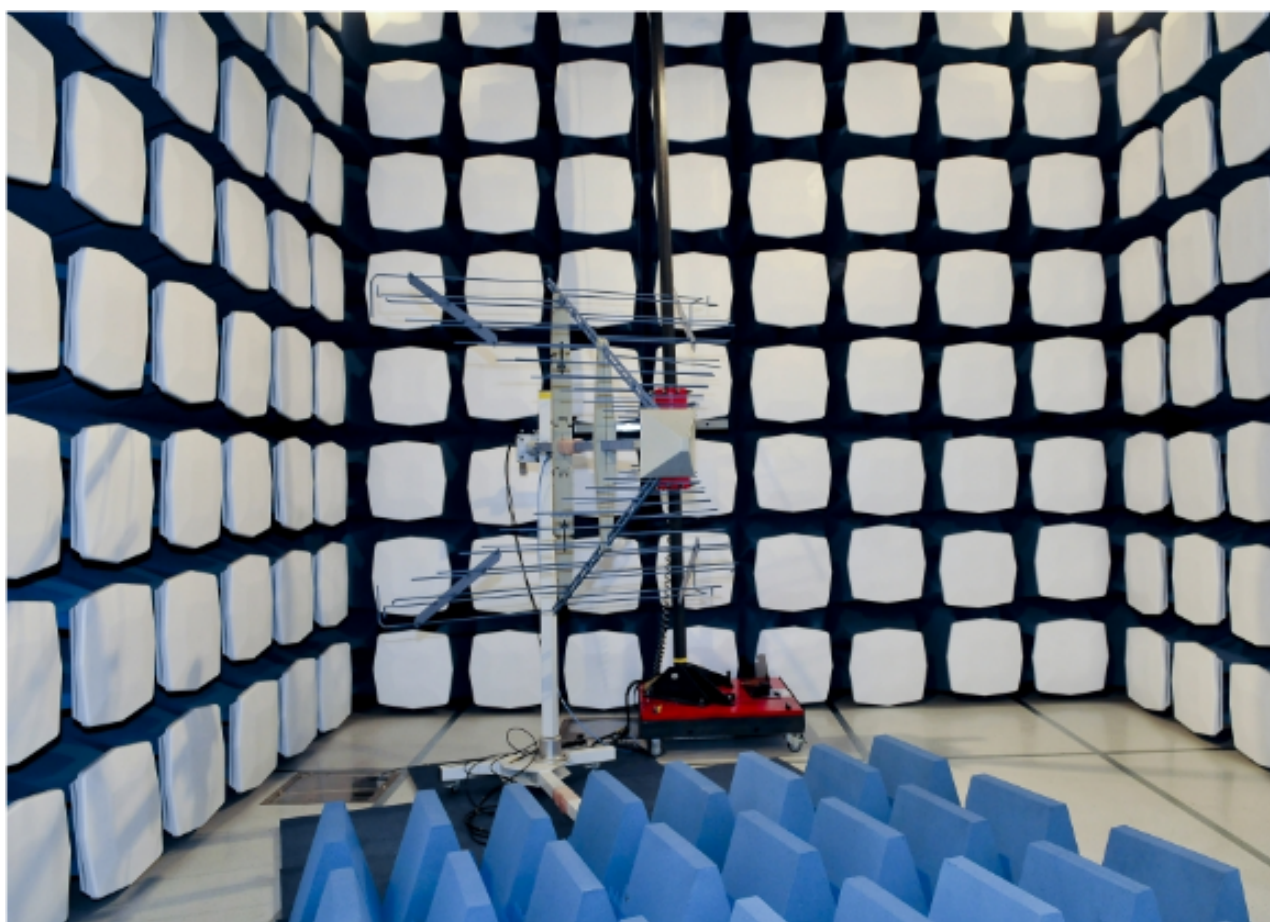
Por esse motivo é que os testes de compatibilidade eletromagnética são importantes no projeto, desenvolvimento e homologação de produtos que incorporem qualquer circuito eletrônico embarcado.

Testes de compatibilidade eletromagnética

Alguns dos principais testes de compatibilidade eletromagnética podem ser divididos em: emissão radiada, susceptibilidade irradiada, emissão conduzida e susceptibilidade conduzida.

Os testes de **emissão radiada** e de **susceptibilidade irradiada** devem ser realizados em área aberta, livre de interferências externas ou em uma câmara semianecóica, como a mostrada na Figura 2, ou seja, em um recinto blindado com revestimento absorvedor nas paredes e no teto, livre de perturbações externas e reflexões.

Figura 2 – Câmara semianecóica do IPT



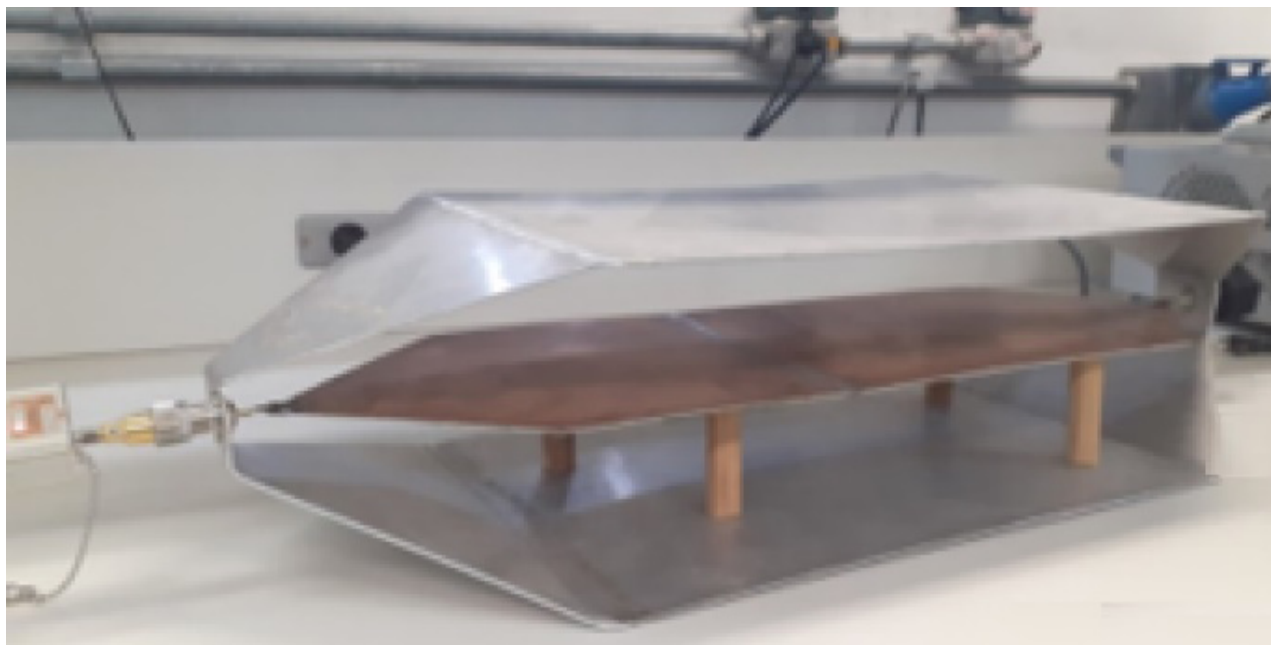
Fonte: Acervo IPT

No teste de **emissão radiada**, o equipamento sob teste é mantido em funcionamento normal e a intensidade do campo emitido por ele é medida com o uso de uma antena polarizada.

No teste de **susceptibilidade irradiada** um campo eletromagnético é gerado intencionalmente e verifica-se se o aparelho, apesar de imerso neste campo, mantém suas funcionalidades operando adequadamente.

Estes testes também podem ser realizados por meio de uma célula TEM (*Transverse Electromagnetic*), como a apresentada na Figura 3, ou GTEM (*Gigahertz Transverse Electromagnetic*), essa para intensidades com frequências mais altas.

Figura 3 – Célula TEM de até 500 MHz desenvolvida pelo IPT



Fonte: Acervo IPT

Estas células normalmente são utilizadas em etapas prévias do projeto de um aparelho eletrônico, onde são avaliadas partes dos circuitos individualmente ou no teste de equipamentos de pequenas dimensões.

O teste de **emissão conduzida** avalia a intensidade do campo eletromagnético gerado pelo aparelho e conduzido pelos seus cabos, tais como o de alimentação. Para este teste, é utilizado o LISN (*Line Impedance Stabilization Network*) que, além de separar o sinal de alta frequência e enviar para um analisador de espectro, também protege o analisador isolando-o da rede de alimentação.

O teste de **susceptibilidade conduzida** avalia se o aparelho sob teste mantém suas funcionalidades adequadas apesar de haver interferência eletromagnética conduzida pelos seus cabos. Para este teste é utilizado o CDN (*Coupling Decoupling Network*).

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) é o órgão responsável pela homologação de todos os produtos que irradiam sinais eletromagnéticos e determina que esses produtos sejam ensaiados e aprovados em laboratórios de EMC.

Além dos ensaios, esses laboratórios também podem fornecer apoio no desenvolvimento de equipamentos e no diagnóstico de falhas e vulnerabilidades decorrentes de interferências eletromagnéticas que possam afetar o desempenho de aparelhos eletrônicos a exemplo da confiabilidade metrológica de equipamentos de medição.

Referência

PAUL C. R. Introduction to Electromagnetic Compatibility. 2nd Edition, ISBN: 978-0-471-75500-5, Jan./2006, John Wiley & Sons N.J.



Qual é a importância de normas de especificação?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Luciana Casciny Pacífico

Agosto 2022

Norma é um procedimento estabelecido por consenso entre as partes interessadas, que: possibilita a criação de uma linguagem comum; reduz a variedade de interpretações; e sistematiza a formulação e a aplicação de regras. Pode-se dizer que as normas têm, como objetivo principal, garantir a funcionalidade e a segurança de produtos e serviços.

O Quadro 1 apresenta os tipos mais comuns de normas. Vale ressaltar que não se trata de uma classificação sistemática e exaustiva de normas, mesmo porque é possível que normas de um tipo incluam requisitos relacionados a outros tipos, como por exemplo, as de *Terminologia*, *Métodos de ensaios*, *Interfaces* e *Dados a serem fornecidos*.

Quadro 1 – Tipos de normas¹

TIPO	FINALIDADE
Básica	De abrangência ampla, ou que contém prescrições gerais para um campo específico. Podem ser utilizadas como base para outras normas ou como normas de aplicação direta.
Terminologia	Estabelece termos, suas definições, ilustrações, exemplo e notas explicativas, quando necessário.
Ensaio	Estabelecem métodos de ensaio. Quando aplicável, podem incluir outros aspectos complementares relevantes relacionados ao ensaio, tais como amostragem, uso de métodos estatísticos, sequências de ensaios, etc.
Produto	Especificam requisitos a serem atendidos por um produto ou grupo de produtos, para estabelecer de forma abrangente ou em parte sua adequação ao propósito. Podem ser completas ou não, especificando inclusive terminologia, amostragem, ensaio, embalagem, etiquetagem e eventualmente requisitos de processamento específicos.
Processo	Especificam requisitos a serem atendidos por um processo para estabelecer sua adequação ao propósito.
Serviço	Especificam requisitos a serem atendidos por um serviço para estabelecer sua adequação ao propósito. Podem ser preparadas em campos específicos, tais como por exemplo: manutenção de veículos, hotelaria, telecomunicações, transporte, seguros, operação bancária, comércio, etc.
Interface	Especificam os requisitos relativos à compatibilidade de produtos ou sistemas em seus pontos de interligação.
Dados a serem fornecidos	Que contêm uma lista de características onde valores ou outros dados são indicados, a fim de especificar um produto, processo ou serviço, como por exemplo dados a serem declarados pelos fornecedores ou pelos compradores.

No Brasil é a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) que tem a missão de prover a sociedade brasileira com documentos normativos. Para elaboração das normas ela conta com Comitês Técnicos que coordenam, planejam e executam as atividades de normalização relacionadas ao seu âmbito de atuação. As normas da ABNT são consideradas normas brasileiras, por isso são codificadas como ABNT NBR.

Dentre os tipos de normas citadas, as que se trazem especificações de produtos, serviços e processos têm especial importância, porque muitas transações e compras são efetuadas com base nessas normas. Por exemplo, é comum a aquisição de papel higiênico, principalmente por órgãos governamentais, ser efetuada de acordo com as classificações especificadas para esse produto em normas da série ABNT NBR 14464.

Pode-se dizer que normas de especificação surgem de necessidades do mercado, logo é de se esperar que novas necessidades surjam, uma vez que o mercado é dinâmico e está em constante evolução.

Por exemplo, o advento da *economia circular*², que encerra entre várias proposições a de minimizar ou eliminar desperdícios por meio de fluxos cíclicos, traz demandas antes não imaginadas, tais como:

- Provar que uma embalagem ou rótulo de papel é reciclável, principalmente quando é um compósito. A INGEDE³ (*International Association of the Deinking Industry*) tem normas referentes ao índice de Reciclabilidade de um papel, mas o enfoque é referente ao destintamento. A própria INGEDE menciona que sua missão é promover a reciclagem de papéis de cor clara (jornais e revistas) em novos papéis gráficos e sanitários e melhorar as condições de enquadramento para o aumento da utilização de papéis⁴. Por outro lado, há diversos usos de fibras recicladas além dos mencionados pela INGEDE, por conseguinte uma norma especificando parâmetros mais abrangentes seria bem-vinda.
- Especificar quais indicadores tangíveis devem ser usados para verificar o índice de circularidade de uma economia. Armand Kasztelan em seu artigo *How Circular are the European Economies?*⁵ apresenta 14 indicadores, os quais aplicou em 24 países da Comunidade Europeia e menciona a dificuldade de defini-los adequadamente e a falta de dados disponíveis. Há outros trabalhos na linha do mencionado e que, provavelmente, remeterão inicialmente a normas de especificação, depois de procedimentos.

É importante ressaltar que normas diferem de leis, decretos, portarias e resoluções pela sua origem. Estes últimos provêm de decretos de Poderes Legislativos, Executivos ou da Administração Pública e, por obrigatoriedade, devem ser atendidos. As normas, ao contrário, não têm obrigatoriedade de atendimento, exceto quando são citadas em documentos legais, como acontece, por exemplo, na Lei Federal N° 8.078, de 11 de setembro de 1990 (Código de Defesa do Consumidor). Por outro lado, na falta de documentos legais as normas brasileiras (ABNT NBR) frequentemente são usadas como tal.

Também é importante lembrar que as normas têm alcances diferentes, podendo ser internacionais (por exemplo normas da *International Organization for Standardization* - ISO), regionais (por exemplo as do Comitê Europeu), sub-regionais (por exemplo normas MERCOSUL), nacional (referentes a um país), de grupos (por exemplo de Associações Técnicas) e institucional (de uma empresa). Porém, independentemente de seu alcance, normas referentes às especificações são fundamentais, para equilibrar as expectativas mínimas acerca dos requisitos e características esperadas de um produto ou serviço.

Referências bibliográficas

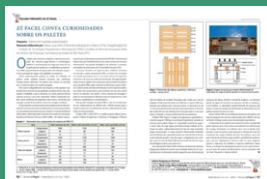
¹ ABNT ISO/IEC Guia 2:2006 Normalização e atividades relacionadas – Vocabulário geral. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=TDZsTm5BQm9EZDBibmQzaEx5eDd-ZK2ltT25LMFJXSTIIOW4wekJySEppRT0=>. Acesso em agosto/2022

² D'Almeida, M.L.O. **A metrologia também se aplica à economia circular?** Revista *O Papel*, março de 2022, p 62-63.

³ *International Association of the Deinking Industry*. Disponível em: <https://www.ingede.de/>

⁴ Disponível em <<https://erec.info/ingede-research-for-paper-recycling/>. Acesso em agosto/2022.

⁵ *Sustainability* **2020**, 12(18), 7613. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12187613>. Acesso em agosto/2022.



Paletes tem medidas padronizadas?

Maria Luiza O. D'Almeida Lamardo
Marco Antonio Grecco D'Elia

Setembro 2022

Os paletes são estruturas complexas, cujas funções principais são: suportar cargas durante a armazenagem; viabilizar a movimentação de cargas, por meio do uso de garfo girante (paleteira) e empilhadeira; proporcionar melhor aproveitamento de espaço pela verticalização; proporcionar unitização de cargas; e dar agilidade ao transporte.

Várias matérias primas podem ser usadas na confecção de paletes, sendo também possível estruturas que combinam matérias primas diferentes. Os paletes mais comuns no mercado são os confeccionados com madeira pregada.

Para exercer adequadamente suas funções e evitar qualquer tipo de dano decorrente de sua má qualidade, os paletes devem estar adequados à finalidade a que se destinam, em outras palavras, devem suportar as forças a que serão submetidos. Paletes inadequados podem causar problemas de magnitude imprevisíveis, remetendo, por exemplo, a perda de mercadoria, atrasos nas entregas e acidentes.

O desempenho e comportamento de um paleta pode ser determinado por uma série de ensaios em laboratórios. Esses ensaios podem ser encontrados em normas técnicas. Existem 13 normas brasileiras sobre paletes, elaboradas pelas comissões de estudos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/NBR). No âmbito internacional, merecem destaque as normas da série ISO 8611 (International Organization for Standardization), por serem normas de consenso internacional, com grande abrangência de utilização e aceitação, principalmente pelos países da Comunidade Europeia (CE)¹.

A ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados) introduziu no mercado o paleta denominado PBR, no intuito de normalizar um modelo que pudesse servir a um maior número de segmentos industriais e de atores da cadeia de distribuição. Ele segue especificações técnicas rígidas e leva marcações que permitem reconhecer que é um paleta PBR e saber a data de sua fabricação e quem o fabricou. Embora tenha sido desenvolvido para o setor supermercadista, tem características que permitem seu uso para outros setores ou situações. Ele atende vários sistemas de estocagem e pode ser movimentado por diferentes tipos de equipamentos, como paleteiras, empilhadeiras e transelevadores.

Uma grande vantagem do paleta PBR é o fato de seu fabricante ter um credenciamento da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), que é obtido somente após a empresa passar por procedimentos técnicos administrativos realizados pela ABRAS.

O paleta PBR-1 versão 2019² é o modelo atual da ABRAS, formado por 14 tábuas (8 superiores, 3 inferiores e 3 de ligação) e nove blocos, tudo de madeira de eucalipto (*Eucalyptus spp*), unidos por meio de pregação. O lado maior do paleta tem 1200 mm e o menor 1000 mm, havendo uma tolerância de 5 mm para menos. A altura deve ser de 137 mm com tolerância de 5 mm para mais e para menos. O vão livre deve medir 99 mm com tolerância de 4 mm para mais e 5 mm para menos. O Quadro 1 mostra as dimensões de seus elementos.

Quadro 1 – Dimensões dos componentes de madeira do PBR-19

Item		Valor nominal, em mm	Menor valor permitido, em mm	Maior valor permitido, em mm
Tabua superior	Comprimento	1200	1195	1200
	largura	95	90	100
	Espessura	19	17	21
Tábua inferior	Comprimento	1200	1195	1200
	largura	125	120	130
	Espessura	19	17	21
Tábua de ligação	Comprimento	1000	995	1000
	Largura	125	120	130
	Espessura	19	17	21
Bloco	Altura	80	77	80
	Largura	125	120	130
	Comprimento	125	120	130

O Palete PBR (Figura 1) atinge com segurança a capacidade nominal de carga de 1200 kg na sua direção longitudinal, apoiado em estrutura porta-paleta (Figura 2). Capacidade nominal de carga é o maior valor de carga segura para determinada condição de utilização do paleta, independentemente do tipo de carga (excluindo cargas concentradas). A carga nominal é determinada utilizando uma distribuição de carga padronizada, por meio de barras de aço, sendo utilizada quando o tipo de carga e carregamento são variados, como no caso do Paleta PBR que terá sobre ele diversos tipos de embalagens (caixas, sacos, latas, etc.).

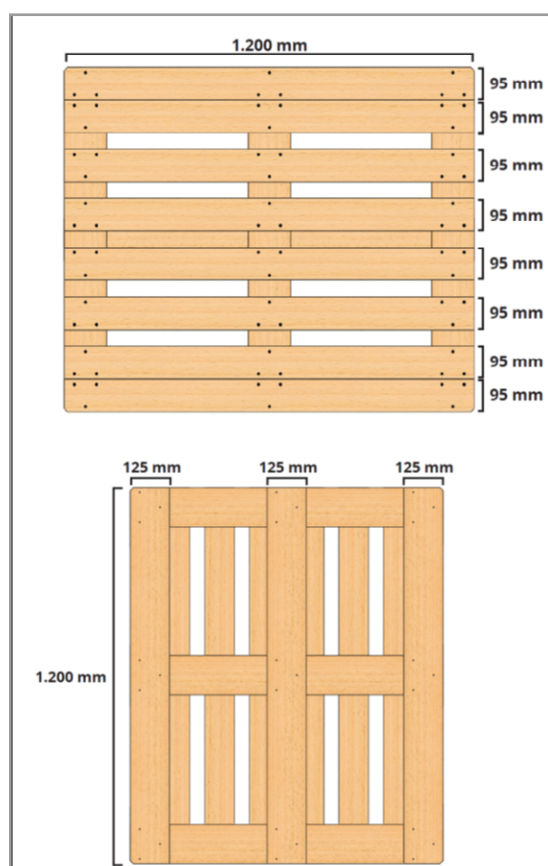
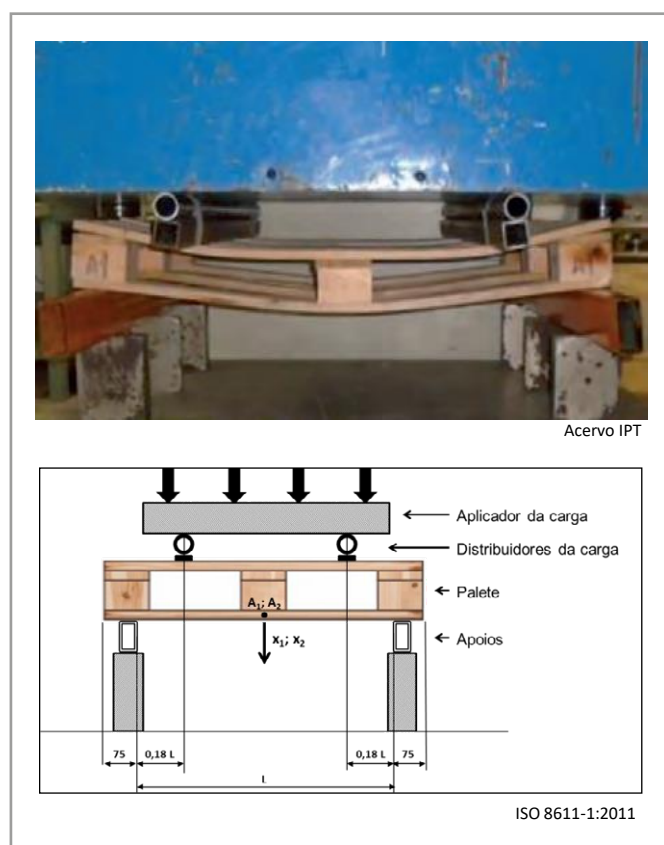
Figura 1 – Disposição das tábuas superiores e inferiores no PBR-1 versão 2019²

Figura 2 – Imagem de ensaio que remete a determinação de capacidade de carga do palete apoiado em estrutura porta-paletes



Na confecção dos Paletes PBR o fenômeno de dessorção-absorção de água pela madeira de acordo com a umidade relativa do ar é considerado, pois na dessorção (perda de água) há uma diminuição da espessura das tábuas, devido a retração da madeira, e na absorção (ganho de água) um aumento da espessura, devido ao inchaço da madeira. A capacidade nominal depende da espessura das tábuas e a faixa de variação permitida para as tábuas desse tipo de paleta é estreita (17 mm a 21 mm).

Afora o Paleta PBR com medidas dos elementos de madeira e de tipos de pregação dos mesmos padronizados pela ABRAS, não há, no Brasil, em larga escala, outras normatizações equivalentes.

A importância dos paletes nem sempre foi muito considerada pelas empresas, pois o foco estava normalmente no material que ele carrega. Entretanto, nos últimos anos, vem se dando mais atenção a essas estruturas, quer seja para a redução do custo do transporte das cargas (redução do peso dos paletes), quer seja pela redução da perda de cargas (melhor qualidade dos paletes), quer seja por regulamentos técnicos cada vez mais exigentes quanto à segurança do trabalho e impactos ambientais. Dessa forma, a avaliação da adequação do paleta ao uso a que se destina, por meio de ensaios em laboratórios, vem se tornando cada vez mais frequente e imprescindível.

Referências bibliográficas

¹D'Elia, M. A. G. et al. *Normas Brasileiras e Normas ISO para paletes: Uma reflexão*. Revista IPT | Tecnologia e Inovação v.4, n.14, ago.

²Abras- Paleta PBR – versão 2019. Disponível em: <https://www.abras.com.br/paleta-pbr/paleta-pbr-1-versao-2019>. Acesso em setembro/2022.



O que é Regulamentação Técnica e como ela se relaciona com a Metrologia?

Nilson Massami Taira
Olga Satomi Yoshida

Outubro 2022

A *Regulamentação técnica* (RT) busca garantir o cumprimento de requisitos de qualidade e de eficácia nos processos produtivos de bens e serviços na indústria, no comércio, na agricultura e serviços, e a Metrologia garante confiabilidade nas métricas destes requisitos de qualidade e eficácia. A RT é uma ação de Estado, tem caráter mandatório e envolve competências na esfera do poder público, da sociedade civil e da iniciativa privada. O que se busca com a RT e com o controle metrológico é estabelecer condições para que os produtores recebam pagamento correto pelo que produzem, e que os consumidores de bens e serviços recebam corretamente pelo que pagam.

Segundo Tirone¹, em seu documento *Regulamentação Técnica, Acordos Comerciais e Multilateralismo*:

Na regulamentação técnica, o poder público absorve e veicula conceitos e disciplinas gerados na esfera privada, em geral sob condições de atividade voluntária, cooperativa e consensual, consubstanciados na norma técnica. Esta, gerada em ambientes com tais características, oferece recursos intangíveis, que formam uma base de conhecimentos sobre o qual o Estado se apoia para erigir o arcabouço da regulamentação técnica. Nessa perspectiva, a dimensão colaborativa entre Estado e setor privado está na essência da regulamentação técnica, uma função pública em larga medida fundamentada na standardização, uma atividade eminentemente privada e voluntariamente exercida.

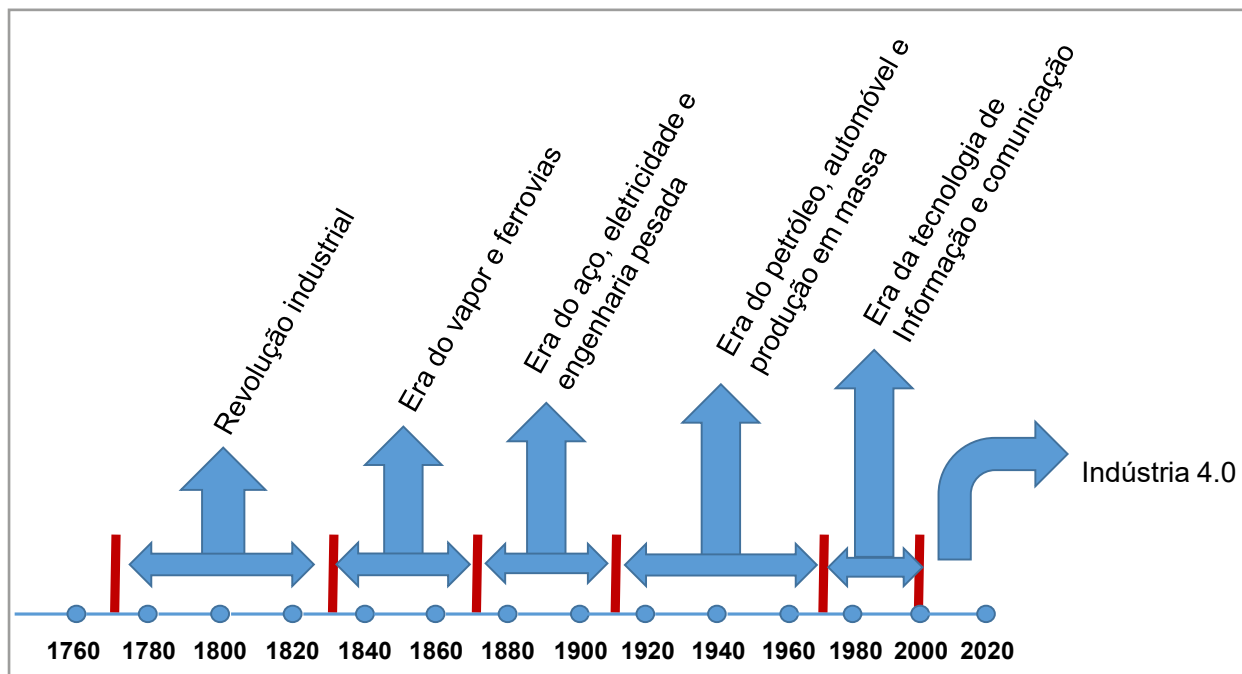
A *Regulamentação Técnica* difere da *Regulamentação Econômica*, embora ambas sejam estabelecidas pelo Estado. Na primeira tem-se requisitos de cumprimento compulsórios relacionados, principalmente, à saúde, segurança, preservação ambiental, bem-estar humano e animal e prevenção de práticas enganosas. Na segunda o foco é no funcionamento do mercado e no comportamento dos agentes¹.

As *Regulamentações técnicas* estão relacionadas direta ou indiretamente às questões técnico-econômicas advindas de mudanças tecnológica. A Figura 1 apresenta de modo simplificado a evolução ocorrida desde 1760 até os dias atuais, quando os países estão traçando suas rotas para a transformação digital. Deve ser destacado que a velocidade e modo como ocorrem as evoluções tecnológicas diferem entre os países, pois a prosperidade ocorre de forma desigual entre países.

Um exemplo de *Regulamentação Técnica* (RT) que afeta a todos os brasileiros é a que se aplica a medidores residências de água, de energia elétrica e de gás natural instalados pelas concessionárias para cobrança mensal da conta de água, energia elétrica e de gás natural. É a RT que estabelece quais modelos de medidores poderão ser utilizados pelas concessionárias para fins de medição para faturamento, bem como a obrigatoriedade da verificação dos medidores antes de saírem das fábricas e durante o seu tempo de uso que não deve ultrapassar 10 anos de utilização. Se um cidadão questionar a medição do consumo cobrada na fatura, a concessionária é obrigada a retirar o medidor e submete-lo a uma verificação de desempenho metrológico. As RTs

determinam o erro máximo admissível a estes medidores que é menor quando saem novos de fábrica e é maior após um tempo de uso. As RTs e controles metrológicos buscam colocar parâmetros técnicos confiáveis na relação comercial entre concessionária e cidadão.

Figura 1 – Mudanças tecnológicas ao longo do tempo.



Fonte: Adaptada de *Technology and Innovation Report 2021*²

Visto que as *Regulamentações Técnicas* (RT) junto com a *Metrologia* buscam garantir a qualidade e eficácia nos processos produtivos de bens e serviços em todos os setores da economia, a evolução do par *RT & Metrologia* em função das evoluções tecnológicas (Figura 1) é necessária, natural, e deverá progredir para atendimento das demandas futuras de padrão de qualidade da Indústria 4.0 e de dispositivos *IIoT* (*Industrial Internet of Things*) que não deixarão de depender de controles metrológicos, já que a *Regulamentação Técnica* não regulamenta sem controle metrológico, pois o que não se mede, não se verifica e não se controla.

Referências bibliográficas

¹ Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – ipea -2022. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10568/1/td_2650.pdf. Acesso outubro/2022.

² *United Nations* – Unctad/Tir/2020 – ISBN 978-92-1-113012-6



Por que existem diferentes expressões de unidade de vazão volumétrica de gás e como estas expressões impactam na interpretação de resultados?

Rui Gomez Teixeira de Almeida
Luciana Casciny Pacífico
Nelson Kanji Honma

Novembro 2022

Nos processos produtivos de uma indústria de papel ou celulose são realizadas continuamente medições de vazão de gases de diferentes tipos como gases combustíveis, gases industriais, ar seco, vapor d'água, gases de combustão e outros.

Na medição da vazão volumétrica de um gás é comum deparar-se com as seguintes expressões nos valores medidos: Nm^3/h , Sm^3/h , $\text{Std}\text{m}^3/\text{h}$, SCCM. A primeira significa *metro cúbico por hora nas condições normais*. A segunda e a terceira significam *metro cúbico por hora nas condições padrão* e a quarta significa *centímetro cúbico por minuto nas condições padrão*.

Embora essas expressões sejam amplamente difundidas em aplicações de medição de vazão de gases, de fato não estão em conformidade com a Sistema Internacional de unidades (SI) e isso reflete a necessidade de se estabelecer algumas condições de pressão e de temperatura de referência para o gás medido, tornando os valores medidos, de certo modo, comparáveis.

Para a medição da vazão volumétrica de um gás, a pressão e a temperatura do mesmo são parâmetros que devem ser claramente estabelecidos. Assim:

- o termo “normal” (normal) procede das *condições normais de temperatura e pressão* (CNTP) estabelecidas para o estudo dos gases na Físico-Química, ou seja, a temperatura de 0 °C (273,15 K) e a pressão de 1 atm (101 325 Pa). No entanto, a IUPAC (União Internacional da Química Pura e Aplicada) recomendou que o uso dessa pressão de 1 atm (pressão atmosférica normal), fosse descontinuado a partir de 1990. Por esta razão, também é possível encontrar declarações de CNTP onde a pressão de referência é de 100 kPa (1 bar)¹.
- o termo “padrão” (*standard*), por sua vez, está relacionado a diversas condições padronizadas de pressão e de temperatura que, em geral, são definidas por regulamentos, normas técnicas, pelos próprios fabricantes de medidores de vazão e/ou estão em conformidade com padronizações adotadas em setores regionais ou específicos da indústria. O Quadro 2 apresenta algumas condições padrão adotadas por diferentes bases normativas ou de regulação. Além disso, para uma condição padrão de pressão, uma vasta gama de valores de temperatura (0 °C, 15 °C, 20 °C e 21 °C) podem ser utilizados como referência. O Quadro 1 mostra algumas condições *standard* de referência adotadas por diferentes bases de normativas e de regulação no Brasil.

Quadro 1 – Condições de referência *standard* para diferentes bases normativas²

BASE NORMATIVA	CONDIÇÃO DE PRESSÃO DE REFERÊNCIA	CONDIÇÃO DE TEMPERATURA DE REFERÊNCIA
Normas norte americanas	101 325 Pa (14,696 PSI a)	15,55 °C (60 °F)
Normas ISO	101 325 Pa (14,696 PSI a)	15 °C (59 °F)
Normas AGA	101 560 Pa (14,73 PSI a)	15,55 °C (60 °F)
ANP / INMETRO ³	101 325 Pa	20 °C

ISO - International Organization for Standardization.

AGA - American Gas Association.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

A título de ilustração, a Figura 1a e a Figura 1b mostram dois exemplos de *display* de medidores de vazão volumétrica com as indicações de unidades de medida Nm^3/h e SCCM, ou seja, *metro cúbico por hora nas condições normais* e *centímetro cúbico por minuto nas condições padrão*.

Figura 1 – Exemplos de *display* de medidores de vazão volumétrica



A possibilidade do uso de expressões e condições de referência diferentes pode reter a erros de interpretação, tanto dos resultados de medição como dos de calibração de medidores de vazão volumétrica de gases. Desse modo, é importante realizar a conversão da vazão volumétrica ou do volume de gás medido nas condições de medição para as condições de referência definidas, considerando o volume que a mesma massa de gás nas condições de medição ocuparia se estivesse nas condições de pressão e de temperatura de referência.

Para realizar a conversão é necessário determinar a massa específica do gás nas condições de medição e nas condições de referência. Há diversas formas de se determinar esses valores, entre elas: tabelas termodinâmicas de massa específica de referência do gás; aplicação direta da Lei de Boyle (sem conversão de temperatura); equação geral dos gases perfeitos ($PVT = \text{constante}$); equações dos gases reais que levam em conta os fatores de compressibilidade do gás. É importante ressaltar que, ao aplicar a Lei de Boyle ou as outras equações, deve-se utilizar as condições

absolutas de pressão e de temperatura. Também, deve ser entendido que quanto mais se simplifica o modelo matemático utilizado, mais incerteza se introduz nos resultados obtidos na conversão.

Para ilustrar o exposto, vamos considerar um caso hipotético de um medidor de vazão volumétrica para ar cujos resultados de calibração foram declarados para uma condição de referência padrão de 101,325 kPa de pressão absoluta (pressão manométrica + pressão atmosférica local) e temperatura de 20 °C (293,15 K). Se este medidor estiver medindo uma vazão volumétrica de ar de 75 m³/h à pressão absoluta de 860 kPa (correspondente à 760 kPa de pressão manométrica e 100 kPa de pressão atmosférica local) e temperatura do ar de 35 °C (308,15 K), para converter a vazão medida nas condições de operação para as condições de referência e comparar com os resultados do certificado de calibração, podemos aplicar a lei dos gases ideais, conforme a equação a seguir:

$$P_r.V_r/T_r = P_m.V_m/T_m \rightarrow (101,315 \cdot V_r)/(20+273,15) = (100+760) \cdot 75/(35+273,15) \rightarrow V_r = 605,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

onde:

P_r : pressão absoluta na condição de referência (kPa)

V_r : vazão volumétrica na condição de referência (m³/h)

T_r : temperatura absoluta na condição de referência (K)

P_m : pressão absoluta do gás na condição de operação (kPa)

V_m : vazão volumétrica indicada na condição de operação (m³/h)

T_m : temperatura absoluta do gás na condição de operação (K)

A partir desta conversão é possível, por exemplo, comparar os resultados da medição com os resultados reportados no certificado de calibração do medidor para a aplicação de uma eventual correção, ou avaliar se o desempenho do medidor está ou não adequado ao uso pretendido ou tomar outra decisão aplicável.

É interessante lembrar que em casos de líquidos de grande valor agregado, como gasolina e líquidos combustíveis por exemplo, também são consideradas as condições de referência. Claro que nesse caso as conversões implicam em valores bem menos impactantes considerando as condições para gás e trataremos em outro artigo.

Referências bibliográficas

Calvert, J. G.. "Glossary of atmospheric chemistry terms (Recommendations 1990)" *Pure and Applied Chemistry*, vol. 62, n°. 11, 1990, pp. 2216. Disponível em: <https://doi.org/10.1351/pac199062112167>. Acesso em novembro/2022.

²Disponível em: <https://www.controlandinstrumentation.com/flow/standard.html>. Acesso em novembro/2022.

³ Resolução Conjunta ANP/Inmetro n°.1, de 10 de junho de 2013. Disponível em: <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC001995.pdf>. Acesso em novembro/2022.



Medição de vazão volumétrica ou totalização de volume de um fluido: onde aplicar cada caso?

Felipe Jaloretto da Silva

Dezembro 2022

O escoamento de um fluido em um conduto fechado com uma seção de área definida, remete comumente a duas formas de caracterizar o fenômeno: a primeira, por meio da determinação da velocidade média do escoamento do fluido através da área interna do conduto e, a segunda, por meio da quantificação do volume totalizado de fluido escoado ao longo de um período definido.

Ambas formas de analisar um escoamento podem ser sujeitas à medição, sendo que **há situações em que é mais interessante conhecer o volume totalizado de um fluido e outras onde a vazão volumétrica é a grandeza** mais apropriada à aplicação.

Por exemplo, a utilização de totalizadores de volume é mais indicada em casos onde o consumo de fluido precisa ser conhecido, como a quantidade de gás queimado em uma caldeira durante o mês, ou o volume de água utilizado na mistura com a polpa de celulose. De fato, a totalização do volume de um fluido é importante quando é utilizado como parte integrante de um processo e, geralmente, está mais relacionada aos processos não contínuos ou quando é necessário quantificar o consumo de uma dada utilidade ou matéria prima em período de tempo específico como, por exemplo, gás natural, GLP, água, reagentes e aditivos.

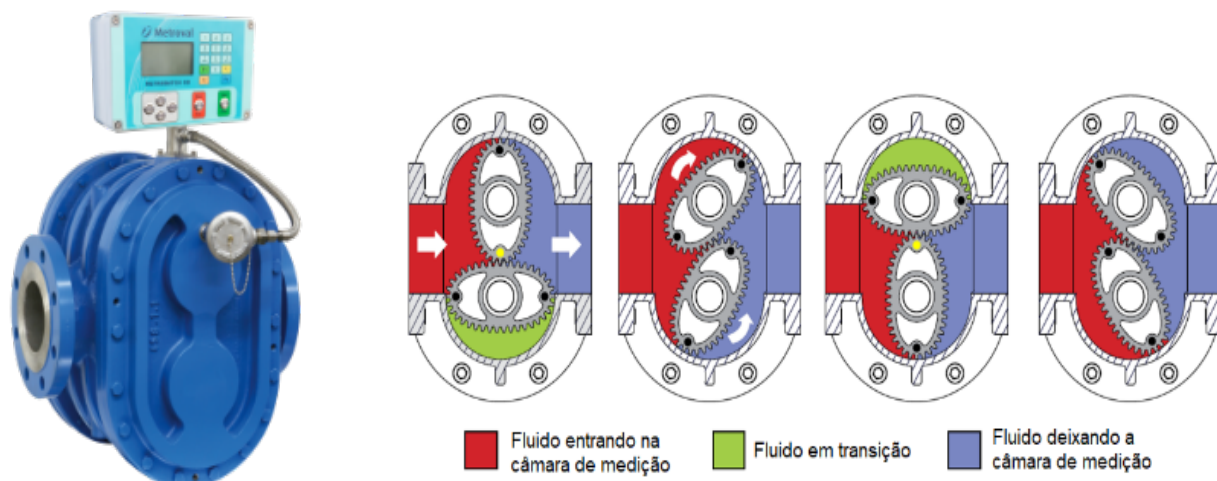
Por sua vez, a vazão volumétrica instantânea de um fluido, como o vapor d'água, pode ser mais importante do que o volume consumido ao longo de um tempo. Isso porque a sua utilização para os processos que envolvam trocas de calor depende muito mais do seu tempo de trânsito através de um trocador, fato que determina se a troca de calor será mais ou menos eficiente. O uso de vapor em um processo industrial é essencial, por exemplo, no acionamento de equipamentos, onde há relação direta com a vazão do vapor. A mesma analogia vale para o escoamento de água em um determinado sistema de movimentação de máquinas ou em processo de diluição de componentes. Nos processos industriais, o controle e a medição de vazão de fluidos **são mais importantes em processos contínuos. Nestas situações**, muitas vezes mede-se a velocidade média do escoamento do fluido que, através de uma área conhecida, representará a sua vazão.

Embora o fenômeno físico seja, na maioria das vezes, um escoamento através de uma tubulação, a escolha do tipo de medição, ou seja, vazão ou volume, exige medidores com características diferentes.

Totalizadores de volume

Os totalizadores de volume normalmente têm seu princípio de funcionamento baseado no preenchimento de um volume interno conhecido, o qual se desloca à medida que o fluido escoar através dele. É o caso, por exemplo, do totalizador de volume do tipo deslocamento positivo por engrenagens ovais (Figura 1).

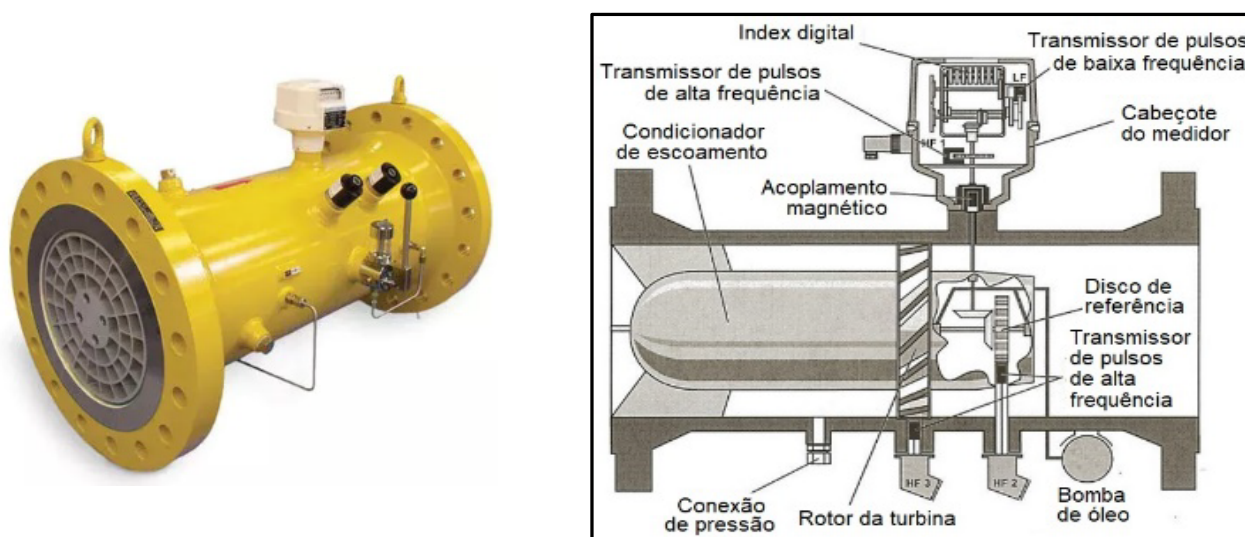
Figura 1 – Totalizador de volume do tipo deslocamento positivo por engrenagens ovais



Fonte: <https://metroval.com.br>

Da mesma forma, há **medidores** que utilizam a energia cinética do escoamento do fluido para girar um rotor que, por sua vez, transmite a um contador mecânico a quantidade de voltas desse rotor. O volume de fluido escoando **é**, então, relacionado **à** quantidade de voltas dadas pelo rotor. Este tipo de medidor é denominado como do tipo turbina (Figura 2). Embora esses medidores tenham aplicação na totalização de volumes de gases e líquidos, quando associados a uma instrumentação complementar podem, também, ser utilizados na medição de vazão.

Figura 2 – Medidor de gás do tipo turbina



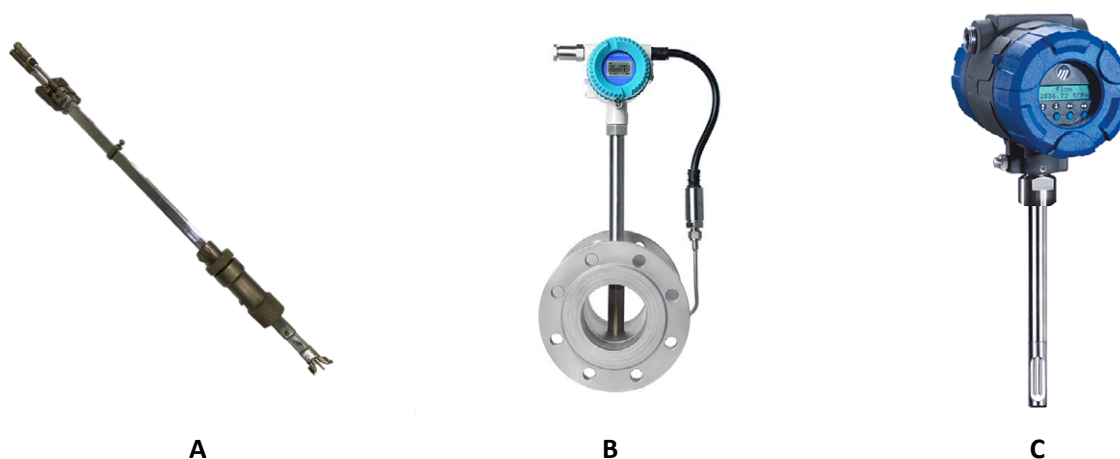
Fonte: <https://process.honeywell.com>

Medidores de vazão

Os medidores de vazão de fluidos normalmente se baseiam na determinação da velocidade média do escoamento do fluido, a qual é multiplicada pela área da seção transversal onde há um sensor instalado para se obter a vazão. Isso pode ser feito de **várias** formas, valendo-se de diferentes princípios físicos: por meio da medição da pressão diferencial do fluido em um escoamento, da troca de calor entre um sen-

sor e o fluido, da energia necessária para manter a temperatura constante em um sensor, da diferença de tempo de trânsito de pulsos ultrassônicos através de um escoamento, da frequência de geração de **vórtices por uma** obstrução imersa no escoamento, entre outros. A Figura 3 mostra imagens de alguns desses sensores.

Figura 3 – Sensores para medição de vazão: (A) tubo de Pitot do tipo Cole, (B) medidor do tipo vórtice e (C) medidor do tipo mássico térmico



Fontes: (A) acervo do IPT / (B) e (C) <https://www.alutal.com.br>

Nas aplicações industriais, as medidas de escoamentos de fluidos, quer por vazão ou volume, podem ter várias finalidades, dependendo de quais fluidos estão envolvidos nas operações unitárias dos seus processos. Entretanto, por mais madura e consolidada que seja uma tecnologia de medição, os equipamentos precisam medir com exatidão, repetir o mesmo valor para o mesmo fenômeno e reproduzir o mesmo valor medido caso o mesmo fenômeno ocorra em locais diferentes. Esta necessidade parece óbvia, mas nem sempre um medidor, seja de volume ou de vazão, é capaz de atender a essas características, e para que seja confiável existem processos metrológicos muito bem definidos, como a calibração do medidor em laboratório acreditado, que avaliam as características metrológicas do equipamento.

ANO
2023



Quais são as principais soluções metrológicas para informações geométricas e dimensionais?

Douglas Mamoru Yamanaka
Carlos Alberto Fabrício Junior

Janeiro 2023

Diversas são as soluções metrológicas para se obter informações geométricas e dimensionais em objetos em geral. Técnicas consagradas e amplamente utilizadas tanto na indústria, quanto em laboratórios de controle de qualidade convivem lado a lado com tecnologias recentes desenvolvidas nas últimas décadas e são opções para resolver a maioria dos problemas relacionados à necessidade de informações relativas às características físicas dimensionais de um material ou objeto, para qualquer que seja sua aplicação, como controle da qualidade em indústria e desenvolvimento de pesquisas.

Os parâmetros mais usualmente determinados são os referentes às características geométricas básicas e à avaliação superficial. Deve ser ressaltado que eles não esgotam as possibilidades existentes no mercado da metrologia dimensional, nem pretendem se apresentar como soluções absolutas, mas são citados apenas como exemplos dentro do grande leque instrumental existente do controle dimensional.

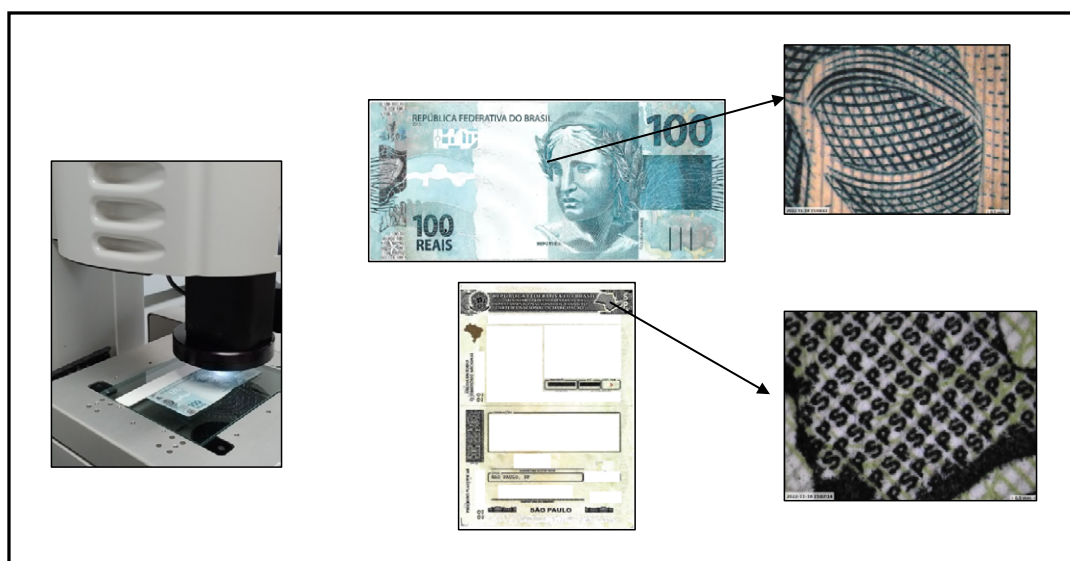
Em relação às características geométricas básicas os parâmetros mais usuais em termos de análise dimensional são: comprimento, largura e espessura. Para a medição de comprimento e largura é mais comum ser utilizada uma régua de aço calibrada. Na medição de espessura o uso da régua torna-se impraticável quando a espessura do objeto é menor em relação à menor divisão de qualquer régua de aço calibrada disponível no mercado, usualmente 0,5 mm. Para esta situação, costuma-se empregar o micrômetro ou o medidor de espessura, ambos possuindo resoluções da ordem de milésimos, geralmente suficientes para determinação da característica de interesse.

A avaliação superficial também consiste em um parâmetro importante, pois dependendo do material sua superfície pode influir em sua finalidade. Por exemplo, no caso do papel para imprimir, sua superfície, se não lisa o suficiente, pode influir diretamente na qualidade da impressão e na quantidade de tinta usada.

O microscópio óptico tem sido um equipamento amplamente utilizado para verificação de superfícies, tendo passado por muitos avanços tecnológicos com a finalidade de atender diversas demandas por informações específicas. Pode contar com lentes com diversas ampliações além de poder ter réguas com resolução centesimal, ou milesimal, neste caso quando equipado com tambores micrométricos.

Análises de superfície também podem ser realizadas com o emprego do equipamento de medição por coordenadas óptica, ou seja que tem eixos coordenados X, Y e Z e como sensor de medição uma lente que projeta em tela de computador a imagem do artefato e seu perfil. Neste tipo de equipamento é possível ter disponível recursos de construção geométrica de elementos via *software* (raios, círculos, ângulos, pontos de intersecção entre vários), além da construção de programas que possibilitam medições automatizadas. Para ilustrar, a Figura 1 apresenta o uso de equipamento deste tipo em cédula de valor de 100 reais e em Carteira Nacional de Habilitação (CNH), onde detalhes de dois pontos são mostrados, respectivamente.

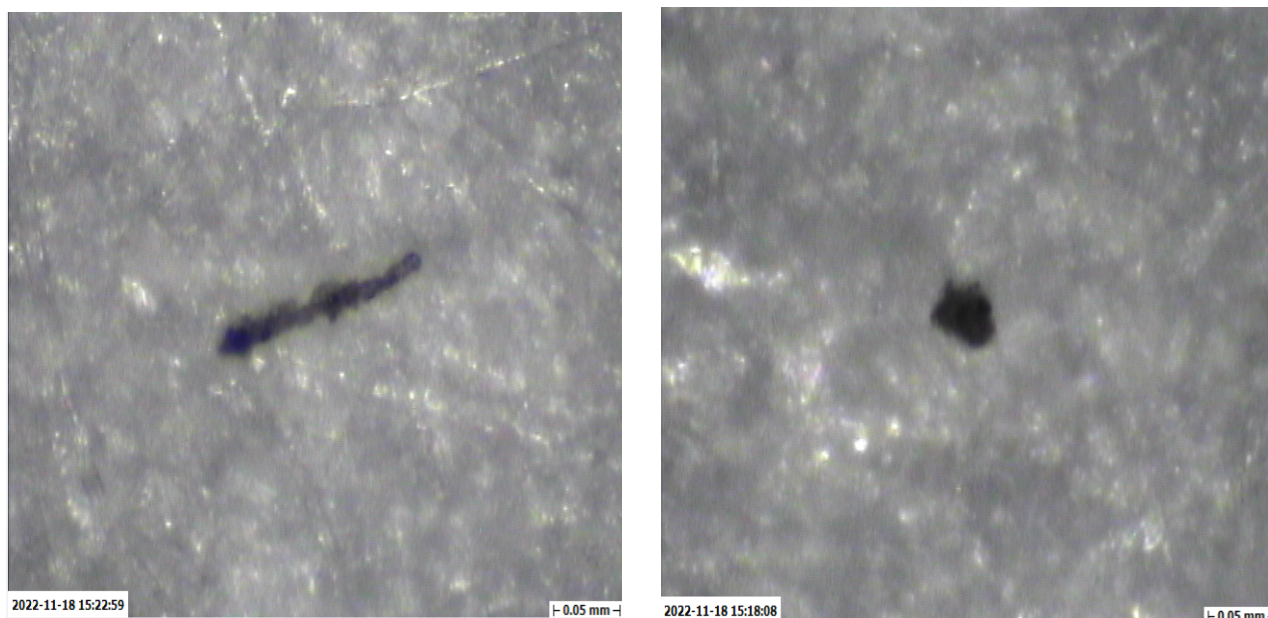
Figura 1 – Imagem de máquina de medição de coordenadas ópticas e detalhes de regiões de cédula de 100 reais e de CNH



Fonte: Acervo IPT

Outro exemplo da aplicação do equipamento de medição por coordenadas ópticas é a determinação de elementos estranhos em superfície de papel que não são visíveis a olho nu, como mostra a Figura 2. Esse equipamento pode chegar a um aumento de até 1000X.

Figura 2 – Imagens de elementos estranhos detectados aleatoriamente em uma das faces de uma folha de papel offset retirada de uma resma de marca disponível na praça



Fonte: Acervo IPT

Considerado um parâmetro microgeométrico, o instrumento convencional de medição de rugosidade não possibilita uma avaliação fidedigna do resultado apresentado, uma vez que o sensor, durante a medição da rugosidade em uma superfície, como por exemplo a do papel, poderia provocar riscos e chances de rasgamento indesejáveis.

veis na amostra, o que remeteria, eventualmente, a avaliações falseadas, comprometendo os resultados obtidos.

Com o advento do rugosímetro óptico, com medição sem-contato, tornou-se possível a avaliação de rugosidade em amostras de papel, sem qualquer perigo de se danificar a amostra. Este equipamento, que é um microscópio de varredura a laser 3D com sistema óptico confocal, possibilita a análise de superfícies com a extração de informações relativas à sua rugosidade.

Há, também, equipamentos desenvolvidos para materiais específicos. Por exemplo, no caso do papel a rugosidade pode ser determinada indiretamente pelo equipamento Bendtsen empregando a norma ABNT NBR NM ISO 8791-2:2001¹ correlata a ele. Esse equipamento determina a aspereza da superfície do papel ou cartão fixando um corpo de prova desse material entre uma superfície plana e um anel metálico circular e, em seguida, ar é suprido a uma pressão de 1,47 kPa na área interna do anel e a velocidade de fluxo de ar que passa entre o anel e o corpo de prova é medida. O resultado é a média aritmética das leituras obtidas para a vazão de ar, expressa como *Aspereza Bendtsen*, em milímetros por minuto (mL/min).

Outro exemplo são os micrômetros de peso morto destinados à medição da espessura de papel, que têm que estar em conformidade com as medidas e requisitos indicados na norma ABNT NBR NM ISO 534:2006².

Vários equipamentos e procedimentos, alguns normalizados, estão disponíveis para determinação de medidas dimensionais, sendo que a escolha deles depende do tipo de informação buscada e da finalidade para a qual ela será usada.

Referências bibliográficas

¹Associação Brasileira de Normas Técnica. ABNT NBR NM ISO 8791- 2. **Papel e cartão - Determinação da aspereza ou lisura (método de fuga de ar)- Parte 2**. 2001,13 páginas.

²Associação Brasileira de Normas Técnica. ABNT NBR NM ISO 534. **Papel e cartão - Determinação da espessura, densidade e volume específico**. 2006,15 páginas.



O que é rastreabilidade em metrologia?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Luciana Casciny Pacífico

Fevereiro 2023

O termo rastreabilidade é muito conhecido pelos fabricantes de produtos de celulose e papel, mas relacionado ao caminho percorrido pelo produto desde sua origem, envolvendo o controle da qualidade e a cadeia de logística pelo qual passa.

Este tipo de rastreabilidade não ocorre somente no setor de celulose e papel, mas em todos os setores e, dependendo de sua importância, está sob exigências de leis, como é o caso das leis 11.903/2009 e 13.410/2016 que criaram o Sistema Nacional de Controle de Medicamentos¹ (SNCM), com o objetivo de oferecer maior segurança a usuários e profissionais em relação aos medicamentos utilizados, como também um maior controle de produção e de logística.

Por outro lado, quando se trata de metrologia, o termo rastreabilidade tem outro significado, embora também encerre, de certo modo, o conceito de “histórico”. O *Vocabulário Internacional de Metrologia* (VIM)², define rastreabilidade metrológica como: “*Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição*”. Assim, em metrologia, o termo rastreabilidade de uma medição está associado ao histórico de seu valor até um *padrão de medição*.

Ainda, segundo o VIM², *padrão de medição* procede da “*Realização da definição duma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência*” No caso, o termo *realização* engloba: a realização física da unidade a partir de sua definição; a construção de um padrão altamente reprodutível baseado num fenômeno físico (como o emprego de lasers estabilizados em frequência para construir um padrão do metro); a adoção de uma medida materializada como padrão (como, por exemplo, o de 1 kg com uma incerteza padrão de 3 µg). O VIM traz várias definições relacionadas a padrões de medição (Quadro 1).

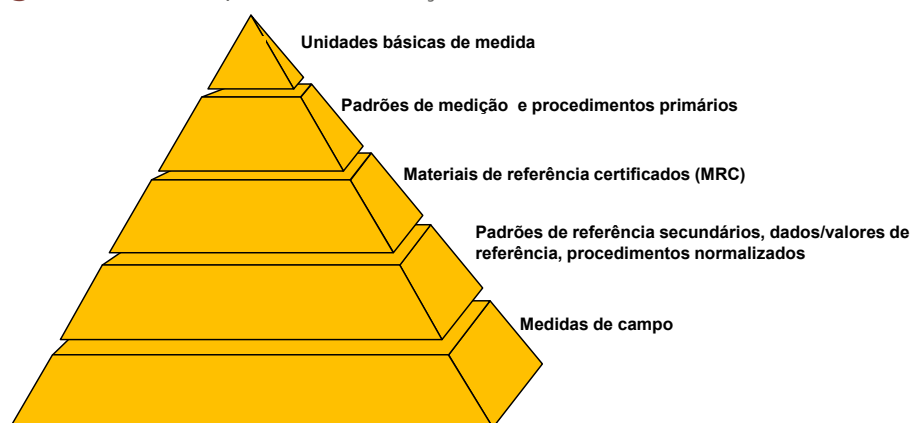
Quadro 1 – Tipos de padrões de referência²

DENOMINAÇÃO	DEFINIÇÃO
Padrão de medição internacional	Padrão de medição reconhecido pelos signatários de um acordo internacional, tendo como propósito a sua utilização internacional.
Padrão de medição nacional	Padrão de medição reconhecido por uma entidade nacional para servir dentro de um Estado ou economia, como base para atribuir valores a outros padrões de medição de grandezas da mesma natureza.
Padrão de medição primário	Padrão de medição estabelecido com auxílio de um procedimento de medição primário ou criado como artefato, escolhido por convenção. O procedimento de medição primário é aquele utilizado para obter um resultado de medição sem relação com um padrão duma grandeza de mesma natureza.
Padrão de medição secundário	Padrão de medição estabelecido por intermédio de uma calibração com referência de um padrão de medição primário de uma grandeza da mesma natureza.
Padrão de medição de referência	Padrão de medição estabelecido para calibração de outros padrões de grandezas da mesma natureza numa dada organização ou num dado local.
Padrão de medição de trabalho	Padrão de medição que é utilizado rotineiramente para calibrar ou controlar instrumentos de medição ou sistemas de medição. Esse tipo de padrão é, geralmente, calibrado em relação a um padrão de medição de referência. Muitas vezes também é denominado como padrão de controle.
Padrão de medição itinerante	Padrão de medição, algumas vezes de construção especial, destinado para ser transportado entre diferentes locais.
Padrão de medição intrínseco	Padrão baseado em uma propriedade intrínseca e reprodutível de um fenômeno ou de uma substância. O adjetivo intrínseco não significa que o padrão possa ser implementado e utilizado sem cuidado especial ou que ele seja imune a influências internas e externas. Um padrão de medição intrínseco geralmente consiste em um sistema produzido de acordo com requisitos de um procedimento de consenso e submetido a uma verificação periódica. A sua incerteza de medição é determinada ao se considerarem duas componentes: a primeira associada ao seu valor de consenso e a outra associada a sua construção, implementação e manutenção.
Material de referência (MR)	Material suficientemente homogêneo e estável em relação a propriedades específicas, preparado para se adequar a uma utilização pretendida em uma medição ou em um exame de propriedade qualitativa. Os materiais de referência compreendem materiais que dão suporte a grandezas e a propriedades qualitativas. Os materiais de referência com ou sem valores atribuídos podem ser utilizados para controlar a precisão de medição. Apenas materiais de referência com valores atribuídos (materiais de referência certificado) podem ser utilizados para calibração ou para controle da veracidade de medição.
Material de referência certificado (MRC)	Material de referência acompanhado de uma documentação emitida por uma entidade reconhecida, a qual fornece um ou mais valores de propriedades com as incertezas e as rastreabilidades associadas, utilizando procedimentos válidos.
Dado de referência	Dado relacionado a uma propriedade de um fenômeno, corpo ou substância, ou a um sistema de constituintes de composição ou estrutura conhecida, obtido a partir de uma fonte identificada avaliado criticamente e verificado em relação e exatidão. Por exemplo, dados de referência relacionados à solubilidade de compostos químicos publicados pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).
Dado de referência normalizado	Dado de referência emitido por uma entidade reconhecida. Por exemplo valores das constantes físicas fundamentais avaliadas e recomendadas pelo CODATA (Committee on Data) do ISC (International Science Council).

Segundo as definições apresentadas no Quadro 1, um padrão de medição secundário é estabelecido a partir do padrão primário. Por sua vez, quando um padrão secundário é usado para estabelecer um novo padrão, este será denominado de padrão terciário e assim por diante. Entretanto, deve ser ressaltado que à medida que nos afastamos do padrão primário a incerteza do valor medido aumenta, pois, como mostra a própria definição de rastreabilidade metrológica do VIM, a cada etapa da cadeia de rastreabilidade há uma incerteza associada ao resultado de medição.

Na rastreabilidade metrológica de medidas a forma clássica geralmente usada para mostrar uma hierarquia é a apresentada na Figura 1. Entretanto, Granosvskii³ pontua que a metrologia como ciência e prática da medida, passará por transformação para atender as novas realidades de medição da esfera técnica da indústria, onde se necessita, por exemplo, comparação indireta com medidas procedentes de instrumentos de medição, transdutores de medição, plantas e sistemas de medição entre outros. Nesse universo as medições tornam-se mais complexas criando novos desafios para a metrologia, tais como: sistemas de unidades bem fundamentados, desenvolvimento de padrões de referência; garantia de rastreabilidade; processamento de dados de medição; introdução e determinação de características metrológicas. Segundo o autor, à medida que esse ambiente se torna mais complexo, pode ser que haja necessidade de descentralização dos sistemas de rastreabilidade com base em medidas objetivas finais estáveis.

Figura 1 – Exemplo de ilustração da rastreabilidade de medidas



Fonte: Autor

Independente dos avanços da indústria na direção de uma maior automação, a rastreabilidade de medidas ainda deverá ser garantida, para manter o controle e a confiabilidade dos processos. Na área de química analítica, há inclusive uma organização internacional, CITAC⁴ (*Cooperation in International Traceability in Analytical Chemistry*), composta por membros de todos os continentes, e tendo presidente e secretários eleitos a cada três anos, que desenvolve novas diretrizes no campo da metrologia em química, sempre em cooperação com organizações irmãs internacionais, como a Eurachem⁵ e a IUPAC⁶. O CITAC organiza conferências e workshops, visando promover a colaboração entre as organizações existentes para melhorar a comparabilidade internacional das medições químicas.

A rastreabilidade metrológica, tal como aqui apresentada, sempre deverá estar presente em qualquer tipo de medição que deva ter confiabilidade.

Referências bibliográficas

¹ Sistema Nacional de Controle de Medicamentos. Disponível em <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-monitoramento/rastreabilidade>. Acesso em fevereiro/2023

² Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM). Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/innovacao/publicacoes/vim_2012.pdf. Acesso em fevereiro/2023

³ Granovskii, V. *Metrology in the future: two scenarios for methodology and industry*. Journal of Physics: Conf. Series 1065 (2018) 072026.

⁴ CITAC- Cooperation in International Traceability in Analytical Chemistry – Disponível em: <https://www.citac.cc/>. Acesso em fevereiro/2023

⁵ Eurachem. Disponível em: <https://www.eurachem.org/>. Acesso em fevereiro/2023

⁶ IUPAC- International Union of Pure and Applied Chemistry. Disponível em: <https://iupac.org/>. Acesso em fevereiro/2023.



É possível realizar uma transformação digital em um ensaio comum de laboratório?

Douglas Mamoru Yamanaka
Fabiano Ferreira Chotoli

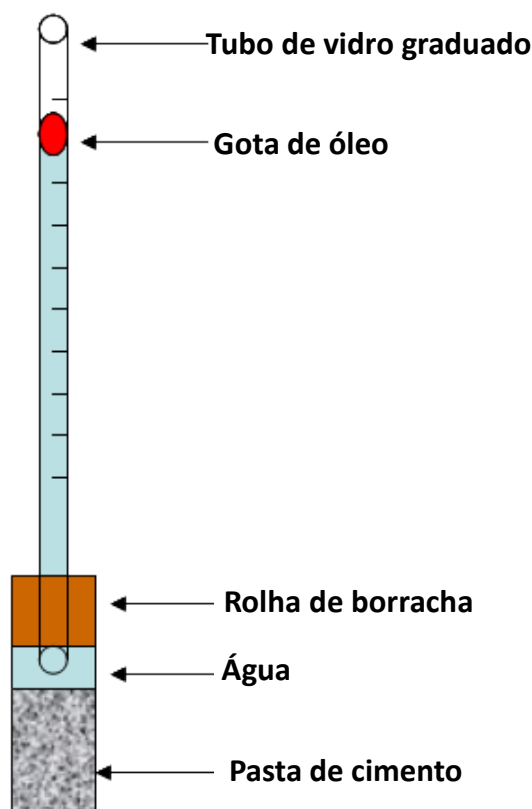
Março 2023

O desafio de Transformação Digital nem sempre é fácil, mas não quer dizer que seja impossível.

O *Laboratório de Materiais para Produtos de Construção (LMPC)* executa um ensaio que envolve a medição da retração ou expansão de uma pasta de cimento contida em um frasco de vidro. A esse frasco está acoplado um tubo de vidro graduado (Figura 1), no qual é colocada água até um determinado nível da escala. O fundamento é medir a variação do nível de água (menisco do tipo convexo) ao longo do tempo, variação essa relacionada diretamente à variação de volume, conforme ocorre a expansão ou retração da massa de cimento. Pode-se utilizar corpo flutuante, de óleo ou polimérico, para facilitar a visualização do menisco. O desejo do LMPC é automatizar o sistema de leitura, ou seja, da variação do menisco de água na coluna de vidro graduada. Por meio dessa variação é possível determinar o volume de água deslocado na expansão ou retração do cimento ao longo do tempo e calcular cada ponto medido em mililitro por grama de cimento (mL/g).

Várias soluções de graus diferentes de complexidade foram apresentadas por equipes do IPT, para atender o desejo do *Laboratório de Materiais para Produtos de Construção*. Isto ocorreu no âmbito de *Desafio de Transformação Digital* promovido internamente pela Instituição,

Figura 1 – Ilustração do aparato usado no ensaio (modificada de Scrivener¹)



O uso de trena a laser², por exemplo, considerada simples e de processo de fácil entendimento, foi empregada para medir a variação da altura da água contida no tubo de vidro graduado. O laser é alinhado na parte superior do tubo de vidro graduado, onde um flutuador é colocado sobre a coluna de água contida no tubo, a fim de servir de anteparo para a reflexão do feixe de laser. A aquisição dos dados é feita através do OCR (*Optical Character Recognition*) desenvolvido pelo Laboratório de Metrologia Elétrica (LME) do IPT. As medidas são registradas em um computador com auxílio de um webcam que visualiza o display da trena, segundo o tempo de coleta de medição estipulado pelo analista (Figura 2). Com os dados obtidos é possível construir um gráfico relacionando as distâncias medidas com o volume. Pela técnica da trena esta correlação se mostrou muito boa (Figura 3).

Figura 2 – Esquema do procedimento para aquisição dos dados.

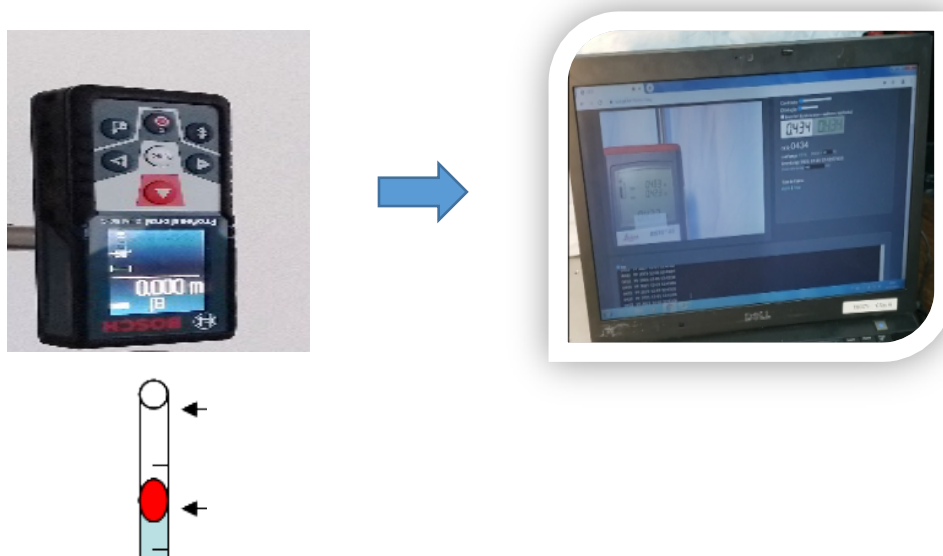
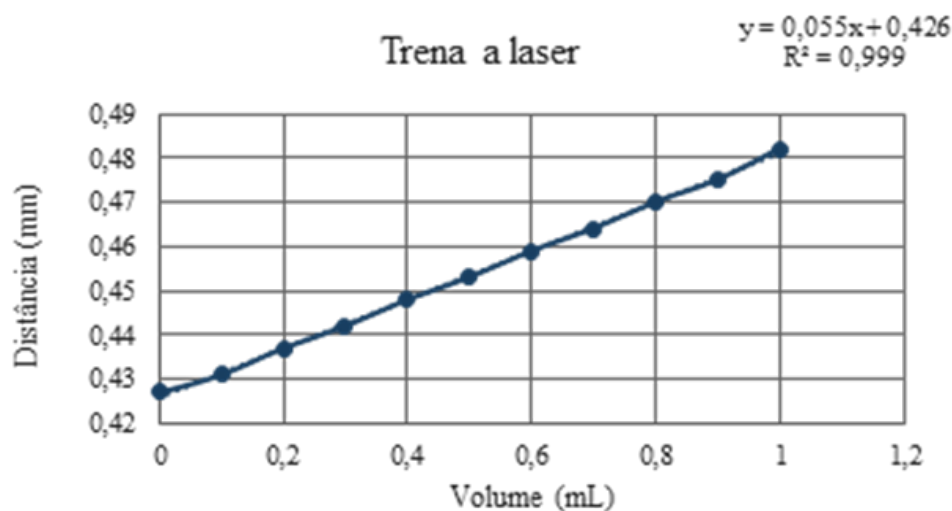


Figura 3 – Gráfico de correlação entre a distância e o volume pela técnica da trena a laser



Soluções mais complexas, trazendo por sua vez informações mais completas também foram apresentadas. Dentre elas podem ser citadas a que envolve o uso de sensor capacitivo e a que envolve o uso de sensor LVDT.

O sensor capacitivo³ trata-se de uma estrutura inserida diretamente no tubo de vidro graduado, de forma que o princípio de medição do nível de água corresponde à variação do nível do dielétrico no interior do capacitor, sendo assim possível medir variações do volume de água. Neste caso o que se mede é a capacitância intrínseca do capacitor sem água no seu interior, tendo-se um fator K em função do nível de água no interior do tubo de vidro graduado.

A solução que utiliza a arquitetura do LVDT – *Linear Variable Differential Transformer* (Transformador Diferencial Variável Linear, em português) emprega basicamente um transdutor composto por um núcleo de material ferromagnético, sendo o deslocamento mecânico medido eletricamente depois da indução eletromagnética. Esta solução foi escolhida como a mais adequada para essa transformação digital e envolve conceitos mais complexos.

Pode-se concluir que, para cada desejo de automatização de sistema de aquisição de dados de medição, uma solução considerando custos/benefício pode ser desenhada. No entanto, vale ressaltar que, geralmente essas soluções envolvem pessoal técnico com capacitações específicas.

Referências bibliográficas

¹Scrivener, K.; Snellings, R.; Lothenbaxh, B. ***A practical guide to microstructural analysis of cementitious materials***. ISBN 9781138747234, 2017

²Componentes da equipe que apresentou essa solução: Antônio Francisco Gentil Ferreira Junior, Douglas Mamoru Yamanaka, João Gabriel Arrojado Righetti, João Henrique Angelo, Roberto Romano e Sara Gomes Mello

³ Componentes da equipe envolvida em sensor capacitivo: Antônio Francisco Gentil Ferreira Junior, Douglas Mamoru Yamanaka, João Gabriel Arrojado Righetti, João Henrique Angelo, Roberto Romano e Sara Gomes Mello



Qual é a importância do magnetismo?

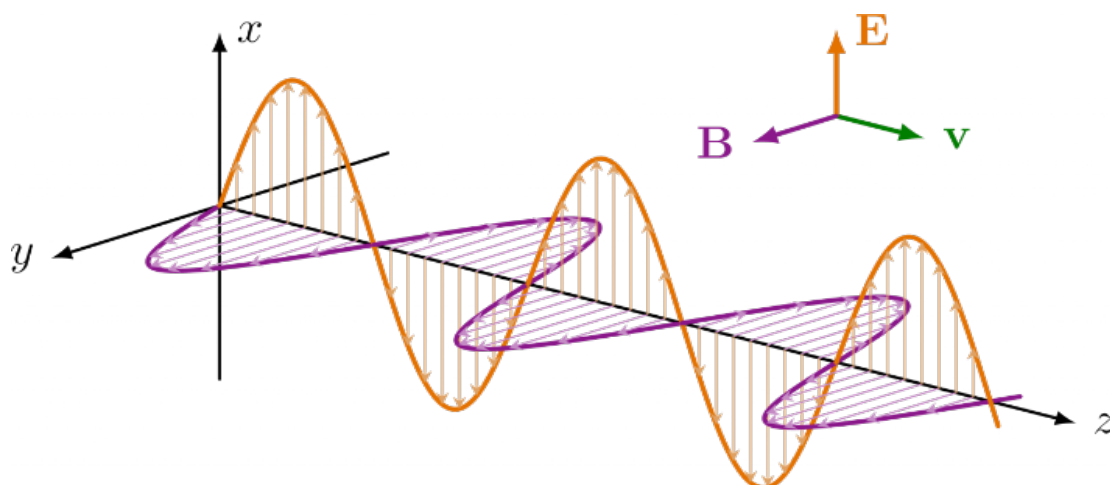
Ramon Valls Martins

Abril 2023

O magnetismo é pouco comentado perante sua importância. Basta ressaltar que a humanidade não existiria se não fosse o campo magnético da terra, que a protege da radiação do espaço, sendo esse campo o escudo que impede que o vento solar arraste a nossa atmosfera. Sem esta proteção, nosso planeta seguiria a história de Marte, que provavelmente se tornou um planeta estéril após a extinção de seu campo magnético.

O magnetismo está presente praticamente em todas as cadeias produtivas industriais. Por exemplo, toda a geração, transmissão e transformação da energia elétrica está baseada no magnetismo. O campo magnético e o elétrico são entidades inseparáveis (Figura 1), e o eletromagnetismo é um atributo inerente à natureza da matéria..

Figura 1 – Propagação de ondas eletromagnéticas em que o campo magnético B e o elétrico E estão intimamente relacionados



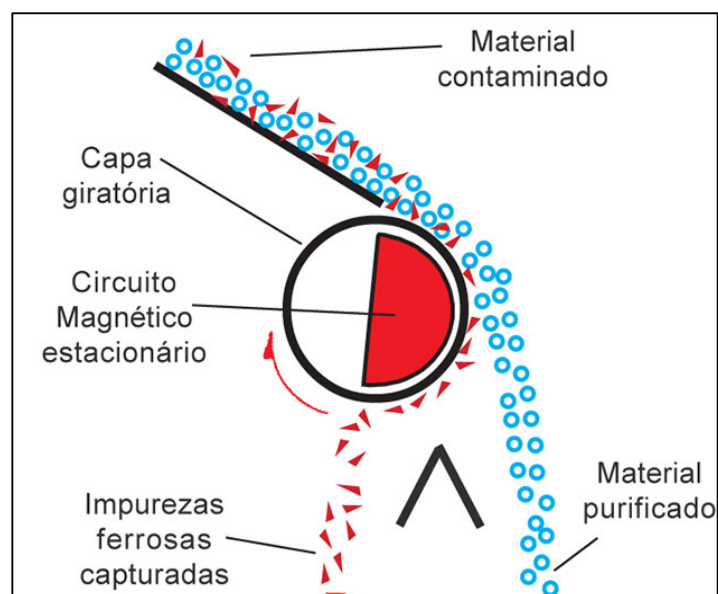
Fonte: Figura constante na referência 1, modificada

A interação de campos magnéticos cria os conjugados que acionam os motores presentes em todas as plantas industriais. O desenvolvimento de materiais magnéticos mais eficazes tem melhorado consideravelmente a eficiência energética dos processos.

Campos magnéticos também são amplamente utilizados numa miríade de sensores, atuadores e outros dispositivos presentes nas linhas de produção.

Grande parte das inspeções de componentes mecânicos, que garantem a integridade estrutural e funcional de equipamentos é baseada em princípios magnéticos. O magnetismo também é usado na separação de contaminantes metálicos em diversos processos industriais, como por exemplo no de embalagem de alimentos (Figura 2).

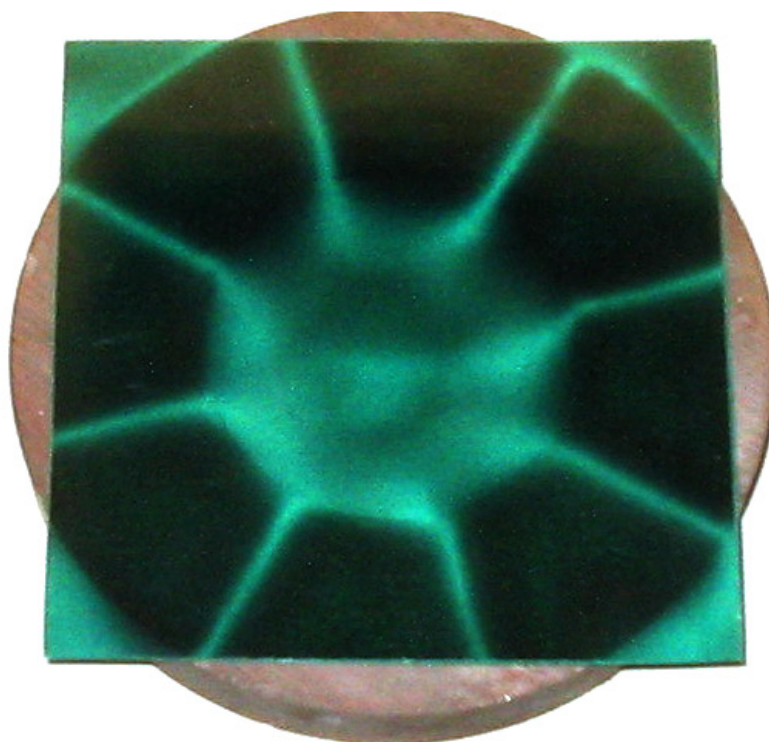
Figura 2 – Ilustração de um processo magnético para eliminação de metais.



Fonte: Figura constante na referência 2, modificada

Muitos documentos de segurança em papel também utilizam atributos magnéticos como elementos de segurança, quer em tarjas presentes nos documentos ou incorporados em tintas utilizadas em suas impressões, permitindo verificar a autenticidade desses documentos. Também existem películas com micro partículas magnéticas que se alinham com as linhas de fluxo magnético do material sobre o qual a película é colocada, remetendo à mudança da reflexão da luz incidente o que permite visualizar o campo magnético presente (Figura 3).

Figura 3 – Película sensível para visualização do campo magnético.



Fonte: Figura constante na referência 3, modificada

Muitas outras aplicações do magnetismo poderiam ser listadas, como por exemplo: o uso de nanoadsorventes magnetizados para remoção em efluentes aquosos de pigmento colorido, tendo eles a vantagem de serem facilmente separados e reaproveitados⁴; na energia procedente da fusão nuclear, a ser gerada em reatores que operam como estrelas artificiais, em que plasmas serão confinados em campos magnéticos.

Vale lembrar que todos os fenômenos devem ter formas de medição, assim é essencial garantir a confiabilidade dos equipamentos e instrumentos de medição relacionados ao magnetismo. Para tal é necessário ter padrões de referências para as diversas grandezas magnéticas. Estes padrões não estavam disponíveis no Brasil até recentemente. Essa lacuna foi minimizada, por um trabalho conjunto entre o Inmetro e o IPT, pelo desenvolvimento de padrões nacionais de grandezas magnéticas baseados na ressonância magnética nuclear. Este fenômeno físico foi adotado em convenções internacionais para a construção dos padrões primários do magnetismo. A utilização de um fenômeno com constantes físicas bem definidas tem a vantagem de permitir que qualquer laboratório com as condições técnicas adequadas consiga reproduzir independentemente estas referências.

Há uma ciência complexa e diversa, tanto em teoria como em aplicações, atrás do caráter místico popularmente atribuído aos campos magnéticos ou as interações entre ímãs que criam forças atuando de forma invisível.

Referências bibliográficas

¹ Figura modificada da constante no seguinte endereço eletrônico: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>. Acesso 10.03.2023

² Figura modificada constante no seguinte endereço eletrônico <https://catalogo.metalmag.com.br/Asset/tambor_magnetico.pdf> Acesso 10.03.2023.

³ Figura copiada do documento presente no seguinte endereço eletrônico: <<https://www.magtek.com.br/magview/#>> Acesso em 10.03.2023.

⁴ Brito, P.H.M. Elaboração e Aplicação de Nanoadsorventes Magnéticos do Tipo $\text{MnFe}_2\text{O}_4@ \gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3@ \text{CTAB}$ para Remoção de Direct Yellow 12 de Soluções Aquosas. Universidade Federal de Brasília, 2017. Disponível em https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24415/1/2016_PauloHenriqueMichelsBrito.pdf. Acesso em 10.03.2023



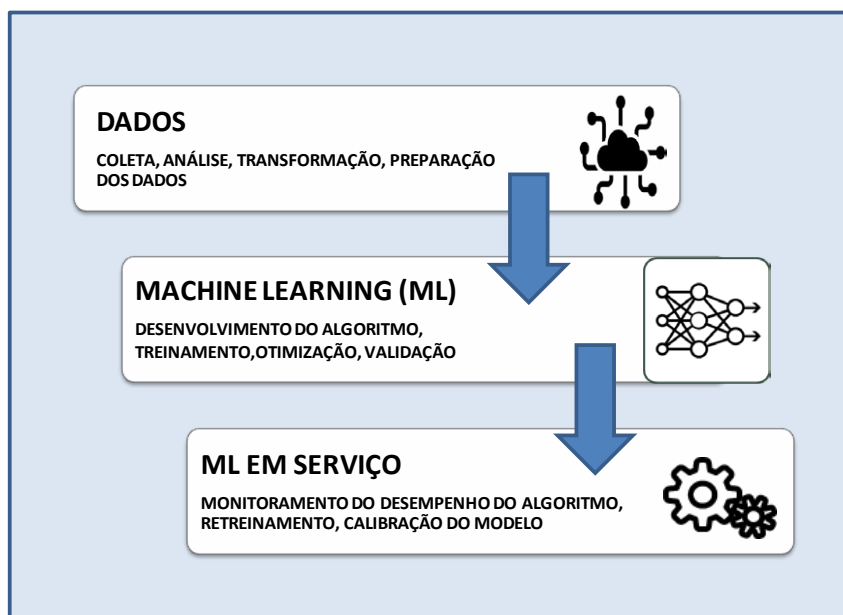
Na inteligência Artificial qual a importância da qualidade dos dados?

Olga Satomi Yoshida
Nilson Massami Taira

Maio 2023

A Inteligência artificial (IA) é capacidade de um sistema de programas de computador para decidir e executar tarefas específicas em tempo real à coleta de dados de várias fontes; a decisão é tomada por algoritmos de aprendizado treinados por estes dados. O que acontece se a IA toma decisões erradas? Na Figura 1 a seguir temos uma representando dos fluxos de trabalho para o desenvolvimento e manutenção de uma Inteligência Artificial para execução de tarefa específica. Os fluxos de trabalho estão agregados em três blocos: dados, desenvolvimento do algoritmo e manutenção da IA em serviço. Um sistema de IA pode errar ou porque o algoritmo de aprendizado está desatualizado ou porque a qualidade dos dados não está suficientemente boa para a tarefa a ser executada.

Figura 1 – Framework do desenvolvimento de um Modelo de *Machine Learning* e a sua manutenção para uma tarefa específica.



Fonte: Figura elaborada pelos autores

Tomando como exemplo a tarefa do algoritmo de um oxímetro de pulso, que é determinar o nível de saturação de oxigênio transportado no corpo de uma pessoa, os dados são coletados por dispositivo eletrônico conectado ao dedo do paciente a partir do qual uma luz é emitida. O algoritmo determina a porcentagem de oxigênio no glóbulo vermelho a partir dos dados da luz emitida; a emissão desta luz fica prejudicada para peles de pigmentação escura, superestimando o nível de saturação do paciente, conforme a *Food and Drug Administration*¹ que emitiu um alerta sobre as limitações de uso dos oxímetros de pulso. Este é um caso em que, para parcela da população, os dados que alimentam o algoritmo não são precisos pois apresentam um desvio impactando em erros na determinação do nível de saturação de oxigênio.

A precisão é um atributo desejável para qualidade dos dados que alimentam sistemas de IA. No caso do oxímetro de pulso o dado de entrada não é preciso para pacientes com pele de pigmentação escura e é preciso para peles claras. Igualmente a precisão dos dados deve ser assegurada na alimentação dos algoritmos em plantas industriais automatizadas, onde os sistemas de IA para otimização da operação e a eficiência energética necessitam de dados com precisão para não tomarem decisões viciadas. Desta forma precisão dos dados de entrada de uma IA depende diretamente da instrumentação, da metrologia e a da qualidade da coleta dos dados.

Os atributos desejáveis para qualidade de dados em IA são diretamente relacionados aos atributos desejáveis de um sistema de IA, sendo que, comunidades de reguladores e acadêmicos pesquisaram sobre esse tema². A seguir são apontados os atributos desejáveis em dados que alimentam uma IA.

- Pontualidade na disponibilização do dado quando ele for demandado para a tomada de decisão da IA. A pontualidade é praticada com a disponibilização do dado em tempo real, numa planta industrial a pontualidade dos dados é garantida com a disponibilização de geradores no caso de ocorrência de blackouts no fornecimento de energia, sendo essa tão essencial como as dos sinais vitais de um paciente numa sala de UTI.
- Completitude, que é a capacidade de disponibilização de todos os dados disponíveis e relevantes para o cumprimento da tarefa da IA. Um dado é incompleto quando não são enviados dados que caracterizam o elemento medido, por exemplo a unidade de medida de um dado de vazão de gás ou de líquidos.
- Consistência, ou seja, devem manter seu padrão quando eles se movem pelas redes e aplicativos. Os dados armazenados em locais diferentes devem ter os mesmos valores e não devem entrar em conflito entre si.
- Validade: os dados devem ser coletados de acordo com regras de forma e parâmetros definidos em função da tarefa a ser executada pela IA.

Os atributos indicados - precisão, pontualidade, completitude, consistentes, validade - são desejáveis para dados com qualidade. Se a tarefa da IA for alimentada com dados sem estes atributos, a IA está preparada para mitigar estes defeitos do dado, mas há consequências indesejáveis como um acréscimo de incerteza no resultado final da predição do algoritmo ou erros na decisão da IA.

A tolerância a erros da IA em produção deve ser zero ou muito baixa. Qualquer IA que toma uma decisão errada na execução da sua tarefa tem sua credibilidade imediatamente perdida. O desempenho da IA está diretamente relacionado à qualidade dos dados que treinam os algoritmos, à qualidade dos algoritmos e à qualidade dos dados que alimentam os algoritmos no momento da tomada de decisão. Claramente a qualidade do dado é importantíssima para a Inteligência Artificial. E o peso desta importância é maior quanto maior é a quantidade e a importância de sistemas baseados em Inteligência Artificial, que, a cada dia estão crescendo em todos os segmentos da sociedade.

Referências bibliográficas

American Lung Association. **Pulse oximetry**. Disponível em: <https://www.lung.org/lung-health-diseases/lung-procedures-and-tests/pulse-oximetry>; Acesso em 11.04.2023.

² Balahur, A.; Jenet, A.; Hupont Torres, I.; Charisi, V.; Ganesh, A.; Griesinger, C.B.; Maurer, P.; Mian, L.; Salvi, M.; Scalzo, S.; Soler Garrido, J.; Taucer, F.; Tolan, S.. **Data quality requirements for inclusive, non-biased and trustworthy AI**. JRC Conference Workshop Report. Luxembourg: Publications Office of European Union, 2022. ISBN 978-92-76-59091-0. Disponível em: <https://hal.science/hal-03889925/document>. Acesso 11.04.2023



Qual a influência da umidade em paletes de madeira?

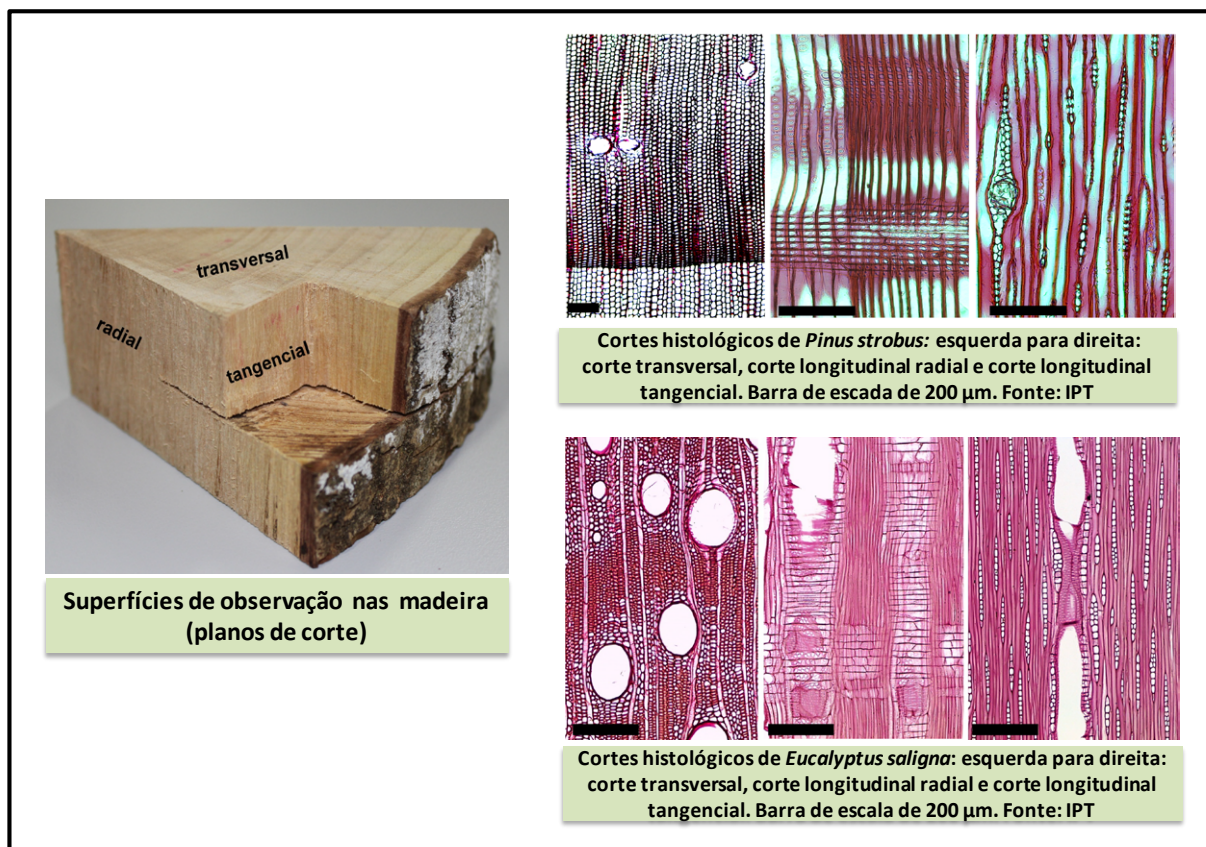
Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Marco Antonio Grecco D'Elia

Junho 2023

Os paletes são estruturas que suportam cargas durante sua armazenagem e movimentação e proporcionam melhor aproveitamento de espaço pela unitização, verticalização, além de mais agilidade de transporte.

A maioria dos paletes são feitos de madeira, que é um material de estrutura complexa, formado basicamente por células com funções diferentes. Uma prova dessa complexidade são as diferenças notadas quando se observa cortes histológicos de um tronco de árvore na direção radial, transversal e tangencial, sendo que cada espécie tem seu arranjo, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de cortes histológicos da madeira -Acervo IPT



Fonte: Acervo IPT¹

Na madeira há micro espaços vazios e dentre seus componentes principais estão os polissacarídeos (celulose e hemiceluloses), que tem natureza higroscópica. Estes fatores fazem com que haja um processo contínuo e reversível de dessorção e absorção de água pela madeira, cujo ponto de equilíbrio em cada situação depende da quantidade de água nela existente e das condições de temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa do ar no meio ambiente. Vale lembrar, também, que a densidade da madeira, ou seja, o fato de ela ser mais ou menos compacta influi nesse processo de absorção e dessorção de água.

Na árvore, a madeira está em um ambiente saturado de água e tão logo a árvore é cortada se inicia a perda dessa água, ou seja, de sua umidade, e consequentemente haverá variação em sua massa e em suas dimensões. Este fato faz com que não seja recomendável, no caso de paletes, estipular para fins de comercialização qual deve ser sua massa, pois ela pode variar devido ao fenômeno de dessorção-absorção mencionado. A Tabela 1 apresenta para uma amostra de doze paletes tipo PBR², recém-fabricados e procedentes de quatro fabricantes diferentes, a variação de massa ocorrida nos paletes após quatro dias da data do recebimento pelo laboratório.

Os dados presentes na Tabela 1 são resultantes da média aritmética de treze medições de umidade efetuada em pontos determinados nos vários elementos (tábuas e blocos) que compõem cada palete, respectivamente. Embora, aparentemente, um elemento de madeira possa parecer homogêneo, ele tem uma estrutura microscópica complexa o que pode levar a pequenas diferenças de umidade até mesmo em pontos diferentes de um mesmo elemento. Para a determinação da umidade empregou-se equipamento que utiliza a medida da resistividade elétrica da madeira. O princípio desse método baseia-se no fato da passagem de corrente elétrica pela madeira aumentar com sua umidade, sendo que quando mais seca a madeira menos corrente elétrica passará através dela e maior será sua resistividade elétrica.

Tabela 1 – Variação de peso de uma amostra de paletes em quatro dias

PALETE	MASSA INICIAL, EM KG	MASSA FINAL, EM KG	DIFERENÇA EM MASSA, EM KG
1	30,48	29,60	0,88
2	28,80	28,24	0,56
3	30,56	29,72	0,84
4	29,38	28,28	1,10
5	27,36	26,50	0,86
6	27,30	26,32	0,98
7	27,70	27,04	0,66
8	26,72	24,86	1,86
9	33,02	32,40	0,62
13	32,34	31,34	1,00
11	30,76	29,64	1,12
12	34,84	32,18	2,66

Fonte: Dados do acervo do IPT

Os principais efeitos da dessorção e absorção de água pela madeira são, respectivamente, a retratibilidade (contração da madeira) e o inchamento (expansão da madeira). No primeiro caso há uma diminuição das dimensões da madeira e no segundo caso um aumento.

No caso de paletes de madeira, como do tipo PBR, o que se tem na retratibilidade é uma diminuição da espessura das tábuas e no caso do inchamento um aumento da espessura das tábuas. Deste modo, quando da manufatura do paleta tipo PBR³, é importante considerar, principalmente, o fenômeno de retração, pois a faixa de espessura permitida para as tábuas é estreita (17 mm a 21 mm), não devendo-se usinar as tábuas e blocos no limite inferior da especificação, para que o paleta atenda a capacidade nominal de carga de 1200 kg.

De modo geral, para produtos de madeira não se pode ignorar suas interações com a umidade presente no meio ambiente.

Referências bibliográficas

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. ***Xiloteca “Calvino Mainieri”***

² Abras- Paleta PBR – versão 2019. Disponível em: <https://www.abras.com.br/paleta-pbr/paleta-pbr-1-versao-2019>. Acesso em 14.04.2023.

³ D’Almedia, M.L.O.; D’Elia, M. ***Paletes tem medidas padronizadas?***. O Papel, setembro 2022, p 56-57.



Como se calibra um viscosímetro capilar?

Patricia Hinata
Leandro Ogata

Julho 2023

A referência mais utilizada em calibrações de viscosímetros capilares é a norma ASTM D446¹, que apresenta a operação de dezoito tipos de viscosímetros capilares, suas dimensões típicas e a metodologia de calibração para obtenção da constante do viscosímetro.

Esses instrumentos foram divididos em três grupos, identificados como viscosímetros de Ostwald modificados, viscosímetros de nível suspenso e viscosímetros de fluxo reverso. Basicamente, eles são diferenciados pelo tipo de amostra que será medida, pelo processo de enchimento e ajuste de volume de amostra.

Para alguns modelos, como o *Cannon Fenske*, a amostra deve ser inserida no viscosímetro por sucção, invertendo o instrumento e colocando o tubo de medição dentro da amostra. Aplica-se vácuo pelo tubo paralelo e após preencher os dois bulbos com a amostra, o volume é ajustado até a segunda marcação. Para esses modelos, a temperatura da amostra durante o enchimento deve ser a mesma da calibração, para evitar interferência do volume da amostra devido à contração ou dilatação do fluido.

Os viscosímetros de nível suspenso, como o *Ubbelohde*, não possuem essa interferência, devido à característica do projeto do instrumento, no qual é possível manter o volume fixo de amostra, na temperatura da calibração. O enchimento desse modelo pode ser feito pelo tubo de diâmetro maior, inclinando levemente o instrumento e vertendo a amostra. Após o escoamento total da amostra, o volume deve estar entre as duas marcações do reservatório inferior.

A Figura 1 ilustra os dois modelos de viscosímetros: *Cannon Fenske* – a. Enchimento e b. Medição; *Ubbelohde* – c. Enchimento e d. Medição.

Após o enchimento, os viscosímetros são colocados em um banho termostático e mantidos por um período de 30 min a 60 min, dependendo do tamanho do capilar, para estabilização da temperatura. Durante a calibração, a variação da temperatura não pode ser maior que 0,02 °C.

A determinação do tempo de escoamento é realizada utilizando cronômetros com exatidão de 0,07 % do tempo medido. A operação consiste em medir um volume fixo de líquido, medido entre duas marcações distintas, sob a ação da gravidade e temperatura controlada.

A metodologia recomenda o uso de dois materiais de referência certificados (MRC) de viscosidade, como os desenvolvidos pelo Laboratório de Referências Metrológicas do IPT. A seleção dos materiais deve ser feita conforme o tamanho do capilar e a temperatura de calibração. A diferença de viscosidade entre os dois materiais deve ser de aproximadamente 50 %. Por exemplo, para um viscosímetro *Cannon Fenske*, tamanho 200 e faixa de trabalho entre 20 mm²/s e 100 mm²/s, pode-se escolher um MRC com a viscosidade de 20 mm²/s e o segundo com pelo menos 30 mm²/s, na temperatura da calibração.

A viscosidade cinemática certificada do MRC e o tempo de escoamento obtido nas determinações são utilizados para calcular a constante de calibração, conforme a Equação 1.

$$C = V/t$$

Equação 1

Onde:

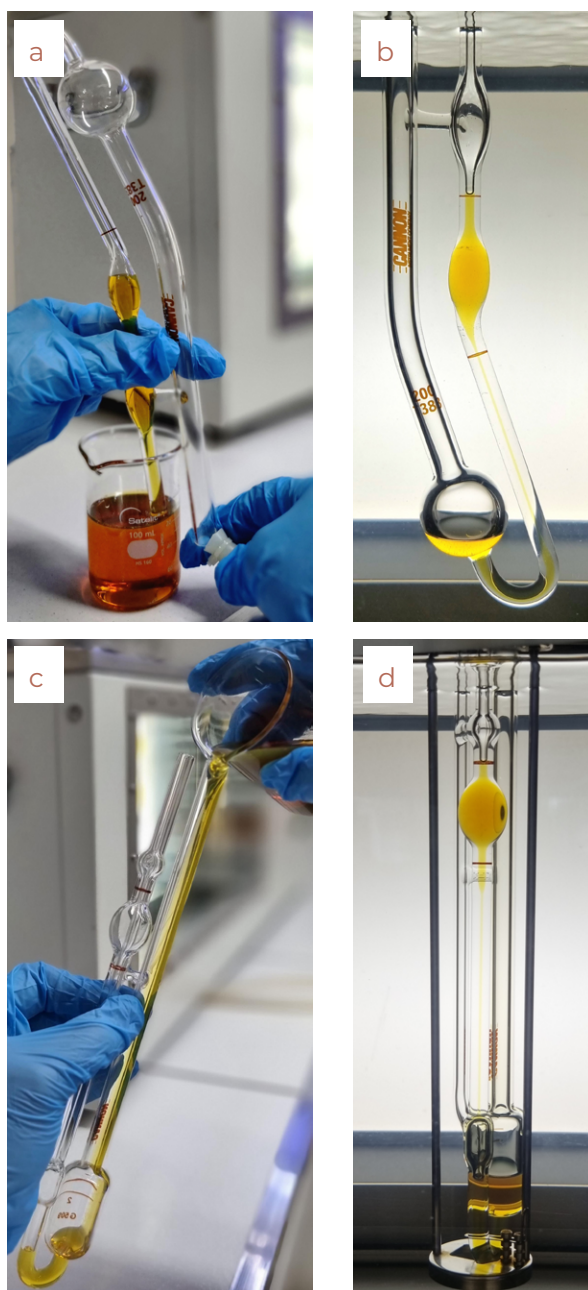
C = Constante da calibração, mm²/s²;

V = Viscosidade cinemática do MRC, mm²/s;

T = Tempo de escoamento, s.

A média desses resultados é calculada se os valores concordarem em 0,3 % para os viscosímetros de fluxo reverso ou 0,2 % para os demais viscosímetros.

Figura 1 – Viscosímetros *Cannon Fenske* (a, b) e *Ubbelohde* (c, d).



Fotos do acervo do Laboratório de Referências Metrológicas da Unidade de Tecnologias Regulatórias do IPT

Correções

Algumas correções na constante podem ser necessárias, dependendo da localização de uso, da diferença entre a tensão superficial do fluido utilizado na calibração e na medição ou do efeito da temperatura.

A aceleração da gravidade (g) é uma das correções que deve ser aplicada, caso o valor de g no local da calibração diferir em mais de 0,1 % do valor no local de uso. O Laboratório responsável pela calibração deve apresentar essa informação em seus certificados. O cálculo da constante corrigida deve ser feito conforme a Equação 2, a seguir.

$$C_2 = (g_2/g_1) * C_1 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

C_2 = Constante de calibração corrigida, mm^2/s^2 ;

g_2 = Aceleração da gravidade no local de uso, m/s^2 ;

g_1 = Aceleração da gravidade no local de calibração, m/s^2 ;

C_1 = Constante de calibração, mm^2/s^2 .

Checagem

Um controle na medição de viscosidade pode ser estabelecido, utilizando MRC de viscosidade. O limite de tolerância pode ser calculado, utilizando a Equação 3².

$$FT = \pm 1,44 * \sqrt{\sigma^2 + u^2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

FT = Faixa de tolerância, %;

σ = Incerteza de medição do laboratório, %;

u = Incerteza do MRC, %.

O valor obtido na medição do MRC deve ficar dentro da faixa de tolerância calculada, acrescida ou subtraída do valor certificado.

Se o valor ficar fora desse limite, é importante verificar a calibração do viscosímetro, a variação da temperatura durante a medição, a limpeza do viscosímetro e outros detalhes relacionados à operação do viscosímetro.

Referências bibliográficas

¹ AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D446**: Standard Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscometers. Pensilvânia, EUA, 2012 (Reapproved 2017).

² AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D445**: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity). Pensilvânia, EUA, 2021^{e2}.



Rotulagem envolve metrologia?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Luciana Casciny Pacífico

Agosto 2023

A *rotulagem* é a ação de passar informações sobre o uso e características de um dado produto em um rótulo. Por sua vez o rótulo é a identificação e o conjunto de informações aplicadas diretamente sobre recipientes, embalagens e envoltórios, por processos variados, tais como o de impressão e o de adesivação, entre vários.

A *rotulagem* deve trazer informações verdadeiras sobre os usos e características de um produto, sendo neste ponto a sua interseção com a metrologia, uma vez que a maioria dos parâmetros envolvidos trazem valores numéricos e sempre estarão relacionados a um procedimento de medição.

Por exemplo, na *rotulagem* de uma resma de papel para impressoras de escritório, os três parâmetros apresentados no Quadro 1, constam no rótulo de forma bem visível.

Quadro 1 – Parâmetros no rótulo de uma resma de papel para impressora de escritório

PARÂMETRO	COMENTÁRIO SOBRE O PARÂMETRO	PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO
Número de folhas	A informação sobre o número de folhas contida na resma é essencial, pois há várias opções.	Contagem
Tamanho das folhas	Informação essencial, pois há diversos tamanho disponíveis, sendo os mais comuns os denominados "A4" e "Ofício"	Medida das dimensões: A4 (210 mm x 297 mm); Ofício (216 mm x 330 mm)
Gramatura	Informação importante, pois há várias opções de gramaturas no mercado.	Medição de massa por área, expressa em g/m ² .

Considerando os parâmetros do Quadro 1, deve-se ter ciência que, por trás das informações mesuráveis que constam nos rótulos, existem processos de fabricação e de transformação que envolvem medições das mais diversas naturezas, para garantir a confiabilidade das informações presentes no rótulo. Ainda, caso seja necessário confirmar a aderência dessas informações do rótulo, em uma dada resma, procedimentos adequados devem ser aplicados de modo a garantir a rastreabilidade das medições. Por exemplo, na medição de dimensões devem ser usadas escalas calibradas, no caso da contagem o ideal é que haja mais de uma contagem e de preferência por pessoas diferentes e no caso da gramatura que seja seguido o procedimento descrito na norma ABNT NBR NM ISO 536¹ (Papel e Cartão - Determinação da Gramatura).

A *rotulagem* de certos produtos, ou seja, as informações que devem constar no rótulo podem ser determinadas por lei e assim se tornarem obrigatórias. É o caso, por exemplo, das informações que devem constar no rótulo de um *detergente em pó* (denominação para o *sabão em pó*), estipuladas pela Resolução da Anvisa RDC N°694 de 13/05/2022². Esta resolução exige que sejam indicados no rótulo, além de informações comerciais do produto, seu conteúdo líquido, os componentes ativos presente, as instruções e doses para o uso adequado e as precauções para o uso, inclusive com a presença de frases de alerta pré-estabelecidas por ela. Ainda, a mesma Resolução exige que agentes tensoativos aniônicos empregados nas formulações sejam biodegradáveis, sendo o valor mínimo aceitável 80 %. Por sua vez a Resolução Conama N° 359 de 29/04/2005³ exige para detergentes em pó que a presença de óxido de fósforo seja menor que 11 %. As duas últimas exigências mencionadas não necessitam estar demonstradas no rótulo, mas devem ser obedecidas.

Muitas vezes uma Resolução ou Portaria traz exigências que indiretamente afeta a rotulagem do produto, ou seja, a colocação de informação no rótulo. É o caso da Portaria N° 251 de 9/06/2021⁴, que rege para papel higiênico em rolo os requisitos apresentados no Quadro 2. As embalagens desse tipo de produto trazem impressas essas informações (Figura 1).

Quadro 2 – Requisitos da Portaria N° 251 para papel higiênico em rolos

PRODUTO	PARÂMETRO	REQUISITO DA PORTARIA
Papel higiênico em rolo	Largura	Mínima de 10 cm.
	Comprimento	Mínimo de 20 m, sendo acima de 20 m em múltiplos de 10 m.
	Embalagem	Deve ser de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 unidades. Abaixo de 2 unidades e acima de 12 unidades é livre

Figura 1 – Imagem de parte de uma embalagem de papel higiênico em rolo.



As informações contidas em um rótulo procedem de um processo de rotulagem e possui múltiplas finalidades. Assim, o rótulo, além de ter a função de divulgar a marca, o produto e motivar a sua compra, também tem como função trazer informações sobre o produto e seu uso, sendo que algumas dessas informações estão presentes cumprindo regulamentações (leis, portaria e resoluções).

Independentemente do que haja no rótulo, o produto a que ele se refere envolveu muitas atividades metrológicas, desde as matérias primas, insumos e processos de sua fabricação até a sua transformação, atribuindo a ele o aspecto e a forma final de apresentação.

Referências bibliográficas

¹ ABNT NBR NM 536 – papel e Cartão – Determinação da gramatura.

² ANVISA RDC nº694 de 13/05/2022 – Dispõe sobre os critérios para regularização dos produtos de limpeza e afins e sobre a biodegradabilidade de produtos aniônicos. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6437847/RDC_694_2022_.pdf/dfd68a5a-1521-4bd4-b715-d9b8b7629728. Acesso em agosto/2023.

³ CONAMA RDC Nº359 DE 29/04/2005 - Dispõe sobre a regulamentação do teor de fósforo em detergentes em pó para uso em todo o território nacional e dá outras providências. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-359-05.pdf>. Acesso em agosto/2023.

⁴ PORTARIA nº251 DE 9/06/2021 - Aprova o Regulamento Técnico Metrológico consolidado sobre conteúdos líquidos de mercadorias pré-embaladas. Disponível em: <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002777.pdf>. Acesso em agosto/2023c



Quais os benefícios das tecnologias digitais para a sustentabilidade?

Olga Satomi Yoshida
Nilson Massami Taira

Setembro 2023

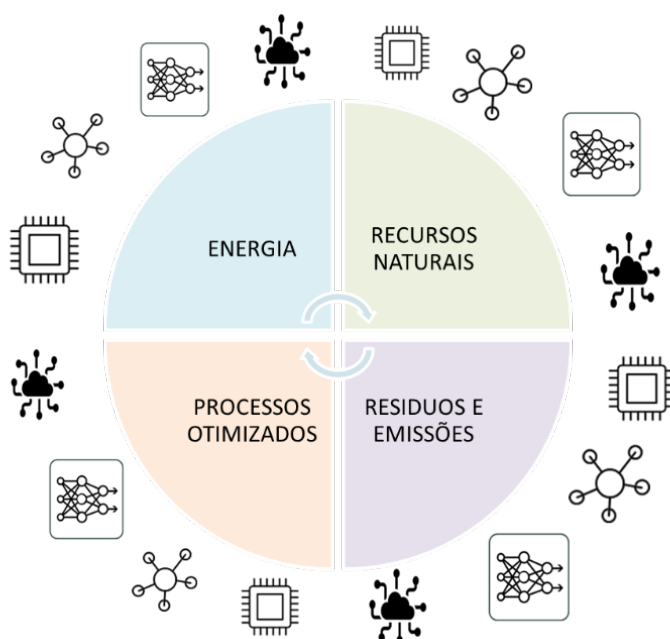
As tecnologias digitais e a sustentabilidade, dois tópicos de discussão frequente nos veículos de comunicação, estão em evidência como nunca. A transformação digital, ainda em estágio inicial em muitas indústrias, visa otimizar os processos de manufatura e maximizar os benefícios ambientais com a implementação das novas tecnologias digitais¹. Dentre estas tecnologias, a Internet das Coisas (IoT) e o *Big Data Analytics* (BDA) emergem como as mais promissoras para o monitoramento e melhoria das iniciativas de sustentabilidade no ambiente industrial¹.

A Internet das Coisas (IoT) é uma rede de dispositivos conectados que permite a comunicação integrada entre os dispositivos e a nuvem, além de facilitar a interação entre os próprios dispositivos. Graças aos avanços em chips de computador de baixo custo e telecomunicações de banda larga, é possível conectar estes dispositivos à internet gerando dados em tempo real, e permitindo o monitoramento, identificação e até a operação remota destes dispositivos.

O *Big Data Analytics* (BDA), em um ambiente industrial, é um processo que permite analisar grandes volumes de dados provenientes de diversas fontes, como dispositivos de equipamentos e sensores, gerando informações relevantes ao detectar padrões, correlações entre os dados e fazendo previsões e previsões futuras através de técnicas de análise estatística de dados e aprendizado de máquina.

As tecnologias digitais são cruciais para as dimensões de sustentabilidade na indústria, como ilustrado na Figura 1².

Figura 1 – Dimensões para o desenvolvimento da sustentabilidade em uma indústria



Fonte: Adaptada da referência 2 pelos autores.

A seguir, descrevemos como a IoT e o BDA podem desempenhar um papel crucial nas diferentes dimensões da sustentabilidade industrial:

- **RECURSOS:** Sensores IoT e BDA são utilizados para monitorar e otimizar o uso de recursos durante todo o processo produtivo. Ao rastrear o uso de energia, água e matérias-primas em tempo real, as empresas podem identificar ineficiências e implementar medidas para reduzir o desperdício e conservar os recursos.
- **ENERGIA RENOVÁVEL:** O IoT é capaz de medir a quantidade de energia proveniente de fontes renováveis, como biomassa, hidrelétricas ou energia eólica, possibilitando que a indústria aumente o uso de fontes de energia limpas e renováveis.
- **PROCESSOS DE PRODUÇÃO OTIMIZADOS:** Através do BDA e do aprendizado de máquina, grandes volumes de dados de produção são analisados, resultando em *insights* que podem otimizar diversos estágios do processo de produção, minimizando a geração de resíduos, o consumo de energia e o uso de água.
- **RESÍDUOS E EMISSÕES:** As tecnologias digitais permitem o monitoramento em tempo real de emissões de poluentes, facilitando a implementação de medidas direcionadas para a redução do impacto ambiental da indústria.

As tecnologias digitais possibilitam o monitoramento e relatório em tempo real do desempenho ambiental das empresas, permitindo respostas proativas a desvios das normas ambientais e minimizando os impactos negativos ao meio ambiente.

Outro papel importantíssimo que estas tecnologias digitais poderiam desempenhar seria no monitoramento da cadeia de suprimento. O uso de rastreamento baseado em IoT possibilitaria o rastreamento das matérias primas desde a sua origem até o produto final, garantindo transparência e responsabilidade na cadeia de suprimentos.

A análise de dados (BDA) pode ser usada para avaliar as práticas de sustentabilidade dos fornecedores. A conectividade entre rastreadores e nuvem, e o fato dos dados de várias fontes poderem ser acessados e enviados numa plataforma independente na nuvem promoveriam a transparência da cadeia de suprimento para o fornecimento sustentável.

Em resumo, os benefícios das tecnologias digitais para a sustentabilidade são inúmeros. Através do uso de IoT, BDA e outras tecnologias digitais, a indústria pode melhorar significativamente sua pegada ambiental, alinhar-se aos esforços globais para combater as mudanças climáticas e proteger os recursos naturais.

Referências bibliográficas

¹ Schöggel, Josef-Peter, et al. "Implementation of digital technologies for a circular economy and sustainability management in the manufacturing sector." *Sustainable Production and Consumption* 35 (2023): 401-420.

² Javaid, Mohd, et al. "Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability." *Sustainable Operations and Computers* 3 (2022): 203-217.



Quando foi introduzido o sistema métrico no Brasil?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Manuel Antônio P. Castanho

Outubro 2023

Os estudos preliminares que resultaram no estabelecimento do sistema métrico decimal são de fins do século XVIII, cabendo à França a iniciativa da ideia de relacionar medidas a grandezas invariáveis e de caráter universal, pois, até então, a situação reinante no terreno de pesos e medidas era em toda parte um verdadeiro caos, coexistindo inúmeros “sistemas” de unidades precariamente definidas e limitadas a usos regionais. Pode-se imaginar as dificuldades que esse caos trazia nas transações comerciais entre países e mesmo internamente a cada país.

Em 22 de agosto de 1814 o rei de Portugal aprovou um plano de reforma que consistia em adotar o sistema métrico francês (depois denominado apenas sistema métrico decimal), o que foi estendido às Colônias de Portugal, entre elas o Brasil, que tinha seus pesos e medidas regulados pela legislação portuguesa¹.

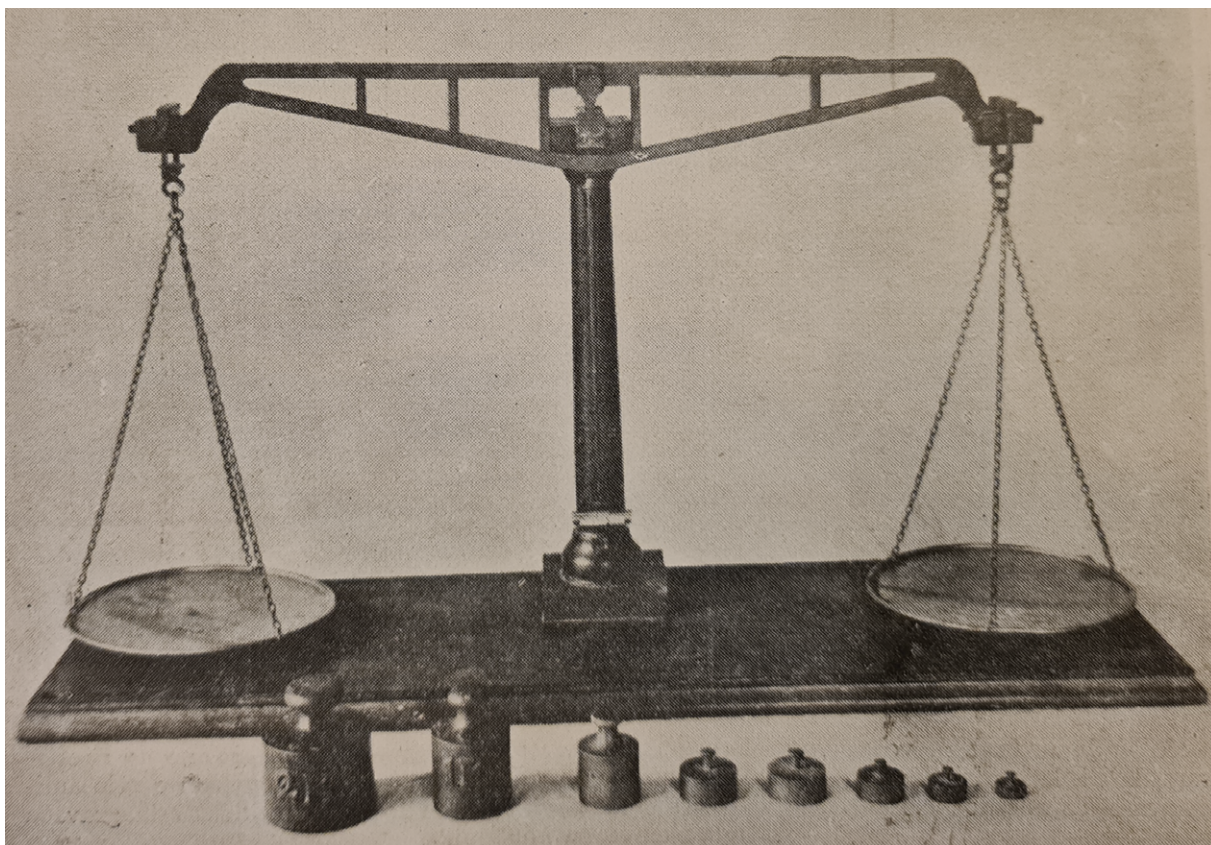
Com o advento da independência do Brasil em 1822, por um largo período o sistema legal de medidas no Brasil não se acha claramente definido. Entretanto, é de se presumir que o sistema em vigor fosse ainda o antigo sistema português, considerando o atraso e as dificuldades de comunicação e de difusão da própria época. Assim, é fácil imaginar a confusa e absoluta falta de uniformidade que deviam reinar em matéria de pesos e medidas, embora a partir de 1828² surgem as primeiras leis e decretos com o objetivo de regulamentar o sistema de pesos e medidas.

Apenas em 26 de junho de 1862 é que a Lei Imperial 1157 de D. Pedro II rege que seja adotado no Brasil o sistema métrico decimal em sua íntegra, havendo um prazo de dez anos para o abandono definitivo do antigo sistema. Em 18 de setembro de 1872, dez anos depois, um decreto do Imperador aprova e põe em vigor instruções provisórias para a execução da lei de 1862 e em 11 de dezembro do mesmo ano um novo Decreto, número 5169, expede o Regulamento da mesma lei. Este Regulamento tem caráter técnico: define padrões de aferição, suas características e seus níveis de tolerância com erros; estipula que todas as mercadorias para consumo deveriam ter suas quantidades expressas em metros, litros e quilogramas; cria o cargo de aferidor para calibração dos equipamentos de medida; define a escala de prisões e multas para uso indevido de pesos e medidas¹.

A promulgação da lei de 1862 levou à necessidade de haver padrões públicos de medir, que são peças constituídas com alto grau de perfeição, destinadas a materializar a unidade de uma grandeza. Os padrões públicos, como o nome indica, são aqueles aos quais é atribuída a validade legal e são reconhecidos pelos poderes competentes da Nação. Entre os padrões há vários graus de importância hierárquica, que na época iam desde os protótipos internacionais da mais alta categoria até as suas diversas cópias, sendo que as cópias secundárias eram reservadas aos departamentos públicos incumbidos de fiscalizar seu uso³.

Finalmente, em 1 de março de 1875 é realizada a Conferência Diplomática do Metro, tendo atendido a ela 20 países. No mesmo ano é criado o Departamento Internacional de Pesos e Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*), que fica sob a direção de uma Comissão Internacional, subordinada às decisões das Conferências Gerais de Pesos e Medidas. Anos mais tarde, terminada as tarefas preparatórias é realizada em 1889 a primeira Conferência de Pesos e Medidas, que sancionou os protótipos internacionais de comprimento e de massa^(1,3).

Figura 1 – Balança e pesos padrões da época do Império no Brasil



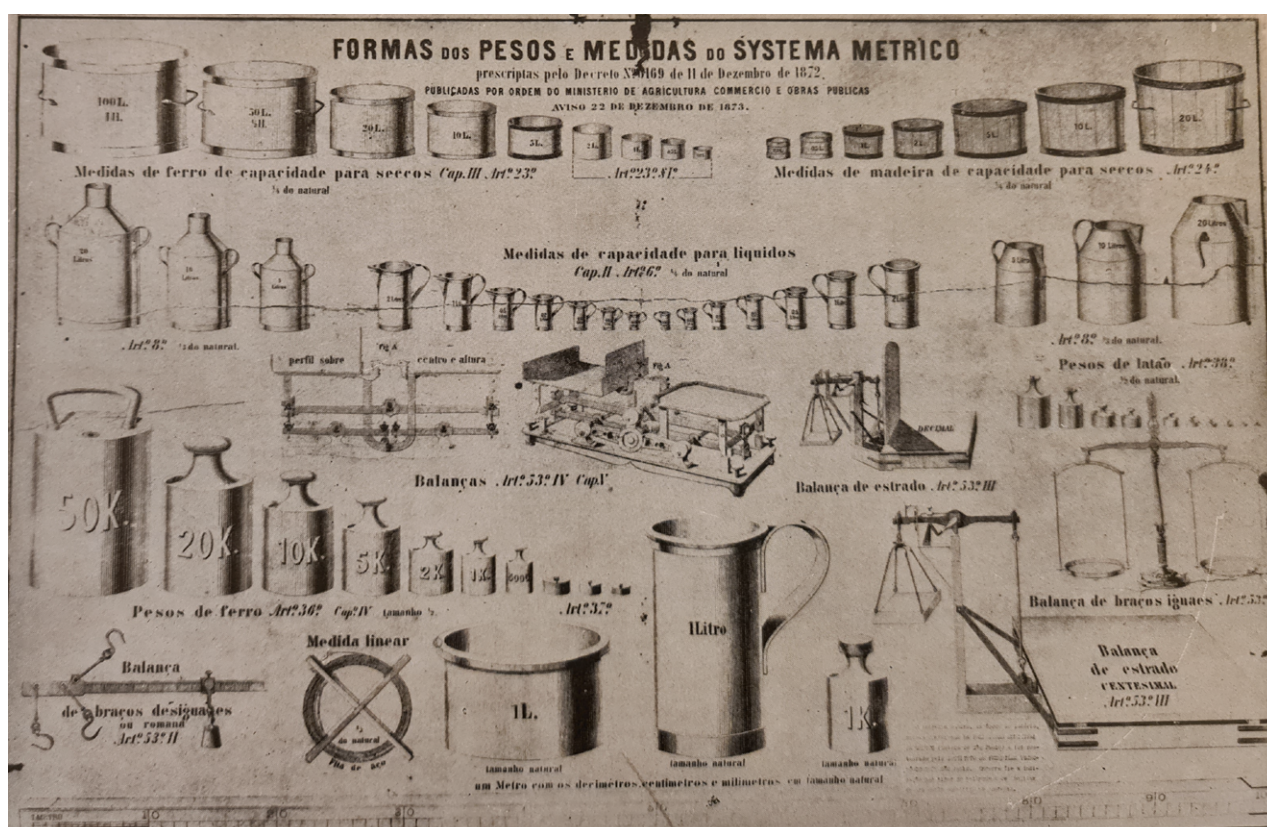
Fonte: Referência 1, página 12

Figura 2 – Conjunto padrão de medidas de volume da época do Império, de 40 a 0,05 litros



Fonte: Referência 1, página 15

Figura 3 – Quadro Mural de 1873, de 1 metro por 0,7 metro, distribuídos às províncias. Indica as medidas e as balanças que eram de uso permitido no comércio



Fonte: Referência 3, Anexo 3

O Brasil participou da Conferência Diplomática do Metro de 1875¹, mas na falta de ratificação do país à Conferência retira-se o Governo Imperial da instituição internacional. Somente na República, participando em 1921³ da sexta Conferência Geral volta o Brasil à assembleia e endossa a adesão. Em seguida, novamente abandona o organismo para voltar e ter adesão concretizada em 1954⁽⁴⁾, com a efetivação do pagamento da contribuição. Desde essa data o Brasil vem participando intensamente desse organismo internacional que congrega atualmente 100 países, entre membros e associados⁴.

Referências bibliográficas:

¹ Dias, J.L.M. **Medida Normalização e Qualidade: Aspectos da história da metrologia no Brasil**. Inmetro/Centro de Informação e Difusão Tecnológica. Rio de Janeiro . 1988. ISBN 85-86920-02-9.

² Felix, J.C. **A Metrologia no Brasil**. Qualitymark. 200p. 1995. ISBN 8585360909

³ Campos, F.B. Padrões Públicos de medir do Brasil. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Publicação IPT 489, dezembro de 1952.

⁴ BIPM. Bureau International des Poids et Mesures. Disponível em: <https://www.bipm.org/en/countries/br>. Acesso em 12.09.2023.



O que é um material de referência e como ele é produzido?

Juliana Ferreira de Oliveira
 Patrícia Hama
 Patrícia Hinata

Novembro 2023

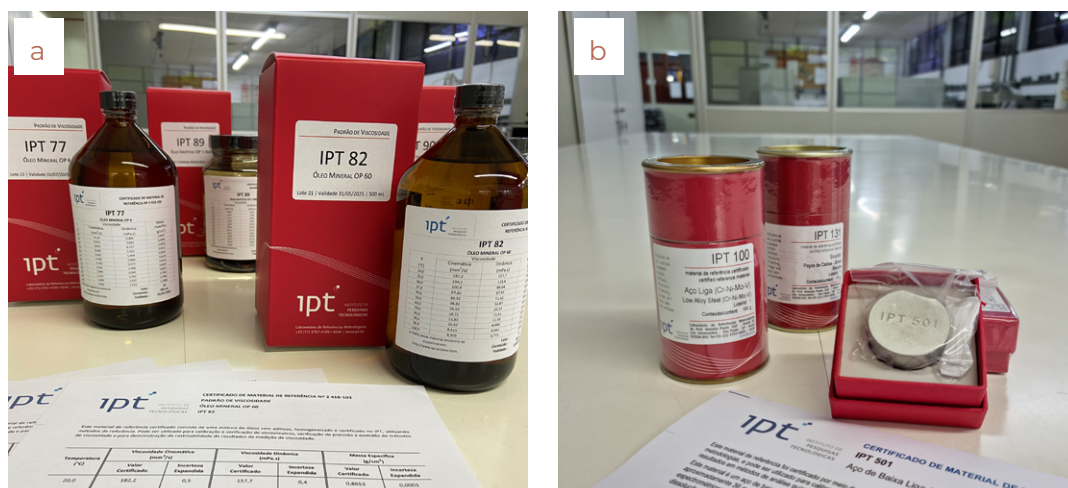
Material de referência (MR), por definição, é um material, suficientemente homogêneo e estável em relação a propriedades específicas, preparado para se adequar a uma utilização pretendida numa medição ou num exame de propriedades qualitativas¹. Para ser considerado certificado (MRC), é necessário a atribuição de valores de propriedades e suas incertezas, e fornecer uma declaração de rastreabilidade metrológica dos valores certificados².

Há mais de 30 anos, um comitê da ISO – *International Organization for Standardization* iniciou as discussões para padronizar o vocabulário, atividades, estatísticas e documentos relacionados com a produção de materiais de referência, o que mais tarde ficaram conhecidos como a série de ISO Guias: 30 para terminologia, 31 para conteúdo de certificados, 32 para calibração em química analítica, 33 para uso de materiais de referência, 34 para definir os requisitos para a competência de produtores e por fim, a 35 com as estatísticas relacionadas com a produção.

Muito antes disso, o então *National Bureau of Standards* (NBS), atualmente conhecido como NIST – *National Institute of Standards and Technology*, já iniciava a produção do seu primeiro lote de materiais de referência de ferro fundido, em 1905, como forma de contribuir com as fundições que forneciam materiais para as ferrovias e não conseguiam garantir a qualidade das análises³.

No Brasil, a partir de um convênio entre o NIST e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, em 1975 foram iniciadas as produções de materiais de referência em aços, seguidos por ferros fundidos, minerais, óleos padrão de viscosidade, entre outros. A Figura 1 apresenta alguns materiais de referência certificados do IPT. A produção dos MRCs segue atualmente, de acordo com as diretrizes da norma ABNT NBR ISO 17034²

Figura 1 – Materiais de referência certificados do IPT, com propriedades físicas e químicas certificadas: a. Viscosidade cinemática e dinâmica. b. Composição química em aços e minerais.



Fotos do acervo do Laboratório de Referências Metrológicas do IPT.

O projeto e desenvolvimento desses materiais se inicia por um planejamento detalhado, passando pela seleção da matéria prima, embalagens, avaliação da infraestrutura para o processamento, estabelecimento das condições de armazenamento e transporte, validação de metodologias que serão empregadas para a caracterização do material e estratégia para estudos de homogeneidade e estabilidade.

Após o processamento e envase do material selecionado como candidato a material de referência, um número de unidades representativo do lote é caracterizado em condições de repetibilidade, por um método com precisão adequada, para obtenção do grau de homogeneidade. A avaliação é realizada utilizando ferramentas estatísticas e o resultado da variabilidade entre frascos e dentro do frasco contribuem para o primeiro componente de incerteza do valor certificado.

Os materiais de referência podem ser desde estáveis, como os minerais, até perecíveis, como os materiais biológicos. Por isso, outra etapa da produção é a realização do estudo de estabilidade, fundamental para a garantia dos valores certificados, durante o seu período de validade.

Os estudos de estabilidade são formas de demonstrar o comportamento das propriedades físicas, químicas ou biológicas do material em relação a variações de ambiente e ao longo do tempo. A execução desses estudos pode ser feita de duas formas distintas, pelo método clássico ou pelo isócrono, e a escolha dependerá, basicamente, da incerteza desejada e da disponibilidade de tempo.

O método clássico fornecerá resultados logo no início, sendo observado o comportamento do material à medida que o estudo avança.

No método isócrono, todas as amostras são analisadas em condições de repetibilidade, porém as medições são realizadas apenas ao final do estudo. Essa abordagem tem a vantagem de reduzir a dispersão dos resultados ao longo do tempo e consequentemente, obter uma incerteza menor.

A avaliação estatística mais simples para esse estudo é baseada em um modelo de regressão linear. Os resultados obtidos contribuem para as incertezas de estabilidade de curto prazo, onde são avaliadas as condições do transporte, e a incerteza de longo prazo, onde avalia-se as condições de armazenamento.

Com a finalização dos estudos e a definição de que o material é suficientemente homogêneo e estável, a caracterização é realizada de acordo com o material, o tipo de propriedade, se é quantitativa ou qualitativa, e se o mensurando é dependente do método. As abordagens mais comuns são: utilização de um único método de referência em um único laboratório; utilização de dois ou mais métodos e um ou mais laboratórios; utilização de uma rede de laboratórios para determinação de propriedades dependentes do método, como por exemplo, o ponto de fulgor. Os resultados obtidos por um único laboratório ou por consenso de uma rede de laboratórios, geram os valores certificados da propriedade e a incerteza referente à caracterização.

A incerteza associada ao valor atribuído da propriedade certificada é estimada pela Equação 1.

$$u_{MRC} = \sqrt{u_{\text{homog}}^2 + u_{\text{est curto}}^2 + u_{\text{est longo}}^2 + u_{\text{carac}}^2} \Rightarrow \text{Equação 1}$$

Sendo: u_{homog} incerteza do estudo de homogeneidade; $u_{\text{est curto}}$ incerteza do estudo de estabilidade de curto prazo; $u_{\text{est longo}}$ incerteza do estudo de estabilidade de longo prazo; u_{carac} incerteza da caracterização.

Ao final de todo o processo, o certificado do material é emitido de acordo com os requisitos descritos no documento ABNT ISO Guia 31⁴. A identificação do material, o uso pretendido, a validade e as informações sobre o armazenamento, são alguns dos requisitos obrigatórios nos documentos de um MR ou do MRC. Outros requisitos, como valores de propriedade, incerteza e rastreabilidade metrológica são conteúdos opcionais no documento de um MR, mas mandatórios para o MRC.

O uso de materiais de referência pode ter como objetivo a validação de metodologias analíticas, a calibração e verificação de instrumentos, a garantia da confiabilidade dos resultados e a rastreabilidade metrológica de medições, aplicado à diversas áreas. Para a indústria de papel e celulose, por exemplo, os materiais NIST SRM 8495 e SRM 8496, apresentam valores de referência para as propriedades físico-químicas de polpa Kraft branqueada. Inclusive, um deles foi preparado utilizando matéria-prima brasileira, produzida a partir de madeira de eucalipto.

Referências bibliográficas

¹ Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ:INMETRO, 2012. 94 p.

² ABNT NBR ISO 17034/2017 – Requisitos gerais para a competência de produtores de material de referência.

³ Rasberry, S. (2003), Standard Reference Materials-The First Century, Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (Acessado em 01/10/2023).

⁴ ABNT ISO Guia 31/2017 – Materiais de referência – Conteúdo de certificados, rótulos e documentação associada



Qual a importância de procedimentos de ensaio normalizados?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Luciana Casciny Pacifico

Dezembro 2023

As normas de procedimento de ensaio são especialmente importantes para o setor industrial, por permitirem a obtenção de resultados comparáveis, uma vez que não há variação no procedimento de ensaio em si. Deste modo, para uma mesma amostra, qualquer diferença significativa nos resultados é devido, eventualmente, ao equipamento utilizado, ou ao analista, ou a ambos.

As normas de procedimento de ensaios podem ter alcances diferentes, podendo ser internacionais (por exemplo normas da *International Organization for Standardization* - ISO), regionais (por exemplo as do Comitê Europeu), sub-regionais (por exemplo normas MERCOSUL), nacional (referentes a um país), de grupos (por exemplo de Associações Técnicas) e institucional (de uma empresa). No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT é a entidade que detém a missão de elaboração de normas técnicas, dentre elas as de procedimentos de ensaio.

A ABNT conta com Comitês Técnicos¹ para elaboração das normas. Esses Comitês coordenam, planejam e executam as atividades de normalização relacionadas ao seu âmbito de atuação. Os Comitês Técnicos podem ser classificados em:

- **Comitê Brasileiro (CB):** órgão técnico da estrutura da ABNT, formado por Comissões de Estudo.
- **Organismo de Normalização Setorial (ONS):** entidade técnica setorial, com experiência em normalização, credenciada pela ABNT para atuar no desenvolvimento de Normas Brasileiras do seu setor, também formada por Comissões de Estudo.
- **Comissão de Estudo Especial (CEE):** órgão técnico da estrutura da ABNT, criado quando o assunto de seu escopo não está contemplado no âmbito de atuação de outro Comitê Brasileiro ou Organismo de Normalização Setorial já existente.

Atualmente a ABNT tem 77 Comitês Técnicos (CBs), 3 organismos de Normalização Setorial (ONS) e 215 Comissões de Estudo Especiais (CEEs). Entretanto, esses números variam, de acordo com demandas, principalmente o número relativo às Comissões de Estudo Especiais.

A norma representa o consenso das partes interessadas sobre determinado assunto e seu lançamento perpassa pelas etapas abaixo relacionadas²:

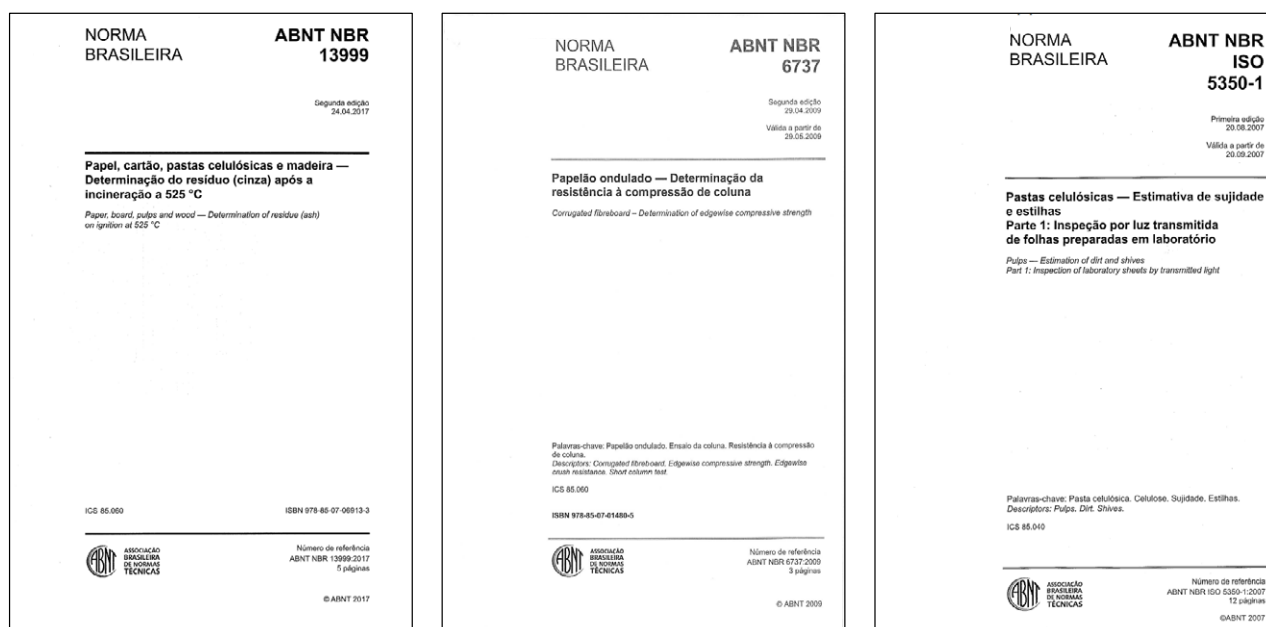
- **Demanda pela norma** - pode ser apresentada por qualquer pessoa, empresa, entidade ou organismo regulamentador que estejam envolvidos com o assunto a ser normalizado.
- **Análise da pertinência da demanda** - a demanda é analisada pela ABNT e, sendo viável, o tema (ou o assunto) é levado ao Comitê Técnico correspondente para inserção no Programa de Normalização Setorial (PNS) respectivo. Caso não exista Comitê Técnico relacionado ao assunto, a ABNT propõe a criação de um novo Comitê Técnico, que pode ser um Comitê Brasileiro (ABNT/CB), um Organismo de Normalização Setorial (ABNT/ONS) ou uma Comissão de Estudo Especial (ABNT/CEE).

- **Elaboração de um projeto de norma** – o assunto é discutido amplamente pelas Comissões de Estudo dos Comitês Técnicos, com a participação aberta a qualquer interessado, independentemente de ser associado à ABNT, até atingir um consenso, gerando um Projeto de Norma.
- **Consulta pública do projeto de norma** – o projeto de norma é submetido à Consulta Nacional pela ABNT, com ampla divulgação, dando assim oportunidade a todas as partes interessadas para examiná-lo e emitir suas considerações. A Consulta Nacional é realizada pela web. A relação dos Projetos de Norma em Consulta Nacional é publicada também no Diário Oficial da União. Nesta etapa, qualquer pessoa ou entidade pode enviar comentários e sugestões ou então recomendar a sua desaprovação. Todos os comentários são analisados e respondidos pela Comissão de Estudo autora, que realiza uma reunião para análise das considerações recebidas. As sugestões aceitas são consolidadas no Projeto de Norma
- **Transformação do projeto em norma** – o projeto de norma é homologado e publicado pela ABNT como Norma Brasileira, recebendo a sigla ABNT NBR e seu respectivo número.

Normas diferem de leis, decretos, portarias e resoluções pela sua origem. Estes provêm de Poderes Legislativos, Executivos ou da Administração Pública e por obrigatoriedade devem ser atendidos. No caso do Brasil há uma situação particular em relação as normas ABNT, pois elas se tornam, quando aprovadas, automaticamente normas brasileiras, ou seja, NBR, e devem ser usadas na falta de documentos legais.

Na ABNT o principal Comitê Brasileiro relacionado ao setor celulósico papeleiro é o CB 29. Neste Comitê ao redor de 80 % das normas elaboradas são referentes a procedimentos de ensaios (Figura 1).

Figura 1 – Exemplos de normas de procedimento de ensaio do CB - 29



Muitas questões judiciais no setor de celulose e papel se resolvem com aplicação de procedimentos de ensaio normalizados. Por exemplo, a gramatura é um parâmetro essencial em transações de compra e venda de papel e não rara são as ocorrências de desavenças em torno desse parâmetro, as quais são facilmente resolvidas por meio de sua determinação por uma terceira parte, como laboratórios reconhecidos ou acreditados pela CGCRE – Coordenação Geral de Acreditação do

Inmetro - empregando o procedimento da norma ABNT NBR NM ISO 536- Papel e cartão: Determinação da gramatura.

Um item importante que as normas de procedimento normalmente trazem para os parâmetros de que tratam são valores de³:

- repetibilidade (precisão da medição sob um conjunto de medições as quais incluem o mesmo procedimento de medição, os mesmos operadores, o mesmo sistema de medição, as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares durante um curto período de tempo); e
- reprodutibilidade (precisão da medição sob um conjunto de medições as quais incluem diferentes locais, diferentes operadores, diferentes sistemas de medição e medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares).

Os valores de repetibilidade permitem a quem segue o procedimento normalizado verificar se seus valores têm precisão aderente ao que a norma traz. Por outro lado, os valores de reprodutibilidade permitem que laboratórios diferentes seguindo o procedimento normalizado verifiquem se seus valores estão dentro da precisão de reprodutibilidade.

O esforço e garantia de ampla participação das partes interessadas na elaboração de normas de procedimento, permitem que os resultados de ensaios realizados de acordo com procedimentos normalizados tragam confiabilidade nas operações industriais, de serviços e de comércio.

Referências bibliográficas

¹ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – Catálogo - Projetos. Disponível em: abntcatalogo.com.br/pav.aspx. Acesso em 06.11.2023.

² ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – Participe da elaboração de normas. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/como-elaborar-normas/?cn-reloaded=1>. Acesso em 06.11.2023.

³ Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Inmetro. Rio de Janeiro. Edição Luso-Brasileira, 2012



Quando o IPT começou a atuar em metrologia?

Nilson Massami Taira

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Janeiro 2024

Em 2024 o IPT, que tem 124 anos, completará 90 anos de atuação em metrologia. O IPT surgiu do Gabinete de Resistência dos Materiais, fundado em 1889, como anexo da Escola Politécnica de São Paulo, com o objetivo de ensaiar materiais de construção civil. Em 1931 esse Gabinete se transforma em Laboratório de Ensaios de Materiais e em 1934 pelo Decreto N°6375 em Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Considerando essa data pode-se dizer que o IPT tem praticamente 90 anos de atuação de modo oficial em metrologia.

Em 1938, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), um dos órgãos executivos da política metrológica do país, alçado a essa posição pelo decreto Lei n°592 de 10 de julho do mesmo ano, habilita a Seção de Metrologia do IPT a ocupar posição oficial na rede de órgãos executores da legislação metrológica do País (Figura 1).

Para exercer sua missão a Seção de Metrologia recorreu diretamente ao *Bureau International de Pesos e Medidas (BIPM)*, adquiriu na Europa um quilograma-padrão e um metro-padrão de alta precisão, cuja verificação rigorosa se incumbiu o BIPM. Também adquiriu a mais moderna aparelhagem fornecida por firmas de renome mundial da época, ficando apta a realizar medidas e verificações exigidas não apenas para as funções a que foi atribuída, assim como para um grande número de grandezas (dimensões lineares, volumes, massas, densidade, pressões/vácuo, temperatura, umidade, tempos).

Figura 1 – Vista parcial de bancada da Seção de Metrologia.



Fonte: Acervo IPT – Boletim N°15¹

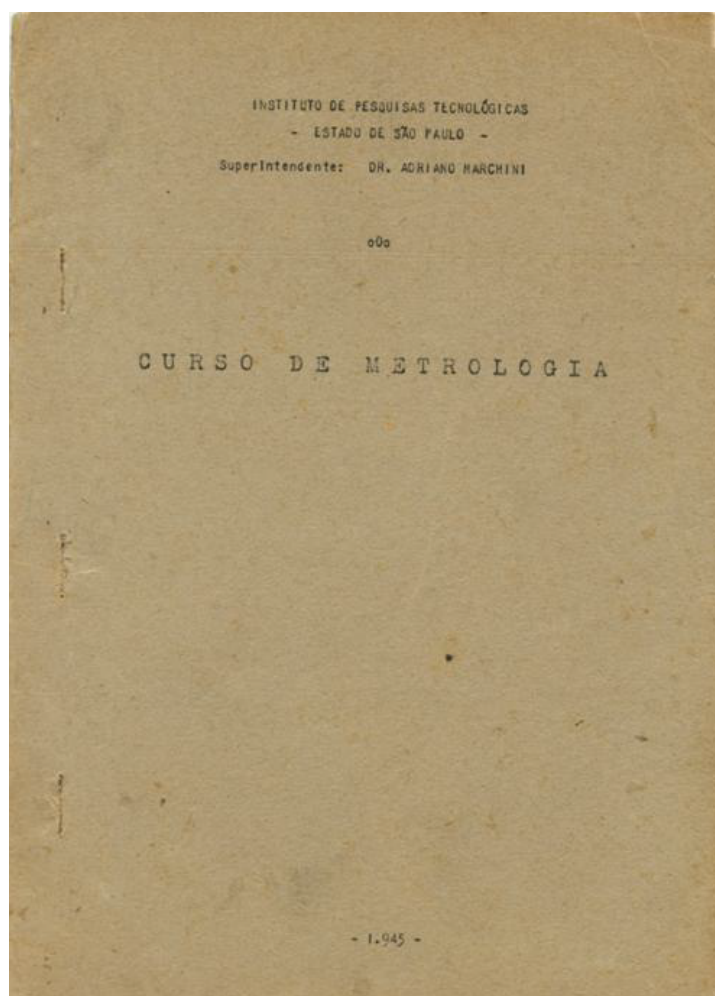
A década de 1940 foi especialmente profícua para a Seção de Metrologia do IPT, que projetou e realizou número apreciável de padrões e aparelhos, como a máquina de 70 toneladas de capacidade para ensaiar grandes tubos de concreto a compressão diametral² (Figura 2). Além disso, para órgãos metrológicos estaduais e municipais, foram executados e aferidos dezenas de quilogramas-padrões, e metros-padrão e de comparadores.

O ensino de metrologia também estava entre as atividades da Seção de Metrologia do IPT. Em 1945 ministrou o primeiro *Curso de Metrologia de São Paulo*, destinado à preparação de pessoal habilitado a ocupar cargos técnicos nas repartições de pesos e medidas do País, que também envolvia exercícios práticos de aferição e de medidas de calibração de instrumentos³. A Figura 3 mostra a capa da apostila utilizada no curso⁴.

Figura 2 – Máquina para ensaiar a compressão diametral de tubos de grandes dimensões, década de 1940 (projeto e construção do IPT)



Figura 3 – Capa da apostila do curso de metrologia de 1945 (noções de matemática, de física, de legislação e de desenho técnico).



Fonte: Acervo IPT

Desde a criação da Seção de Metrologia, em 1934, as atividades metrológicas no IPT têm crescido e diversificado para atender às demandas e necessidades de momentos, quer do país ou de seu parque industrial. Tem sido 90 anos de muita produção e que hoje se reverte em um conhecimento acumulado de imenso valor.

Atualmente, no IPT, a responsabilidade pela área de Metrologia é da Unidade de Tecnologias Regulatórias e Metrológicas (TRM), constituída por quatro Laboratórios: Metrologia Mecânica, Metrologia Elétrica, Referências Metrológicas e Vazão.

Essa Unidade que atua de forma abrangente e transversal nos três tipos de metrologia - legal, científica, industrial – sempre está atenta às demandas de momento do país e aos avanços tecnológicos da atualidade.

Referências bibliográficas

¹ Meiller, J. L. **Boletim N° 15: A metrologia e suas aplicações**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Seção de Metrologia de Metrologia. Junho de 1936.

² Meiller, J.L.; Silva, F.I.A. **Boletim N°34: Meio Século de Tecnologia (1889-1949)**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Junho de 1949.

³ Marchini, A. **Relatório correspondente ao exercício de 1945**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1945.p.31.

⁴ Acervo do IPT.



Como um fabricante de palete de madeira pode controlar a qualidade de seu produto?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Marco D'Elia

Fevereiro 2024

O desempenho de um palete de madeira depende da qualidade das matérias primas utilizadas (elementos de madeira e pregos), dos processos usados para sua fabricação serem adequados e estarem devidamente controlados e das especificações definidas para ele serem fielmente atendidas.

O fabricante do palete de madeira deve implantar um sistema da qualidade em sua produção e dar o devido treinamento a seus funcionários para que ele seja cumprido.

Os fabricantes de paletes normalmente detêm o conhecimento necessário para a fabricação de paletes de qualidade, mas normalmente esse conhecimento não está registrado, ou organizado, e acaba se perdendo com a saída de pessoas da empresa. Este fato cria lacunas que influenciam na qualidade do palete fabricado além de gerar retrabalhos, conseqüentemente, aumento de custos.

É fundamental que cada modelo de palete tenha a sua especificação técnica, com a definição dos materiais a serem utilizados, quantidades, dimensões e tolerâncias de cada item, e outras características e detalhes que se façam necessários.

A criação de Procedimentos Operacionais (POs) para o controle da qualidade, voltados às várias etapas de fabricação do palete de madeira, é uma etapa essencial do controle da qualidade. Com base nas operações de fabricação do palete, sugere-se, pelo menos, cinco procedimentos operacionais básicos de controle, indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Procedimentos operacionais básicos para controle da qualidade de paletes de madeira

PO	ASSUNTO
1	Matéria prima: <i>Controle da qualidade dos elementos de madeira (tábuas e vigas)</i>
2	Matéria prima: <i>Controle da qualidade dos pregos</i>
3	Processo: <i>Controle da qualidade nas etapas de confecção do palete</i>
4	Processo: <i>Controle da qualidade da marcação dos paletes*</i>
5	Produto: <i>Controle da qualidade do palete pronto para expedição</i>

* Seria ideal o fabricante ter uma marcação que permitisse a rastreabilidade dos paletes por ele fabricado.

Cada unidade fabril tem seus aspectos particulares, assim cabe a ela definir o nível de detalhe que quer para seu sistema de controle da qualidade, o que sempre remete a POs elaborados de modo personalizado.

Os POs relacionados ao processo de fabricação envolvem aspectos que garantem o controle de variáveis importantes na cadeia de produção. Por outro lado, os POs relacionados a matérias primas e produtos envolvem procedimentos que garantem que certas características e propriedades definidas ou desejadas para o produto estão sendo atendidas.

No caso de matéria primas e de produto há, normalmente, um conjunto de propriedades e/ou características que devem ser atendidas e que se não o forem resultam em *não conformidades*. Porém, essas não conformidades são relativas e não têm o mesmo nível de importância ou gravidade e podem ser classificadas, em geral, como críticas, graves ou toleráveis, sendo as:

- críticas aquelas que podem produzir condições perigosas ou inseguras para quem usa a unidade da matéria prima ou do produto ou que impede o funcionamento ou o desempenho de uma função importante da unidade;
- grave, aquelas que não são críticas, mas podem resultar em falha ou reduzir substancialmente a utilidade da unidade da matéria prima ou do produto para o fim a que se destina;
- tolerável, aquelas que não reduzem substancialmente a utilidade da unidade da matéria prima ou do produto para o fim a que se destina ou não influi substancialmente no seu uso efetivo.

Deve-se definir para uma matéria prima e/ou produto as propriedades e características que devem ser atendidas e se o não atendimento de cada uma constitui-se em não conformidade crítica, grave ou tolerável. Embora muitas características e propriedades desejáveis para matérias primas e produtos sejam de conhecimento geral, cabe a cada empresa fazer sua lista considerando a qualidade do produto que quer colocar no mercado.

Um vez definida as especificações de matérias primas e produtos o próximo passo é elaborar um sistema de inspeção desses materiais, de modo que ele permita verificar a ocorrência de não conformidades em relação às propriedades e características estipuladas, considerando as tolerâncias estabelecidas.

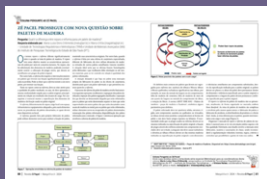
A situação ideal é que todas as unidades tanto de matérias primas como de produtos sejam inspecionadas, mas isso é economicamente inviável, logo a alternativa é realizar uma amostragem, que consiste em retirar unidades da matéria prima ou do produto, escolhidas aleatoriamente da quantidade (lote) a ser amostrada, para verificação de conformidade, com o que foi especificado.

A inspeção por amostragem é mais rápida e econômica em relação à inspeção 100%, pois não são inspecionadas todas as unidades. Por outro lado, ela deve ser representativa para a quantidade que está sendo amostrada, porque o resultado advindo do *plano de amostragem* empregado resultará na aceitação ou rejeição do conjunto que está sendo inspecionado.

Para implantar a *inspeção por amostragem* e consequentemente os *planos de amostragem* sugere-se que, primeiramente, a empresa entenda os aspectos e detalhes que envolvem esse assunto. Isto pode ser feito por meio da norma ABNT NBR 5425:1985-Versão corrigida 1989 – *Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação da qualidade*, que foi confirmada em 14/10/2016.

A implantação de um sistema da qualidade em uma unidade fabril traz inúmeros benefícios, como o do aumento da produtividade, pela diminuição de retrabalhos, e o aumento da competitividade, pela maior confiança do mercado no produto que passa a ter qualidade constante.

A empresa que tem um sistema de qualidade implantada pode vir a requerer a Certificação ISO 9001 que leva ao cliente da empresa a confiança de que ela pode fornecer, de forma consistente e repetitiva, um produto de acordo com o especificado.



Qual a diferença entre reparo e reforma para um palete de madeira?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Marco Antonio Grecco D'Elia

Março 2024

Os termos *reparo* e *reforma* difere significativamente entre si quando se trata de paletes de madeira. O *reparo* tem como objetivo manter as características operacionais do palete por meio de consertos menores. No reparo não há substituição dos elementos de madeira, podendo eventualmente ocorrer a colocação de pregos novos, que devem ser semelhantes aos pregos do palete original.

Por outro lado, a *reforma* diz respeito a intervenções maiores em paletes que tiveram sua função significativamente prejudicada ou perdida. Pode-se dizer que a *reforma* remete a um novo palete, por restituir sua função.

Tanto no *reparo* como na *reforma* deve-se estar atento para a qualidade do palete resultante, ou seja, ele deve apresentar a mesma conformidade exigida para o palete original, principalmente em relação aos resultados dos ensaios de carga. Por conseguinte, é essencial manter a mesma especificação dos elementos de madeira e de fixação usada no palete original.

A *reforma*, diferentemente do reparo, exige local com espaço, infraestrutura e equipamentos adequados, pois usará elementos novos ou procedentes de paletes descartados, os quais devem estar disponíveis no local.

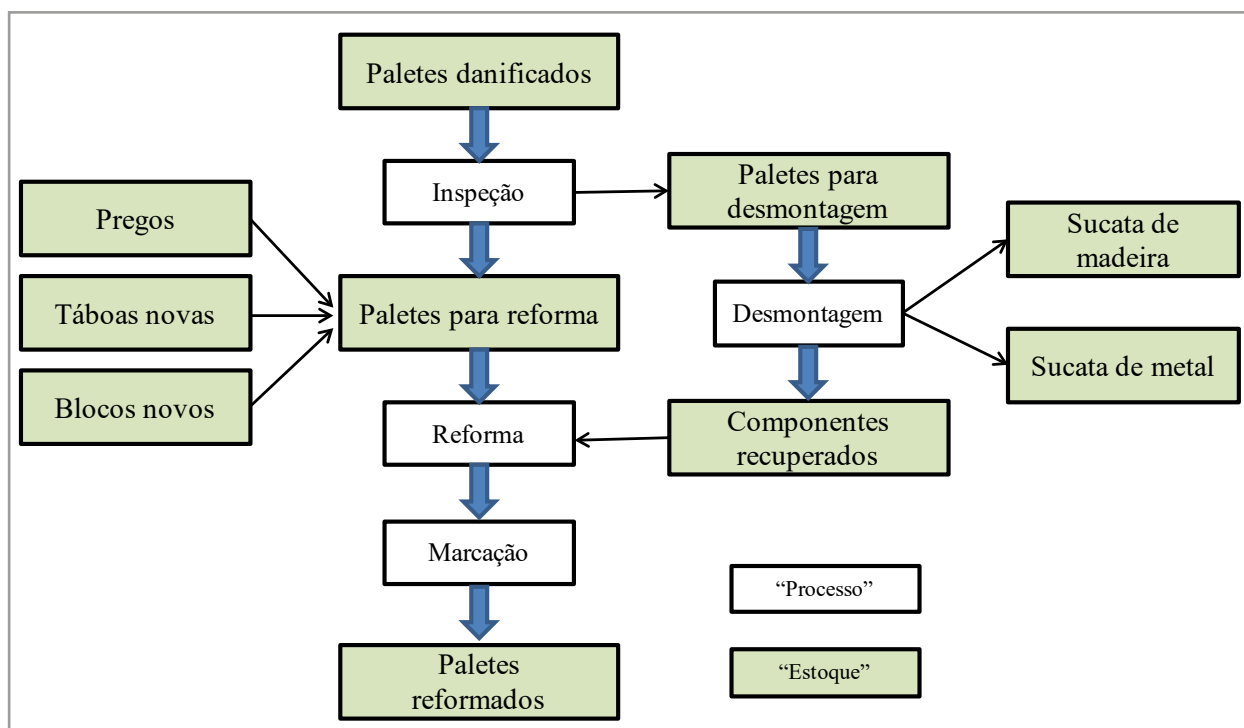
A *reforma* quando feita pelo próprio fabricante do palete pode utilizar elementos novos para restituir a função do palete, mantendo suas características originais. Por outro lado, quando a *reforma* é feita por uma oficina de carpintaria especializada, diferente do fabricante, ela deve utilizar elementos de madeira retirados de outros paletes semelhantes (mesmo modelo). A situação ideal seria que as oficinas fossem homologadas pelos fabricantes e que recebessem deles orientação ou até mesmo materiais, para se ter controle em relação à qualidade dos paletes reformados.

A situação desejada é que haja no palete uma marcação própria do fabricante do palete ou da oficina de carpintaria, identificando que é um *palete reformado*, o que permitiria rastrear quem fez a *reforma*.

O processo de *reforma* de palete de madeira envolve basicamente as seguintes operações: recebimento e segregação dos paletes danificados; inspecionar os paletes segregados danificados e separar os que deverão ser desmontados dos que serão reformados; para os paletes que serão desmontados separar os itens que serão reaproveitados em outros paletes dos que serão descartados como sucata de madeira ou metal; para os paletes que serão reformados utilizar elementos novos ou recuperados de paletes desmontados; remarcação dos paletes reformados; disponibilização dos paletes reformados para o mercado. A Figura 1 sintetiza as operações que envolvem a reforma de paletes de madeira.

Os defeitos mais comuns em paletes que devem ser segregados para *reforma* são: ausência de tábuas e blocos; tábuas e blocos quebrados; rachaduras significativas nas tábuas, por exemplo, de mais da metade da largura ou do comprimento; falta de madeira de conexões; falta de madeira de mais de um quarto da largura ou metade do comprimento da tábua; e rotação do bloco. A norma *ABNT NBR 9192 – Paletes de madeira – Peças de madeira e fixadores*¹ estabelece alguns parâmetros para defeitos.

Figura 1 – Operações envolvidas na reforma de paletes de madeira

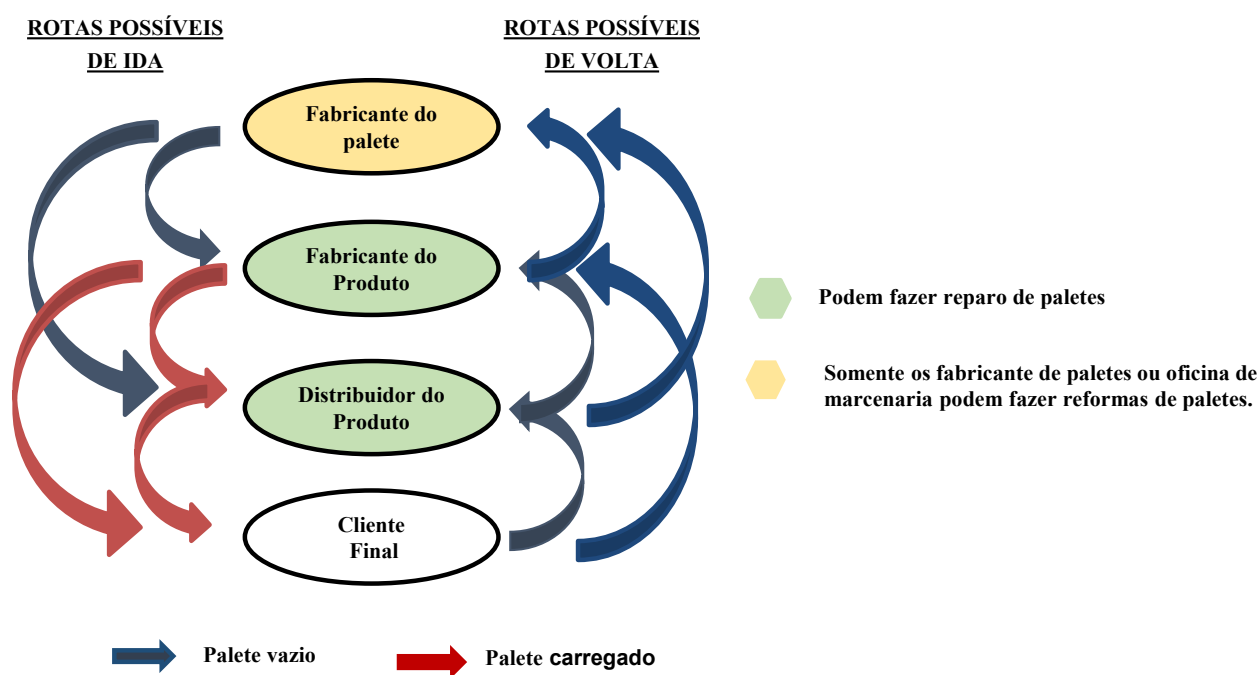


Fonte: Elaborado pelos autores

O palete reformado deve ter aparência sólida, estrutura rígida, sem componentes ausentes ou quebrados ou trincados, as tábuas devem estar paralelas e perpendiculares às bordas do palete e não deve haver pregos expostos ou faltantes. Ainda, é recomendado que: os pregos usados na reforma devem ser os mesmos indicados na especificação do palete original; a fixação de pregos através dos orifícios existentes nos componentes reciclados deve ser evitada; a pregação não deve causar rachaduras e divisões; as tábuas e blocos devem ser das mesmas madeiras indicadas na especificação do palete original e com dimensões e tolerâncias semelhantes aos componentes substituídos e dentro da especificação indicada para o palete original; os paletes devem ser planos e a altura do palete deve permanecer dentro da dimensão e tolerância especificada para o palete original; o comprimento e a largura do palete devem permanecer conforme especificado para o palete original.

O *reparo* e a *reforma* de paletes de madeira não se apresentam, atualmente, de forma organizada no mercado, embora fosse desejável. As rotas de paletes de madeira são complexas e envolvem pelo menos quatro atores: o fabricante do palete, o fabricante de produtos, os distribuidor de produtos e o cliente final. Ainda, as rotas diferem para os paletes, quando movimentados com carga e sem carga (Figura 2)

Figura 2 – Rotas possíveis dos paletes sem e com carga



Organizar o mercado de *reparo e reforma* de paletes de madeira é essencial para se ter em circulação paletes seguros e de boa qualidade. Entretanto, esse desafio envolve a interação entre fabricantes, usuários e associações de classe, sendo recomendável a regulamentação voluntária (normas, regras, critérios e controles) que possibilitem a gestão de toda essa cadeia.

Referências bibliográficas

¹ ABNT NBR 9192 – Paletes de madeira – Peças de madeira e fixadores. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em 28.02.2024



A metrologia está presente em ambulatórios de fábricas de celulose e papel?

Olga SatomiYoshida
Luciana Casciny Pacifico
Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Abril 2024

Os ambulatórios de indústrias dispõem de diversos equipamentos para medições específicas, especialmente dos parâmetros relacionados à Medicina e Saúde Ocupacional. A metrologia, ciência da medição, desempenha papel crucial, assegurando a precisão e confiabilidade dessas medições. Nesses ambientes, os equipamentos que geram valores têm cada qual sua complexidade e exigem atenção específica, pois com base nos resultados gerados, decisões médicas são tomadas.

Por exemplo, todo ambulatório de fábrica têm pelo menos um medidor de pressão arterial, uma vez que esta medida é considerada um sinal vital, o qual é associado, tradicionalmente, ao risco para cardiopatia isquêmica, acidente vascular encefálico, doença renal crônica e mortalidade precoce. Deste modo, é imprescindível garantir que os valores fornecidos pelos equipamentos medidores de pressão apresentem a confiabilidade metrológica para o uso a que se destinam¹.

O equipamento empregado para a medição de pressão arterial é denominado de *esfigmomanômetro*, sendo os mais comuns os não invasivos. Dentre eles se destacam os mecânicos aplicados no braço e os eletrônicos, neste caso, aplicados no braço ou no punho (Figura 1).

Figura 1 – Imagens de esfigmomanômetros



Fonte: Internet

Na medição de pressão arterial é essencial garantir que o modo de medição esteja correto e que o equipamento cumpra os requisitos necessários para apresentar medidas confiáveis.

Em relação ao modo de medição, que engloba entre vários aspectos a posição adequada da pessoa cuja pressão arterial será medida, há diversos documentos de orientação. A Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH), o Departamento de Hipertensão Arterial da Sociedade Brasileira de Cardiologia (DHA-SBC) e a Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), lançaram as *Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial 2020*², que reúne todo o conhecimento acumulado dos últimos anos voltado para o cenário nacional.

Em relação à fabricação, importação, venda, uso e manutenção de esfigmomanômetros, no Brasil devem ser obedecidos os requisitos determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

A Anvisa rege que os esfigmomanômetros devem atender os requisitos de rotulagem e instruções de uso estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada RDC N° 751 de 15 de setembro de 2022³. Ainda, eles também devem obedecer a Resolução Anvisa RDC N° 27, de 21 de junho de 2011⁴ (estabelece a obrigatoriedade da certificação dos esfigmomanômetros), a Portaria Inmetro N° 384, de 18 de dezembro de 2020⁵ (estabelece os requisitos de avaliação da conformidade) e estarem em conformidade com a norma ABNT NBR ISO/IEC 80601-2-30⁶.

O Inmetro, visando avaliar o desempenho metrológico dos esfigmomanômetros, estabeleceu um controle legal, descrito na Portaria Inmetro N° 341, de 09 de agosto de 2021⁷, no Anexo denominado Regulamento Técnico Metrológico (RTM). Este regulamento estabelece que os esfigmomanômetros devem ser construídos com materiais adequados e possuir características capazes de assegurar a confiabilidade metrológica das medições deles resultantes. O desempenho dos esfigmomanômetros deve atender a erros máximos admissíveis considerando requisitos relacionados a braçadeira, a válvula de deflação, o dispositivo indicador, a influência de temperatura e umidade e de choques mecânicos, assim como a vários outros requisitos específicos para esfigmomanômetros eletrônicos e mecânicos, respectivamente.

O Regulamento Técnico Metrológico (RTM) do Inmetro também estabelece o controle em cada fase da vida útil do esfigmomanômetro. Antes de iniciar a venda em território nacional, o requerente (fabricante ou importador) deve submeter o instrumento ao Inmetro para Avaliação do Modelo. Caso seja aprovado, ele recebe uma marca de Aprovação de Modelo e a fabricação ou importação pode ser realizada. Cada unidade fabricada ou importada só pode ser colocada no mercado após a checagem do atendimento a alguns requisitos (Verificação Inicial). Uma vez vendido, o esfigmomanômetro deve passar por uma avaliação anual (Verificação Periódica), assim como toda vez que passa por alguma manutenção (Verificação Após Reparo). As verificações são realizadas pelos órgãos delegados do Inmetro que atuam em todos os estados da federação.

Pelo exposto é possível observar a quantidade de detalhes e controles que podem estar envolvidos na medição de um único parâmetro em um ambulatório de fábrica, aos quais ainda devem ser adicionadas as questões relativas à capacitação de pessoal. Assim como os esfigmomanômetros, outros equipamentos presentes nesse ambiente têm seus respectivos requisitos e procedimentos a serem atendidos. Fica óbvio que a prática da metrologia está presente de forma integral em ambulatórios de fábricas, proporcionando a geração de dados confiáveis.

Deve ser ressaltado que desenvolvimentos tecnológicos em equipamentos da área da saúde remetem frequentemente a instrumentos mais complexos sob o ponto de vista de calibração e confiabilidade de medições. O uso de softwares e da inteligência artificial vem possibilitando uma interface mais amigável entre o equipamento e o usuário permitindo a incorporação de outras funções, porém exigindo uma adequação dos mecanismos de controle metrológico. Este fato remete a experimentos desenhados cientificamente utilizando técnicas modernas como, por exemplo, inteligência artificial, *big data* e *machine learning*.

Na área da saúde o importante é ter em mente que a introdução de avanços tecnológicos em medições é bem-vinda, mas deve estar aliada à confiabilidade metrológica dos dados obtidos, o que muitas vezes consiste em um desafio de inovação.

Referências bibliográficas

¹FARIAS, Rafael Feldmann; D'ALMEIDA LAMARDO, Maria Luiza Otero; PACÍFICO, Luciana Casciny; YOSHIDA, Olga Satomi. A situação atual da medição não invasiva de pressão arterial no Brasil e seus desafios. **Hipertensão**, v.25, n. 3, p.89-94, 2023.

² SBH; DHA-SBC; SBN. **Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial** – Disponível em: https://abccardiol.org/wp-content/uploads/articles_xml/0066-782X-abc-116-03-0516/0066-782X-abc-116-03-0516.x55156.pdf. Acesso em 07-03-2024.

³Agência Nacional de Vigilância Sanitária –Resolução da Diretoria colegiada - RDC N° 751, de 15 de setembro de 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5672055/RDC_751_2022_.pdf/37b2d641-82ec-4e64-bb07-4fc871936735. Acesso em 04.03.2024.

⁴Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC N° 27, DE 21 DE JUNHO DE 2011. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002827.pdf>. Acesso em 04.03.2024.

⁵ Ministério da Economia/Instituto Nacional de Metrologia e Tecnologia- Inmetro. Portaria N° 384, de 18 de dezembro de 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002684.pdf>. Acesso em 06.03.2024.

⁶ABNT NBR ISO 89601-2-30:2021- Equipamento eletromédico - Parte 2-30: Requisitos particulares para a segurança básica e desempenho essencial de esfigmomanômetros automatizados não invasivos.

⁷ Ministério da Economia/Instituto Nacional de Metrologia e Tecnologia- Inmetro. Portaria N° 341 de 09 de agosto de 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002827.pdf>. Acesso em 06.03.2024.



Como a metrologia está envolvida nas inovações tecnológica da fabricação de papel?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo
Nilson Massami Taira

Maio 2024

Classicamente os tipos de papéis são divididos em quatro categorias:

- Papel para imprimir e escrever, cuja finalidade é receber textos e/ou imagens impressas ou escritas;
- Papel para embalagem, cuja finalidade principal é acondicionar, proteger e facilitar o transporte de produtos;
- Papel para fins sanitários, cuja finalidade principal é absorver e reter líquidos ou resíduos; e
- Papeis especiais, que se destinam a finalidades diversas. Por exemplo, nessa categoria estão os papéis moeda, os papéis dielétricos, os papéis base para lixas e os papéis filtro, entre inúmeros outros.

Por muitos anos as inovações e avanços tecnológicos para os papéis dessas categorias eram lineares, ou seja, voltadas unicamente para melhorias de desempenho de seus produtos, considerando a finalidade a que destinavam, ou para diminuição de custos de fabricação e transporte. Deste modo, bastava comparar dados de desempenho antes e depois das modificações introduzidas, assim como os custos-benefícios para verificar se os objetivos perseguidos tinham sido atingidos.

Também, a velocidade com que as inovações e melhorias ocorriam eram outra. Por exemplo, na categoria de papel para imprimir e escrever, o processo que introduziu o papel alcalino (colagem alcalina) em substituição ao papel ácido (colagem ácida), visando melhoria na permanência dos papéis dessa categoria ao longo do tempo, foi resultado de estudos que se iniciaram na década de 1960. Porém, apenas na década de 1980 é que a Europa e os Estados Unidos passaram a fabricar papéis alcalinos para imprimir e escrever, sendo que no Brasil isto ocorreu apenas em meados da década de 1990. Hoje, pode-se dizer, que todos os papéis destinados à impressão e escrita são alcalinos.

Atualmente, além da pressão para que as inovações ocorram em um espaço mais curto de tempo, as questões não podem ser vistas sob contornos limitados dentro de uma determinada cadeia, mas sim com um olhar mais ampliado. Em outras palavras, não basta considerar apenas o desempenho do produto referente à sua finalidade ou seus custos. Qualquer desenvolvimento tem que levar em conta todo o arcabouço de metas e conceitos que hoje vigoram e criam pressões que, de certo modo devem ser atendidas. De maneira simplificada, devem ser consideradas as metas da ODS –Objetivos para o Desenvolvimento sustentável (Figura 1), assim como a transição de uma cadeia de valor linear para uma cadeia de valor circular² (Figura 2), além da empresa na qual o desenvolvimento está sendo realizado ter como estratégia a Governança Ambiental, Social e Corporativa (ESG)³.

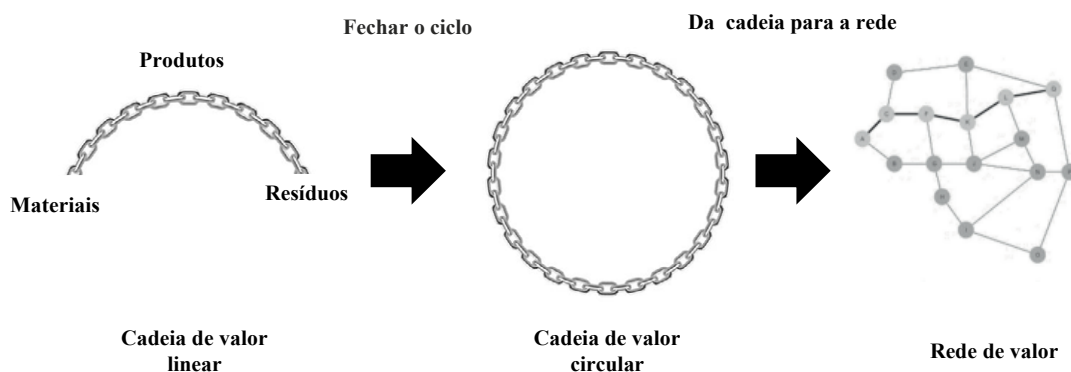
A Metrologia, como ciência da medição, está envolvida em todas as inovações e avanços tecnológicos tanto de antes como da atualidade, pois é necessário medir

para verificar ou provar se os avanços e as inovações ocorreram de fato. Há, também, uma grande distância entre o mundo perfeito das ideias e das intenções com a realidade e, pode-se dizer, que a metrologia é responsável por trazer uma situação à sua realidade factível, com medições possíveis de serem realizadas e que sejam metrologicamente confiáveis.

Figura 1 – Metas ODS para 2030¹



Figura 2 – Imagem de uma transição simplificada de cadeia de valor linear para cadeia de valor circular



Fonte: Adaptado de referência 2, Anexo E.

O conceito de sustentabilidade permeia as ideias e demandas da atualidade, mas ele é abstrato por si só, e pode ter entendimentos diversos, dependendo de onde vem o olhar. Este fato pode gerar dificuldade na definição de parâmetros e indicadores mensuráveis e comparáveis.

Indicadores gerais de medidas de impacto, como os apresentados na Tabela 1 podem ser usados, mas nem sempre simplificar é a medida adequada. Por exemplo, quando a questão é medir a circularidade é necessário formar conjuntos separados de indicadores, para cada atividade diferentes, sendo que frequentemente é necessários aplicar taxonomia⁴.

Tabela 1 – Exemplo de Indicadores gerais de medidas de impacto

INDICADOR	UNIDADE USUAL DE EXPRESSÃO
Aquecimento global: total das emissões de gases de efeito estufa	Kilograma de CO ₂ equivalente
Perda relativa de espécies causada por um tipo específico de uso da terra	m ² /ano de cultura anual equivalente
Vulnerabilidade das bacias ao esgotamento da água doce e água doce retirada de reservatórios naturais e não recuperada	m ³ equivalente
Soma da quantidade de energia demandada	MJ

Pelo exposto é possível observar o quanto a metrologia em toda sua complexidade está envolvida na evolução e inovação tecnológica da fabricação do papel. Ainda, quaisquer que sejam as camadas consideradas para uma inovação tecnológica o seu início será a coleta de dados confiáveis e rastreáveis, que permitam conhecer a situação, desenvolver soluções e identificar oportunidades e novas formas de abordagem. Além disso, medições devem acompanhar todo o processo do desenvolvimento da inovação.

Referências bibliográficas

¹ Nações Unidas Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> . Acesso em 15.03.2024.

² ISO/DIS 59010 – *Circular Economy- Guidance on the transition of business models and value network. Draft International Standard*, 2023.

³ Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT PR 2030:2022. Versão corrigida :2023 – Ambiental, social e governança (ESG)- Conceitos, diretrizes, e modelos de avaliação e direcionamento para organizações. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=ZWcvVjhseT-QydmFZSnF1MFIISSsrc1J4bUh0Y0M0Mjg4NjhScm9uY1dPOD0=>. Acesso em 19.03.2024.

⁴Saidani,M.;Yannou,B.;Leroy,Y; Cluzel,F; Kendall,A. **A taxonomy of circular Economy Indicators**. J.Clean.Prod.2019,207,542-559.



Quais são as principais medidas relacionadas a tempo?

Fabrício Gonçalves Torres
Diogo Cesar Borges Silva

Junho 2024

O parâmetro *tempo* está presente na vida das pessoas de diversas formas: tempo para se deslocar de casa ao trabalho, tempo de descanso, tempo de espera etc. Na indústria, o tempo está diretamente relacionado à qualidade dos produtos e à eficiência dos processos.

Há grandezas relacionadas intrinsecamente ao *tempo*, cada uma com suas aplicações e métodos de medição. A seguir, apresentamos algumas dessas medidas.

Intervalo de tempo é o tempo decorrido em um evento definido, não necessariamente de caráter periódico. Este tipo de medição ocorre em casos diversos tais como: o tempo de polpação da madeira em um sistema *batch* e a medida de largura de pulso de um bit, presente em um sinal digital. A medida de intervalo de tempo pode ser realizada por meio de diversos equipamentos, sendo o cronômetro um dos mais utilizados. No entanto, o cronômetro não se aplica para medidas de tempo inferiores a 1 segundo, sendo o contador universal um equipamento com melhor exatidão (Figura 1).

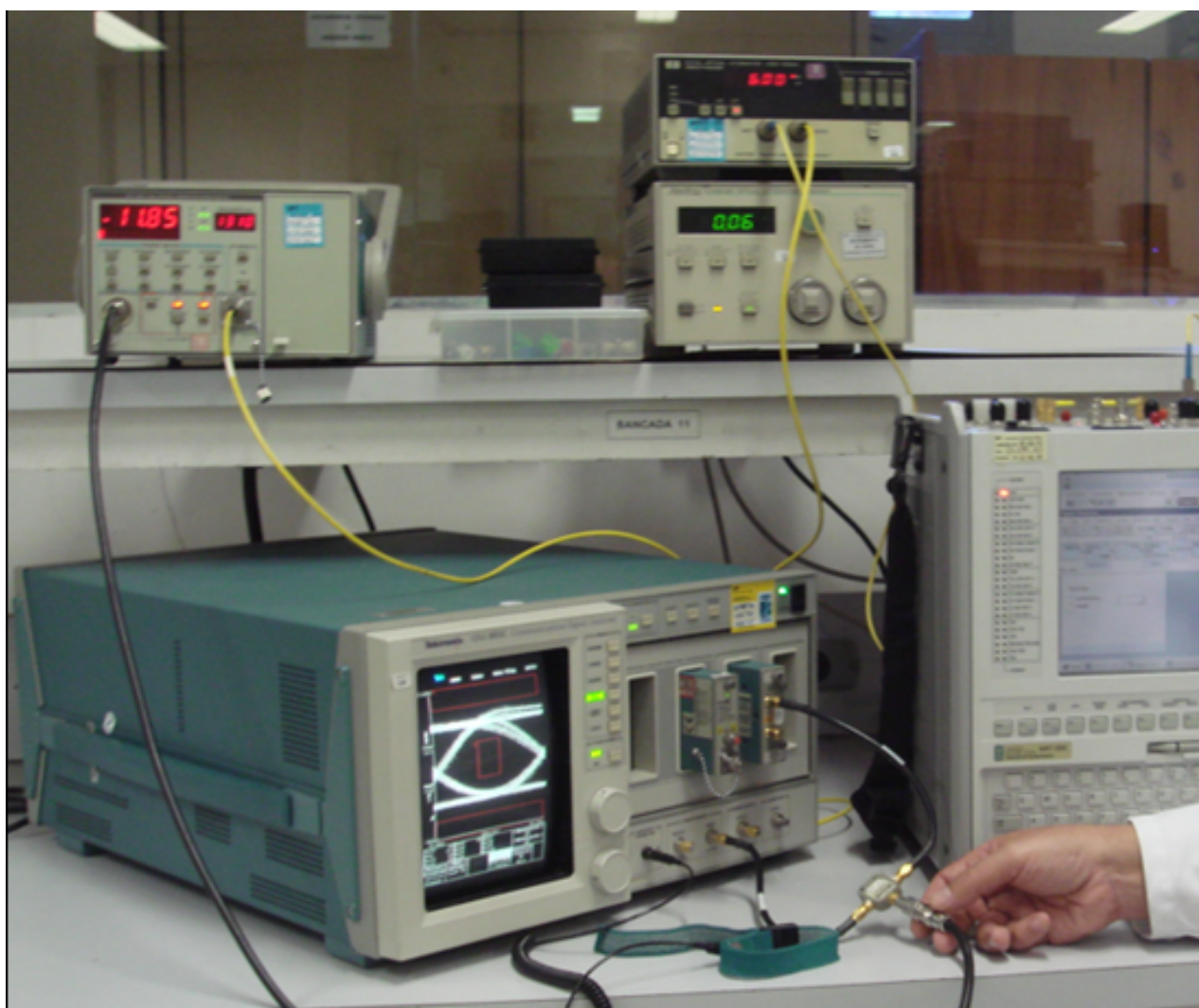
Figura 1 – Imagem de cronômetros e do equipamento empregado na sua calibração



Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT

Período é um tipo especial de intervalo de tempo, que indica o tempo transcorrido entre dois eventos definidos em um sinal periódico, onde esses eventos ocorrem sempre em intervalos de tempo regulares. Por exemplo, o tempo entre os dois pontos de máxima amplitude em um sinal senoidal. O equipamento comumente utilizado para a medição do período é o osciloscópio, sendo que os mais modernos apresentam medidas automáticas e possibilitam, inclusive, a conversão para outras unidades (Figura 2).

Figura 2 – Imagem de osciloscópio de amostragem para medições de sinais digitais

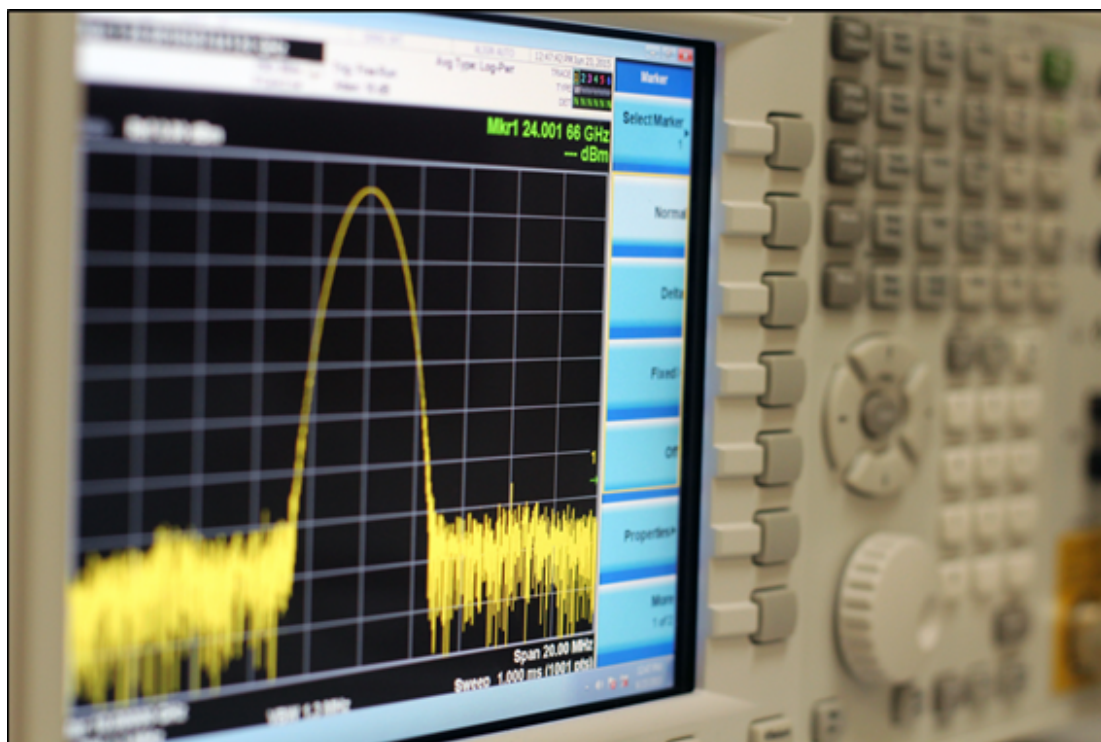


Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT

Frequência é a grandeza física que indica a quantidade de eventos periódicos ocorrida em uma dada unidade de tempo, usualmente, expressa em hertz (Hz). Por exemplo, dizer que as redes de alimentação possuem frequência de 60 Hz, significa dizer que a senoide do sinal elétrico se repete 60 vezes a cada 1 s. A medição de frequência é necessária em diversas aplicações. Em sistemas de comunicação sem fio, esta medição é crucial para garantir que os sinais sejam transmitidos sem que haja interferência, já que o espectro eletromagnético é limitado. Também, é a partir da frequência que se obtém a taxa de transmissão em sistemas digitais, usualmente definida em bits por segundo.

Embora *frequência* e *período* estejam intimamente relacionados, podendo causar a impressão que ambas as grandezas possuem a mesma importância, de fato, cada uma delas pode oferecer informações diferentes para o diagnóstico de um sinal. Medidas de *jitter* (variações aleatórias no intervalo de tempo entre chegadas de pacotes de dados digitais) são normalmente obtidas por meio de osciloscópios no *domínio do tempo*. Por outro lado, analisadores de espectro (Figura 3) são ideais para medições de distorção harmônica, facilmente obtidas no *domínio da frequência*.

Figura 3 – Imagem de analisador de espectro para medição de sinal no *domínio da frequência*.



Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT

A *escala de tempo* é também um tipo de medição de intervalo de tempo, porém, é baseada em fenômenos astronômicos. *Tempo Universal* (UT), por exemplo, é definido como o tempo médio solar no meridiano de Greenwich, sendo frequentemente expresso em horas, minutos e segundos. O *Tempo Universal* é calculado com base na rotação da Terra em torno de seu eixo e é ajustado periodicamente para levar em conta as irregularidades na velocidade de rotação da Terra.

O *Tempo Universal* é uma referência importante para a astronomia e outras áreas da ciência que dependem de medições exatas de tempo. No entanto, ele é menos utilizado em aplicações cotidianas do que outras escalas de tempo, tal como o *Tempo Universal Coordenado* (UTC), que é utilizado como referência para harmonizar os relógios do mundo todo, a partir de relógios atômicos e ajustado periodicamente para manter uma diferença constante em relação ao *Tempo Universal* (UT).

Atualmente, o UTC é propagado pela Internet por meio de uma rede de servidores de tempo distribuídos globalmente, conhecida como NTP (*Network Time Protocol*). Os servidores da NTP sincronizam seus relógios com fontes exatas de tempo, como os relógios atômicos mantidos pelo *Bureau International des Poids et Mesures*¹ e, em seguida, fornecem o tempo exato para outros dispositivos em toda a rede.

Os dispositivos clientes, como computadores e *smartphones*, podem sincronizar seus relógios com os servidores NTP, permitindo que operem com a hora correta. Essa sincronização exata do tempo é essencial para muitos sistemas e aplicativos do mundo globalizado de hoje em dia, incluindo sistemas de comunicação, transações financeiras, operações de infraestrutura crítica e muito mais.

Referência bibliográfica

¹Bureau International des Poids et Mesures. Disponível em: <https://www.bipm.org/en/>. Acesso em 04.04.2024.



Pode haver controvérsia na medição de vazão?

José Eduardo Prata

Julho 2024

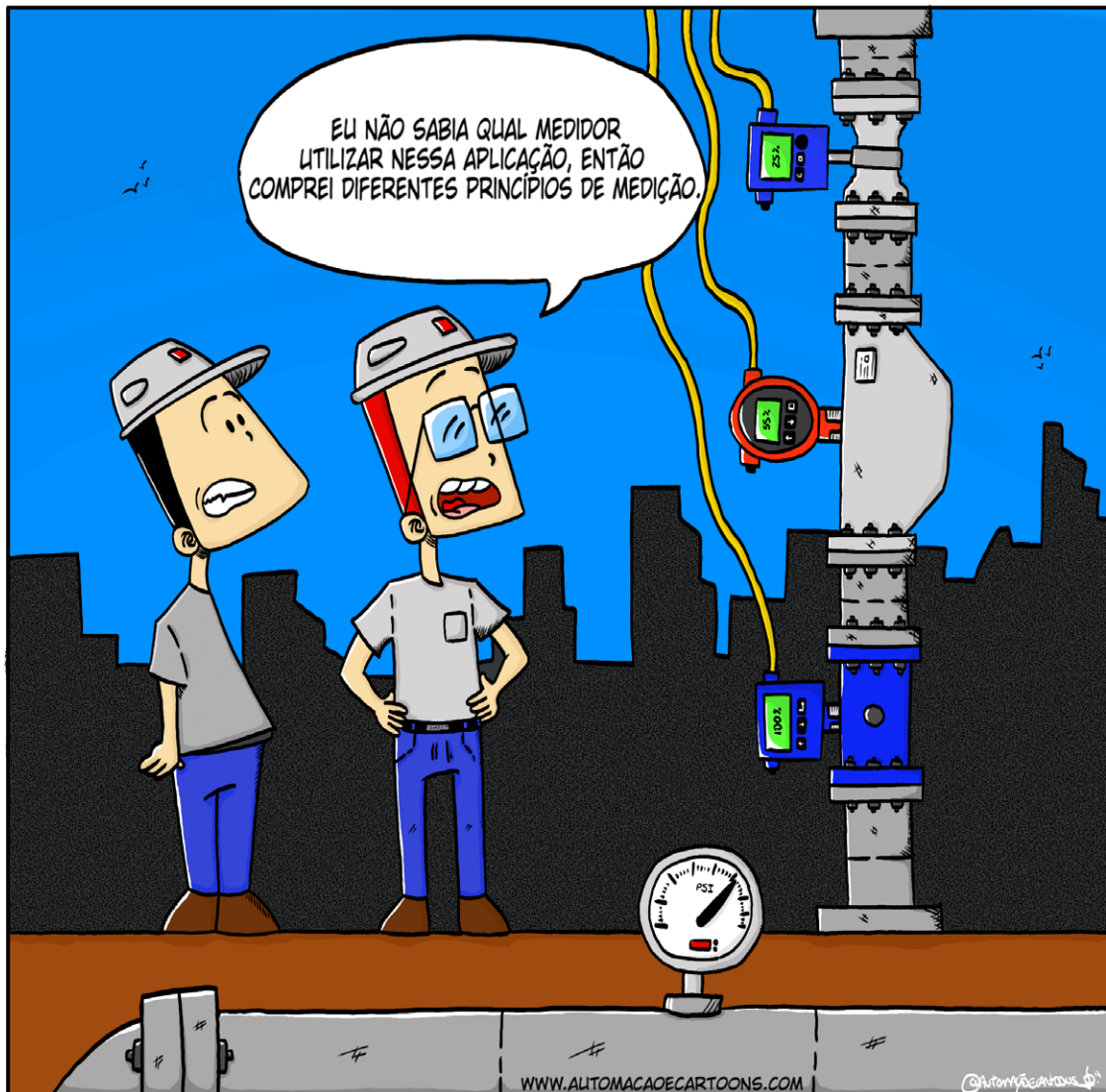
A medição de vazão desempenha um papel fundamental nas indústrias, permitindo que processos críticos sejam monitorados e controlados com precisão. No entanto, a realização dessa medida não está isenta de desafios e de eventuais discordâncias entre as partes envolvidas, as quais podem surgir tanto dentro de uma única indústria quanto entre indústrias diferentes. Os problemas geralmente estão associados à utilização de diferentes tecnologias de medição, interpretações de normas e regulamentos, bem como questões de confiabilidade e precisão dos equipamentos utilizados.

Dentro de uma indústria, divergências relacionadas à medição de vazão podem surgir devido a várias razões. Por exemplo, diferentes setores ou equipes dentro da mesma empresa podem preferir ou utilizar tecnologias de medição distintas para a mesma corrente. Isso pode levar a diferenças nos dados coletados e interpretados, dificultando a padronização e a eficácia dos processos industriais. Além disso, questões relacionadas à manutenção e à calibração dos instrumentos de medição podem vir à tona, afetando a credibilidade dos resultados. A Figura 1 ilustra de maneira bem humorada como a medição de vazão é um ponto crítico dentro da gestão operacional de uma planta industrial e demanda elevada capacidade técnica diante das escolhas a serem tomadas.

Entre indústrias diferentes, com ocorrência de transferência de custódia de fluídos entre ambas, problemas podem surgir quando há a necessidade de se comparar ou integrar dados de vazão de fontes distintas. Por exemplo, em processos industriais que envolvem múltiplos fornecedores ou parceiros, cada um deles pode utilizar tecnologias diferentes, resultando em divergências nos dados de vazão relatados e processados. Isso pode gerar dificuldades na avaliação do desempenho geral dos sistemas, na identificação de eventuais problemas, no aprimoramento dos processos e no faturamento do fluído transferido. Além disso, formas diferentes de se coletar e consolidar os dados de medição podem levar a incompatibilidades intrínsecas que gerarão discordâncias e fatalmente disputas futuras.

Ademais, questões legais e regulatórias podem surgir quando há disparidades nos dados de vazão reportados. Por exemplo, em setores altamente regulamentados, como óleo e gás, ambiental, saneamento e alimentício, a precisão e confiabilidade dos dados de vazão são essenciais para garantir a conformidade com normas e regulamentos governamentais. Discordâncias quanto a essas medições podem levar a disputas legais, multas e danos à reputação das empresas envolvidas.

Figura 1 – Ilustração alusiva à medição de vazão



Fonte: Referência 1

Para mitigar as divergências associadas à medição de vazão, é crucial implementar práticas e procedimentos robustos de gestão da qualidade. Isso inclui a padronização das tecnologias adotadas, promoção de programas de calibração e manutenção regulares, além da adoção de normas e regulamentos reconhecidos internacionalmente. Igualmente, a colaboração entre as partes interessadas, incluindo fabricantes, fornecedores, reguladores e organizações de normalização, se faz essencial para promover a interoperabilidade e a confiabilidade dos sistemas de medição de vazão. A Figura 2 apresenta exemplos da atividade de inspeção dimensional e de qualidade superficial em sistemas de medição de vazão, serviço que é altamente demandado pelo setor de óleo e gás para manutenção da confiabilidade metrológica e atendimento aos requisitos legais exigidos pelos órgãos regulatórios brasileiros.

Paralelamente, o treinamento e a efetiva conscientização dos profissionais envolvidos nos processos de medição são igualmente importantes para garantir a compreensão adequada dos procedimentos, normas e requisitos regulatórios. A comunicação eficiente entre as partes interessadas, auditorias e revisões sistemáticas dos processos de medição também contribuem para a mitigação dos efeitos de eventuais não conformidades.

Em resumo, as controvérsias associadas à medição de vazão podem representar desafios significativos para as indústrias, afetando a eficiência operacional, a conformidade regulatória e a integridade dos processos industriais. Contudo, através da adoção de práticas de gestão da qualidade e de metrologia adequadas, juntamente com a colaboração entre as partes interessadas, é possível minimizar os problemas e garantir a precisão e confiabilidade das medidas.

Figura 2 – Imagens de inspeção metrológica dimensional em gás com: (a) medidor ultrassônico; (b) medidor tipo placa de orifício (acervo TRM/IPT)



Fonte: Acervo do Laboratório de Vazão do IPT

Referência bibliográfica

¹ Automação & Cartoons. Disponível em: <https://automacaoecartoons.com/2017/12/10/medidores-de-vazao/>. Acesso em 5.4.2024



Os cronômetros precisam ser calibrados?

Diogo Cesar Borges Silva;
Fabrício Gonçalves Torres

Agosto 2024

Todo instrumento de medição que gera medidas relevantes a processos produtivos deve ser calibrado. O cronômetro, que é um medidor de intervalo de tempo não foge à regra. Por exemplo, em certos ensaios na área de papel e celulose, as medidas de intervalo de tempo podem influenciar significativamente o resultado de um ensaio, podendo tornar o produto sob ensaio conforme ou não-conforme, de acordo com alguma norma específica. A calibração garante a redução de falsos positivos ou negativos em tomadas de decisão.

Cronômetros podem ser mecânicos ou digitais, tipicamente têm resolução de 1 centésimo de segundo (0,01 s) e são indicados para medidas de tempo superiores a 1 segundo. De forma simples, seu funcionamento se baseia na observação de uma espécie de pêndulo interno, chamado de *oscilador*, que oscila em um intervalo de tempo regular. Quando uma medição é iniciada, o número de oscilações é convertido em uma indicação de tempo em uma relação previamente conhecida. O conjunto composto pelo oscilador interno e seu contador é chamado de *base de tempo interna* e é ela quem define a exatidão de um cronômetro.

Em cronômetros analógicos (Figura 1) esta base de tempo é composta por uma *roda de balanço* e uma âncora. Este tipo de cronômetro não necessita de energia elétrica, sendo apenas necessário dar corda periodicamente para que funcione.

Figura 1 – Cronômetro analógico



Figura 2 – Cronômetro digital



Fonte: Imagens da internet

Cronômetros digitais (Figura 2) usam como oscilador um cristal de quartzo, que vibra a uma frequência constante quando aplicada uma tensão elétrica. Cristais de quartzo são bastante estáveis ao longo do tempo e, por isso, são boas referências para outros instrumentos de medição, além do cronômetro, tais como o contador universal. Adicionalmente, por serem mais facilmente produzidos em larga escala, os cronômetros digitais tendem a ser mais baratos e, portanto, mais utilizados.

O uso de cronômetros envolve alguns cuidados gerais, tais como a limpeza, que é bastante importante por afetar o funcionamento dos botões. Adicionalmente, para cronômetros digitais é necessário verificar a bateria, já que uma bateria que ofereça um nível de tensão insuficiente fará com que o oscilador não funcione corretamente, resultando em erros de medição.

Calibração de cronômetros

Uma calibração tem como objetivo garantir a rastreabilidade metrológica e estimar os erros sistemáticos e aleatórios inerentes às medidas de um instrumento de medição.

No caso de cronômetros digitais, a exatidão típica dos cristais de quartzo utilizados nestes instrumentos pode variar de 1 segundo a cada 2 anos, dependendo da pureza e do corte do material. Dessa forma a calibração se torna necessária para garantir que essa variação seja observada e compensada de modo a não afetar os processos onde o cronômetro é utilizado.

A periodicidade entre calibrações pode variar de acordo com o grau de importância de suas medidas no processo produtivo, com o armazenamento, com o acondicionamento e; com o número de vezes em que o instrumento é usado, entre outros fatores. Geralmente a calibração anual é satisfatória, porém deve ser feita uma análise dos resultados presentes nos Certificados de Calibração do instrumento, assim como qualquer ocorrência atípica.

A calibração de um cronômetro é feita comparando sua indicação com a de um padrão de tempo, cuja exatidão seja melhor que a do cronômetro sob calibração. Esta comparação pode ser manual ou automatizada.

Na calibração manual, um técnico treinado e capacitado realiza diversas medidas por meio do acionamento dos botões parte/para com auxílio de um dispositivo que gera sinais audiovisuais. Uma vantagem deste método é que ele é o mais próximo da forma como o instrumento é utilizado.

Em uma calibração automatizada o cronômetro sob calibração e o padrão de tempo são acionados por um atuador eletrônico que inicia e encerra a contagem de tempo. Essa forma de calibração tem a vantagem de possibilitar medidas de valores inferiores a 1 s. Entretanto, algumas fontes de incerteza podem acabar sendo negligenciadas, como, por exemplo, as imperfeições presentes no acionamento dos botões do instrumento. Métodos mais modernos de calibração automatizada envolvem o uso de sistemas de câmeras com alta taxa de amostragem e a posterior análise quadro a quadro para verificar a diferença de leitura entre o cronômetro e o padrão.

Para maior confiabilidade e alinhamento com padrões internacionais de qualidade é sempre recomendado que as calibrações sejam realizadas por laboratórios pertencentes à Rede Brasileira de Calibração (RBC) do Inmetro¹, que é um sistema de consultas aos Escopos de Acreditação dos laboratórios de Calibração e Acreditados segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025².

Referências bibliográficas

¹ Rede Brasileira de Calibração – RBC. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/lista_laboratorios.asp. Acesso em 21.06.2024.

² ABNT NBR ISO/IEC 17015- Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em 21.06.2024.



Demandas ambientais podem influenciar rotulagem de produtos de papel?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

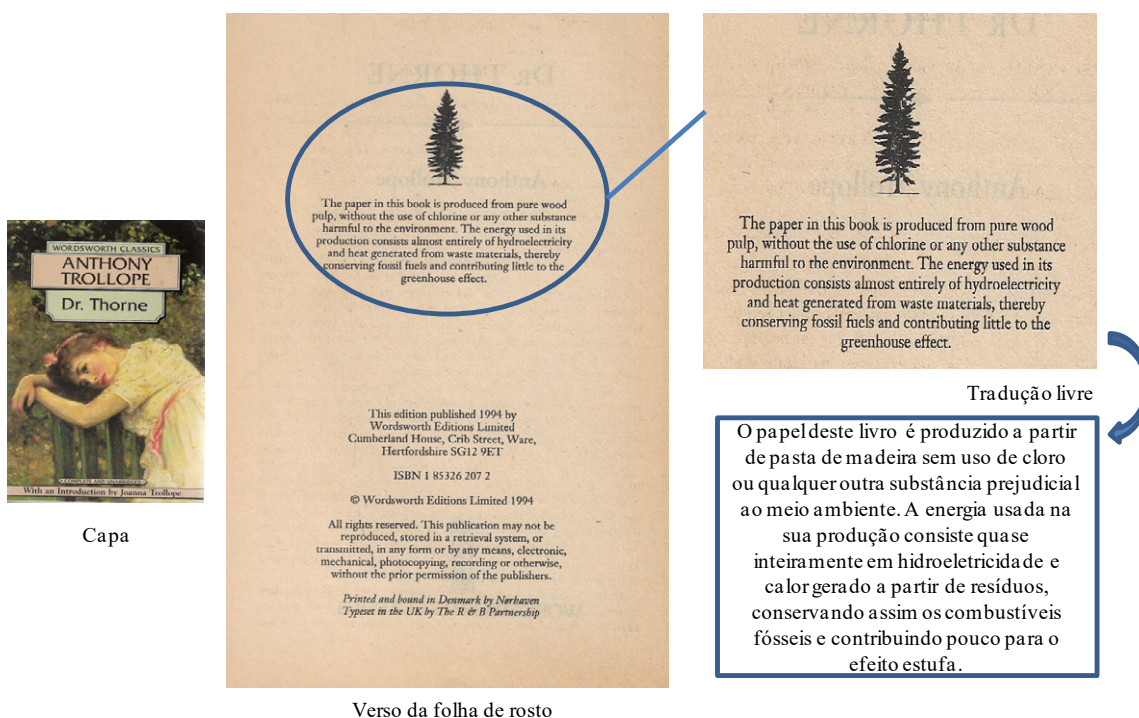
Setembro 2024

Demandas ambientais, principalmente se realizadas, levam a mensagens em rótulos de embalagens de produtos de papel, ou até no próprio produto. Fato que ocorre há tempos.

Na década de 1990, o branqueamento de pasta celulósica procedente de processo químico era uma sequência de etapas sendo a primeira a de “cloração”, que consistia no tratamento da pasta celulósica com cloro (Cl_2). Este agente fragmentava a lignina e esses fragmentos eram extraídos na etapa seguinte, em um tratamento com solução alcalina de hidróxido de sódio. O efluente resultante da extração alcalina possuía uma quantidade grande e variada de organoclorados, que não eram retirados totalmente no processo de tratamento dos efluentes, contaminando as águas dos rios onde eram lançados¹.

Eliminar o cloro do processo de branqueamento foi um dos grandes desafios enfrentado pelos fabricantes de pasta celulósica química e questão largamente comentada e propalada na década de 1990, o que remetia à divulgação dos feitos de sucesso, quer em forma de artigos técnicos ou de mensagem nas embalagens ou nos produtos de pasta celulósica. Este foi o caso da editora britânica *Wordsworth Editions*, que no verso da folha de rosto de seus livros editados nessa década colocava uma mensagem aludindo que o papel de seus livros foi produzido sem o uso de cloro molecular (Cl_2) e, ainda completava, também, sem o uso de energia vinda de combustível fóssil (Figura 1).

Figura 1 – Imagens da capa e verso da folha de rosto de publicação de 1994 da editora Wordsworth

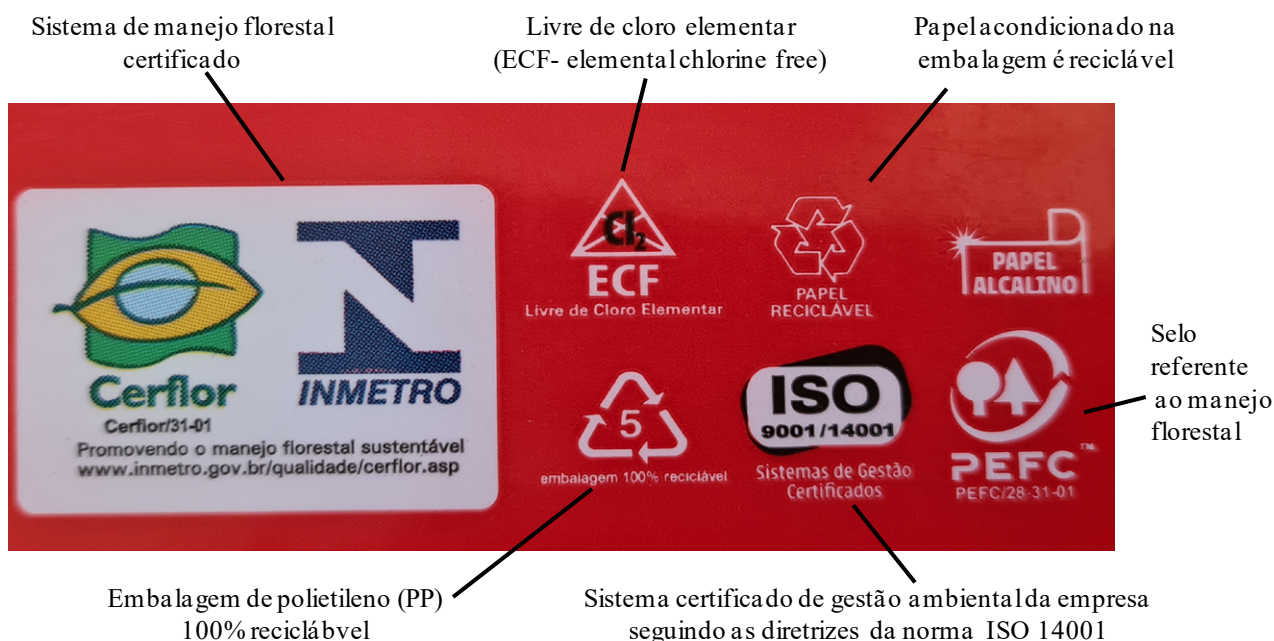


O interessante no caso da editora britânica *Wordsworth* é que na década de 1990 ela era conhecida pelas suas edições de baixo custo, ou seja, livros vendidos por uma libra, tendo capa mole e sendo usado na impressão do miolo papel procedente de pasta de alto rendimento (papel jornal). No branqueamento de pastas de alto rendimento nunca se usou cloro ou seus compostos, sendo o usual na época o emprego de ditionito de zinco.

Atualmente, não se usa cloro molecular (Cl_2) nas sequências de branqueamento de pastas celulósicas químicas e tampouco nas de alto rendimento, logo, mensagens sobre o uso de cloro como o da editora *Wordsworth* seriam desnecessárias.

Entretanto, mensagens iniciadas por movimentos ambientais ao longo do tempo podem se acumular a fim de evidenciar e demonstrar o atendimento a elas. A Figura 2 exemplifica bem este fato.

Figura 2 – Mensagem na embalagem de uma resma de papel de fabricação recente.



A questão da reciclagem se inicia com o movimento 3Rs² da sustentabilidade (reduzir, reutilizar e reciclar), também da década de 1990, mas que adquiriu ao longo do tempo novos contornos e conceitos como o da circularidade².

Os selos de manejo florestal referem-se ao fato de que a empresa se preocupa com a sustentabilidade da floresta, atendendo pontos sociais, ecológicos e econômicos. No caso do papel esta certificação é obtida por cadeia de custódia. Os selos mais comuns são: FSC, PEFC e Cerflor, sendo os dois primeiros criados na década de 1990 e o último em 2002.

- FSC, do *Forest Stewardship Council*³ garante que a empresa está em conformidade com os padrões de qualidade e seguem os princípios e critérios do *Forest Stewardship Council*.
- PEFC referente ao *Program for the Endorsement of Forest Certification Scheme*⁴, assim como no caso do FSC, garante que a empresa está em conformidade com os princípios e critérios definidos por esse programa.

- Cerflor relacionado ao Programa Brasileiro de Certificação Florestal⁵ garante que a empresa atende os critérios e indicadores prescritos nas normas elaboradas pela ABNT e integradas ao Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade e ao Inmetro.

A acreditação pela norma ABNT NBR ISO 14001- Sistema de Gestão Ambiental⁶ denota que a empresa busca gerenciar suas responsabilidades ambientais de uma forma sistemática, que contribui para a sustentabilidade.

Muitos selos existem relacionados às questões de sustentabilidade e outros surgirão, com a evolução do conhecimento e da tecnologia e com a conscientização sobre a importância de preservar o meio ambiente, como, por exemplo, o Selo Verde criado pelo Decreto Presidencial N°12062, de 18.06.2024, para produtos que atendam a sustentabilidade sociambiental e que terá regras ainda a serem delineadas pela ABNT.

É importante ressaltar que todos os selos mencionados, assim como outros que virão devem estar direta ou indiretamente relacionados a parâmetro de medições, o que remete à metrologia.

Referências bibliográficas

¹ Comitê de Efluentes. *Organoclorados em fábricas de celulose*. O Papel 54(07): 40 – 45. (1993). Disponível em: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Organoclorados+Fabricacao+Celulose.pdf. Acesso 18.06.2024.

² Lamardo, M.L.O.D. A metrologia também se aplica à economia circular?. O Papel, março 2022, páginas 64-65. Disponível em: <https://www.opapeldigital.org.br/pub/papel/?numero=101&edicao=11782#page/64>. Acesso 18.06.2024.

³ *Forest Stewardship Council*. Disponível em: <https://fsc.org/en>. Acesso 18.06.2024.

⁴ *Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes*. Disponível em: <https://pefc.org/discover-pefc/what-is-pefc>. Acesso 18.06.2024.

⁵ Certificação Cerflor. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/certificacao-florestal/322-certificacao-cerflor>. Acesso 18.06.2024.

⁶ ABNT NBR ISO 14001. Sistema de Gestão Ambiental- Requisitos com orientações para uso. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso 18.06.2024



O que é RoHS e qual a relação com o setor de celulose e papel?

Ricardo Rezende Zucchini

Outubro 2024

A Diretiva de Restrição de Substâncias Perigosas (RoHS) é uma regulamentação da União Europeia que visa limitar o uso de substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos, mas tem se estendido ao setor de embalagem desses produtos, uma vez que embalagem se tornam resíduos, geralmente recicláveis.

Desde a sua implementação inicial em 2003, a diretiva RoHS passou por duas revisões e atualizações para acompanhar o avanço tecnológico e as novas descobertas científicas sobre os impactos das substâncias perigosas. A versão original, RoHS 1¹ (Diretiva 2002/95/EC), foi uma resposta direta à crescente preocupação com o descarte inadequado de resíduos eletrônicos e seus efeitos nocivos ao meio ambiente, restringindo a presença de Chumbo (Pb), Mercúrio (Hg), Cádmio (Cd), Cromo Hexavalente (Cr⁺⁶) e Bifenilas Polibromadas (PBB).

Em 2011, a diretiva foi revisada e ampliada, resultando na RoHS 2² (Diretiva 2011/65/EU). Esta versão introduziu novos requisitos de conformidade, expandiu o escopo para incluir mais tipos de equipamentos elétricos e eletrônicos e estabeleceu uma estrutura para a futura inclusão de novas substâncias. Além disso, a RoHS 2 impôs requisitos mais rigorosos para a documentação e declaração de conformidade, incentivando as empresas a adotar sistemas de gestão ambiental mais robustos.

Em 2015, a diretiva foi novamente revisada, levando à introdução da RoHS 3³ (Diretiva 2015/863/EU), que adicionou quatro novas substâncias à lista de restrições: ftalato de bis(2-etilhexila) (DEHP), ftalato de benzilbutila (BBP), ftalato de dibutila (DBP) e ftalato de diisobutila (DIBP). Essas substâncias são amplamente utilizadas como plastificantes em produtos eletrônicos e em vários outros materiais.

O Quadro 1 apresenta a evolução da Diretiva RoHS e os compostos restritos e o Quadro 2 uma comparação entre as versões.

Embora a certificação da RoHS não seja obrigatória no Brasil, algumas empresas brasileiras que exportam para mercados internacionais, como a União Europeia, os Estados Unidos e alguns países asiáticos, estão adotando práticas para aumentar a conformidade com a RoHS, impulsionadas pela necessidade de competitividade global e por demanda de clientes internacionais. A inclusão de mais substâncias na revisão dessa diretiva em 2015, destacou a necessidade de uma vigilância contínua e uma adaptação constante das indústrias para permanecerem em conformidade.

A conformidade com a diretiva RoHS também é um passo importante na promoção da sustentabilidade ambiental. A diretiva limita o uso das substâncias prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Para a indústria isso significa uma necessidade crescente de monitorar e controlar a presença dessas substâncias em seus processos de produção e em seus produtos finais. Adotar práticas que atendam às exigências da RoHS não só contribui para a preservação ambiental, mas também melhora a imagem das empresas, que passam a ser vistas como responsáveis e comprometidas com a sustentabilidade.

Quadro 1 – Compostos restritos presentes nas diferentes versões da RoHS

COMPOSTO	LIMITE	ROHS 1	ROHS 2	ROHS 3
Chumbo (Pb)	0,1 %	Presente	Presente	Presente
Mercúrio (Hg)	0,1 %	Presente	Presente	Presente
Cádmio (Cd)	0,01 %	Presente	Presente	Presente
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	0,1 %	Presente	Presente	Presente
Bifenilos polibromados (PBB)	0,1 %	Presente	Presente	Presente
Éteres difenílicos polibromados (PBDE)	0,1 %	Presente	Presente	Presente
Ftalato de bis(2-etilhexila) (DEHP)	0,1 %	Não presente	Não presente	Presente
Ftalato de butilbenzila(BBP)	0,1 %	Não presente	Não presente	Presente
Ftalato de dibutila (DBP)	0,1 %	Não presente	Não presente	Presente
Ftalato de diisobutila (DIBP)	0,1 %	Não presente	Não presente	Presente

Quadro 2 – Comparação entre as versões da RoHS

ASPECTO	ROHS 1	ROHS 2	ROHS 3
Objetivo	Limitar 6 substâncias perigosas	Limitar 6 substâncias perigosas e expandir o escopo e controle	Limitar 10 substâncias perigosas, incluindo os ftalatos
Escopo	Categorias específicas de EEE (equipamentos elétricos e eletrônicos)	Categorias adicionais, incluindo dispositivos médicos e instrumentos de monitoramento	Mesmas categorias da RoHS 2, com escopo expandido
Requisitos de conformidade	Limitar substâncias nos produtos	Marcação CE*. Declaração de conformidade documentação técnica	Manter requisitos da RoHS 2 com escopo expandido
Monitoramento e aplicação	Variável entre Estados Membros da Comunidade Europeia	Processo harmonizado de monitoramento e aplicação	Processo harmonizado com atualização de substâncias monitoradas
Declaração de conformidade	Não exigida	Exigida com documentação técnica suporte	Exigida incluindo novos compostos restritos
Envolvimento de cadeia de suprimentos	Não especificado claramente	Responsabilidade clara para fabricantes importadores e distribuidores	Mesmas responsabilidades da RoHS 2 com foco em novos compostos

* Marcação CE - indicativo de conformidade obrigatória para diversos produtos comercializados no Espaço Econômico Europeu

A regulamentação europeia RoHS representa um desafio e uma oportunidade para a indústria brasileira. Ao adotar práticas que garantam a conformidade, as empresas não apenas protegem o meio ambiente, mas também asseguram sua competitividade no mercado global. Estar em conformidade com a RoHS, portanto, posiciona as empresas brasileiras de forma competitiva em uma arena global onde a conformidade regulatória é cada vez mais valorizada.

Referências bibliográficas

¹ União Européia. *Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment*. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0095>. Acesso em 5.07.2024

² União Européia. *Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast) Text with EEA relevance*. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32011L0065>. Acesso em 5.07.2024

³ União Européia. *Commission Delegated Directive (EU) 2015/863 of 31 March 2015 amending Annex II to Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council as regards the list of restricted substances (Text with EEA relevance)*. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32015L0863>. Acesso em 5.07.2024.



Para Metrologia Mecânica a gravidade local é importante?

Marcelo Tadao Saita

Novembro 2024

A metrologia desempenha um papel fundamental na garantia da confiabilidade das medições, com a aceleração gravitacional sendo um fator crítico que afeta diversas grandezas. A força exercida nos corpos pela gravidade, quando devidamente considerada em conjunto com outros fatores de influência, pode ser utilizada para gerar rastreabilidade de medições.

O valor padrão da aceleração da gravidade é $9,80665 \text{ m/s}^2$ e se refere a um valor teórico da gravidade a uma latitude de 45° ao nível do mar¹. Para aplicações reais, contudo, o valor da gravidade local pode diferir significativamente deste valor. No Brasil, por exemplo, os dados da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira mostram que essa diferença pode chegar a 0,3 %.

O Grupo de Gravimetria e Metrologia da Gravidade Terrestre do Observatório Nacional, unidade de pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - ON/MCTI, realiza a medição da gravidade local e seu gradiente vertical no Brasil². Essas medições compõem a Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira - RGFB, que consiste num acervo integrado de medições da aceleração da gravidade em diversos locais do país. Estes dados estão disponíveis para consulta no Mapa Eletrônico da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira - RGFB_e, acessível pela página do Observatório Nacional no portal do governo federal (gov.br)³.

No Laboratório de Metrologia Mecânica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – LMM/IPT, a aceleração da gravidade local foi determinada pelo ON/MCTI em duas salas: na Área de Força/Torque, no piso térreo, e na Área de Pressão, no primeiro andar. As medições foram realizadas nas alturas do piso e da bancada para a estimativa do gradiente vertical.

O LMM/IPT utiliza esses valores em conjunto com padrões de referência para realizar calibrações com incertezas de até 0,01%. A Área de Força utiliza máquinas de peso morto (Figura 1) na calibração de instrumentos de medição de força como células de carga e dinamômetros. Já a Área de Torque utiliza máquinas de torque na calibração de transdutores de torque e torquímetros. Por fim, a Área de Pressão utiliza balanças de pressão na calibração de medidores de pressão e vácuo como manômetros digitais e transdutores de pressão.

Para determinar a gravidade local no LMM/IPT, o ON/MCTI utilizou três gravímetros relativos LaCoste & Romberg, modelo “G”, e dois gravímetros relativos Scintrex, modelo “AutoGrav CG-5”. Esses instrumentos foram calibrados ao longo da Linha de Calibração Gravimétrica de Agulhas Negras, onde seus parâmetros foram verificados. Os gravímetros relativos necessitam de uma referência para o transporte do valor da gravidade. Assim, para as medições no LMM/IPT, foi utilizada a estação gravimétrica absoluta número 000707 da RGFB.

Os locais das medições da gravidade no LMM/IPT foram marcados por chapas metálicas circulares cravadas no piso com a inscrição “MCT - Observatório Nacional – Estação Gravimétrica” (Figura 2). Conforme o relatório, os valores medidos podem ser utilizados com uma precisão de três partes em 10^7 , em um raio horizontal de até cinquenta metros e com desnível vertical inferior a um metro.

Figura 1 – Máquina de peso morto de 10 kN



Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Mecânica do IPT

A determinação da aceleração da gravidade no Laboratório de Metrologia Mecânica do IPT, realizada pelo Observatório Nacional, foi essencial para garantir a rastreabilidade metrológica das calibrações realizadas. Essas medições possibilitam ao laboratório alcançar incertezas mínimas, fundamentais para a confiabilidade das medições de força, torque e pressão, contribuindo para a manutenção de padrões elevados de metrologia no Brasil.

Figura 2 – Fotografia da chapa de marcação.



Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Mecânica do IPT

Referências bibliográficas

- ¹ QUINN, Terry. A short history of temperature scales. PTB MITTEILUNGEN, v. 117, n. 3, p. 243, 2007.2
- ² Portal Observatório Nacional - gov.br. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- ³ Mapa eletrônico da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira - RGFB_e. Disponível em: <https://gravimetria.webnode.page/>. Acesso em: 06 ago. 2024.



O que é um osciloscópio e como escolher um bom osciloscópio?

Fabício Gonçalves Torres

Dezembro 2024

Um osciloscópio é um instrumento eletrônico que permite analisar e medir sinais elétricos de forma visual e gráfica. Ele exibe a variação de um sinal elétrico ao longo do tempo, permitindo analisar características como: amplitude, frequência, forma de onda, tensão média, entre outras.

O osciloscópio está entre os instrumentos de medição mais utilizados em diversos setores, devido a sua versatilidade e abrangência de aplicação. Ele é essencial por sua capacidade de medir diferentes grandezas, convertendo-as para sinais elétricos. Por exemplo, na indústria, o osciloscópio auxilia no monitoramento e controle temporal de diversos tipos de transdutores que são usados em processos de automação.

Escolher um bom osciloscópio é crucial, pois a variedade de modelos disponíveis no mercado oferece uma ampla gama de funcionalidades que pode simplificar o trabalho, mas, também, encarecer o produto. É fundamental entender as especificidades de cada equipamento para tomar uma decisão adequada à aplicação que ele terá e garantir a eficiência e exatidão nas medidas.

Osciloscópio analógico ou digital? Qual escolher?

A principal diferença entre os osciloscópios analógicos e digitais está na forma como o sinal é processado e exibido. O osciloscópio analógico utiliza um tubo de raios catódicos, que mostra diretamente o sinal recebido em tempo real, e é controlado por sistemas verticais (para ajustar a tensão) e horizontais (para ajustar o tempo), além de um sistema de gatilho que sincroniza a exibição do sinal. O osciloscópio digital, apesar de funcionar de maneira semelhante ao osciloscópio analógico nos sistemas vertical, horizontal e de gatilho, converte o sinal analógico em digital por meio de um conversor analógico-digital (ADC). Após a digitalização, o sinal é armazenado na memória, permitindo realizar análises mais avançadas, como medições automáticas e transformada rápida de Fourier (FFT), facilitando a interpretação dos dados e a análise no domínio da frequência, por meio da decomposição da função temporal em frequências.

Os osciloscópios digitais (Figura 1) são mais apropriados para a indústria moderna devido às suas capacidades avançadas de processamento, armazenamento e análise de sinais, que superam as limitações dos modelos analógicos. A digitalização do sinal permite que o osciloscópio digital ofereça funcionalidades automáticas e análise rápida de dados, economizando tempo e reduzindo a margem de erro humano.

Figura 1 – Foto de um osciloscópio digital



Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT

Principais Características de um Osciloscópio Digital

Nos osciloscópios digitais é necessário ficar atento às características indicadas a seguir e avaliar o custo-benefício a partir das necessidades de uso.

- **Largura de banda (*Analog bandwidth*):** definida como a frequência na qual um sinal senoidal de entrada sofre uma atenuação de 3 dB, ou 70,7% da sua amplitude original. Para garantir medições confiáveis, recomenda-se que a largura de banda do osciloscópio seja pelo menos cinco vezes maior do que a maior frequência do sinal a ser medido, especialmente em aplicações que envolvem sinais digitais de alta velocidade.
- **Ganho DC (*Gain DC*):** exatidão especificada para medidas de tensão contínua, podendo ser considerada também em frequências baixas.
- **Exatidão horizontal (*Horizontal Accuracy*):** exatidão especificada para medidas de tempo. Usualmente, considera-se a exatidão da base de tempo do instrumento.
- **Taxa de amostragem (*Sample Rate*):** indica quantas amostras são adquiridas por segundo por um osciloscópio digital. Quanto maior a taxa de amostragem, mais detalhado o sinal é reconstruído na tela (menos perda de informação).
- **Resolução do conversor A/D (*Vertical Resolution*):** indica a resolução, em bits, do conversor Analógico / Digital. Define a qualidade com que sinais analógicos são convertidos em digitais.
- **Comprimento do registro (*Record Length*):** indica quantos pontos do sinal são armazenados pelo osciloscópio digital. O comprimento máximo depende do tamanho disponível de memória do osciloscópio.

Algumas das especificações de um osciloscópio podem impactar significativamente seu preço, sem necessariamente trazer benefícios relevantes para o usuário em determinadas aplicações. Por isso, é fundamental que o usuário conheça previamente o tipo de sinal que precisa medir antes de adquirir o equipamento. Fazer as perguntas certas pode orientar essa decisão, como mostrado no Quadro 1, que correlaciona as necessidades específicas às principais especificações do osciloscópio.

Quadro 1 – Relação entre necessidade / especificação de um osciloscópio.

NECESSIDADE	ESPECIFICAÇÃO RELACIONADA
Qual a frequência máxima do sinal que vou medir?	Largura de banda (<i>Analog Bandwidth</i>)
Preciso medir transientes?	Largura de banda (<i>Analog Bandwidth</i>) Taxa de amostragem (<i>Sample Rate</i>)
Preciso medir o nível com boa exatidão?	Ganho DC (<i>Gain DC</i>) Resolução do conversor A/D (<i>Vertical Resolution</i>)
Preciso medir tempo / frequência com boa exatidão?	Exatidão horizontal (<i>Horizontal Accuracy</i>)
Preciso medir sinais complexos / não periódicos?	Taxa de amostragem (<i>Sample Rate</i>) Comprimento do registro (<i>Record Length</i>)

Em resumo, o osciloscópio é uma ferramenta indispensável para quem busca medições valiosas de sinais elétricos no domínio do tempo. Escolher entre modelos disponíveis no mercado requer atenção a detalhes como largura de banda, taxa de amostragem e resolução, sempre levando em conta o tipo de sinal que vai ser analisado. Um bom osciloscópio faz toda a diferença: otimiza processos, economiza tempo e minimiza erros. Por isso, investir no modelo certo representa um investimento na eficiência e qualidade do trabalho.

ANO
2025



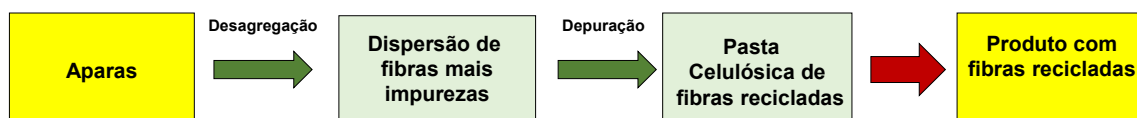
A reciclagem do papel é um processo industrial?

Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Janeiro 2025

A reciclagem do papel é um processo industrial e, como tal, envolve um conjunto de operações unitárias e inúmeras medições, desde a chegada da matéria prima, no caso as aparas de papel, até o produto final (Figura 1).

Figura 1 – Ilustração geral da obtenção de produtos com fibras recicladas

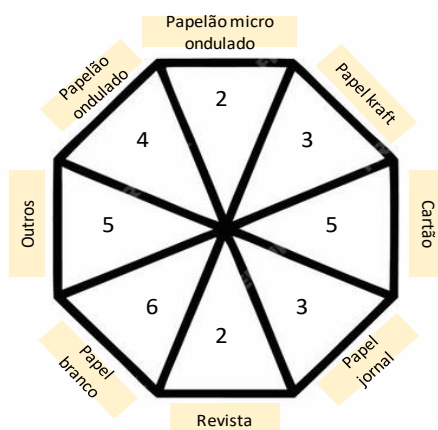


Fonte: Elaborada pelo autor

A reciclagem de papel, como todo processo industrial, também envolve aspectos particulares, entre os quais cinco merecem destaque.

1. A reciclagem de papel exige aparas condizentes com o produto que será fabricado: há no mercado vários tipos de aparas, mas os fabricantes de papel com fibras recicladas usam apenas as aparas adequadas aos produtos que fabrica. A norma ABNT NBR 158439 – *Aparas de papel e papelão ondulado – Classificação*, de 2009, foi revisada em 2024, mas ainda passa pelos processos necessários para sua publicação. Ela trará as oito classificações e as trinta categorias existentes na norma de 2009, com adição de mais três categorias (uma em papelão ondulado e duas em cartão). A norma revisada também terá, para algumas categorias, modificações nos teores máximos de: umidade; impureza (material que compromete o processo de fabricação e pode ser retirado antes do seu início); e material proibitivo (material que compromete a qualidade do papel fabricado e não pode ser retirado antes do processo de fabricação). Os fabricantes de papel com fibras recicladas comprem as aparas de acordo com a classificação constante na norma mencionada (Figura 2).

Figura 2 – Classificações segundo a norma ABNT NBR 15843:2009 e número de categorias em cada classificação



Fonte: Elaborada pelo autor

2. A reciclagem de papel envolve vários atores: têm os que coletam as aparas (catadores, cooperativa de catadores, pontos de entrega voluntário, coleta seletiva municipal e centros de triagem, como mostra a Figura 3), têm os que compram as aparas coletadas e as vendem (aparistas), geralmente após fazer fardos (Figura 4), e têm os fabricantes de papel com fibras recicladas que compram os fardos de aparas de acordo com o produto que vão fabricar.

Figura 3 – Imagens referentes à coleta de aparas

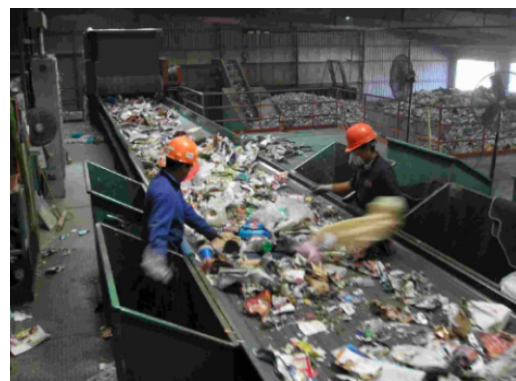


Figura 4 – Fardos de aparas



- 3.** A reciclagem depende da disponibilidade de aparas: que, por sua vez, depende de flutuações e movimentação do mercado. Por exemplo, o maior o volume de vendas em determinados segmentos, como o de livros, jornais, revistas e papeleria e o de hipermercados e supermercados, provavelmente remeterá a um maior descarte de papel e caixas de papelão ondulado, respectivamente. Entretanto, essas variações são muito dinâmicas, praticamente mês a mês.

Leis, regulamentos e portarias governamentais também podem vir a afetar a disponibilidade de aparas. Por exemplo, a RDC 885 da ANVISA, de 10/07/2024, que consiste em um projeto piloto que substitui, para determinados remédios, a bula impressa por QR CODE nas embalagens dos remédios remeterá a uma diminuição do descarte desse tipo de impresso.

A disponibilidade de aparas, que remete a flutuações de mercado, tem influência no preço das aparas. O Quadro I exemplifica o fato no caso de categorias das aparas de papelão ondulado.

Quadro 1 – Preços médios da tonelada de aparas posto em São Paulo (R\$ por tonelada)¹

APARAS DE PAPELÃO ONDULADO	JUNHO 2024	JULHO 2024	AGOSTO 2024
APARAS DE PAPELÃO ONDULADO I	868	918	918
APARAS DE PAPELÃO ONDULADO II	780	790	800
APARAS DE PAPELÃO ONDULADO III	650	650	650

- 4.** Nem todo papel pode ser reciclado: é necessário conhecer o que pode ou não ser reciclado, para um descarte adequado, assim como o modo que o produto de papel deve ser descartado.

Processos podem ser desenvolvidos para produtos de papel considerados de difícil reciclagem, como os das embalagens longa vida, formada por camadas de papel, plástico e alumínio. Para estas têm unidades fabris voltadas especificamente para sua reciclagem, que existem apenas porque foi garantido volume suficiente e disponibilidade contínua desse tipo de material, remetendo a um processo economicamente viável.

Deve ser ressaltado que, a boa vontade de separar papel para reciclagem não é tudo, pois esta será inútil caso não exista no local a estrutura de cadeia que permite o material seguir para reciclagem.

5. O Brasil tem posição de destaque no que se refere à reciclagem de papel: 66,9% é o índice de reciclagem geral para o papel e 85% o índice de reciclagem quando se considera apenas embalagens de papelão ondulado e de cartão². Porém, ainda há que se avançar na reciclagem de outros tipos de aparas de embalagem, como no caso de embalagens longa vida, cujo índice de reciclagem é de 39,1%². No caso destas aparas, o valor baixo de reciclagem talvez se explique pela necessidade de unidades fabris apropriadas para sua reciclagem, pelas distâncias entre locais de coleta e unidades fabris que reciclam esse tipo de aparas e pela reciclagem desse tipo de aparas gerar um resíduo de plástico e alumínio que requer destino correto (Figura 5).

Figura 5 – Imagem de resíduo de plástico e alumínio procedente da reciclagem de embalagens longa vida (Fonte: Acervo do IPT)



Como conclusão, observa-se que em algo aparentemente simples, como o de separar aparas para reciclagem, existe uma cadeia bastante complexa tanto em termos de tecnologia como de mercado.

Referências bibliográficas

¹ Revista *O Papel*, agosto de 2024. Disponível em: <https://www.opapeldigital.org.br/pub/papel/?numero=131&edicao=12239#page/20>. Acesso em 26.10.2024.

² CEMPRE - Compromisso empresarial para reciclagem. Disponível em: <https://cempre.org.br/taxas-de-reciclagem/>. Acesso em 26.10.2024



Pode haver um excesso de aparas para reciclagem?

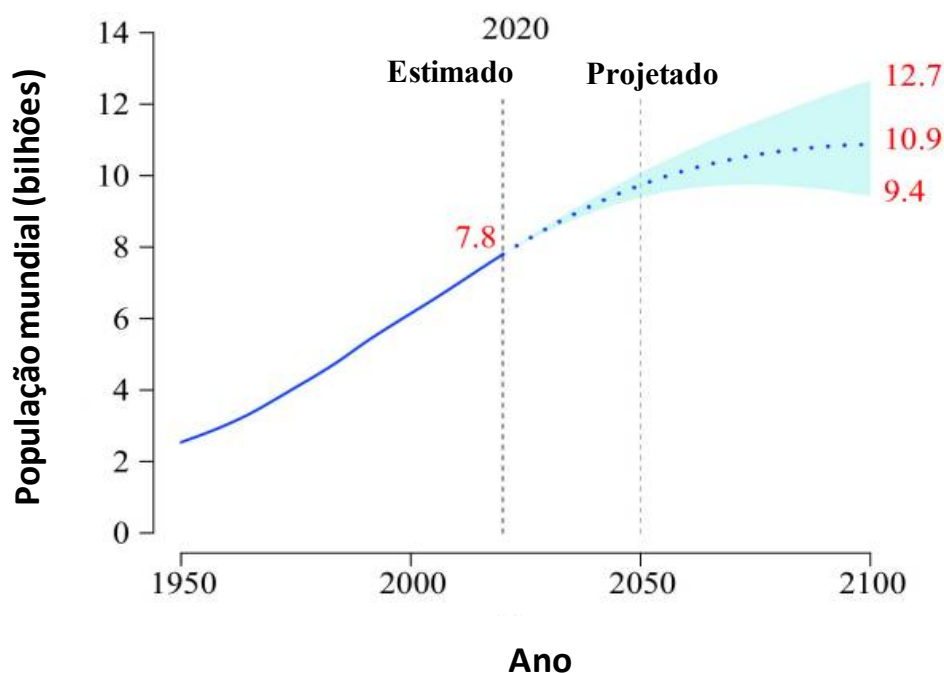
Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Fevereiro 2025

Eventualmente pode haver mais aparas do que a capacidade de reciclá-las para fazer papel ou produtos de papel. Isto poderá ocorrer pelos motivos a seguir indicados.

- Atualmente há um movimento em prol do uso de matérias primas renováveis e que geram produtos recicláveis e biodegradáveis. O papel provém de matéria prima renovável é reciclável e biodegradável, assim corresponde a essas demandas e, por conseguinte, vem substituindo alguns produtos manufaturados com plástico, principalmente no que concerne a embalagens.
- Nos últimos 40 anos o consumo de papel aumentou 400%¹. Um dos motivos pode ser o aumento da população mundial, conforme indica a Figura 1, assim maior quantidade de pessoas consumindo papel.

Figura 1 – Gráfico representando o aumento da população mundial



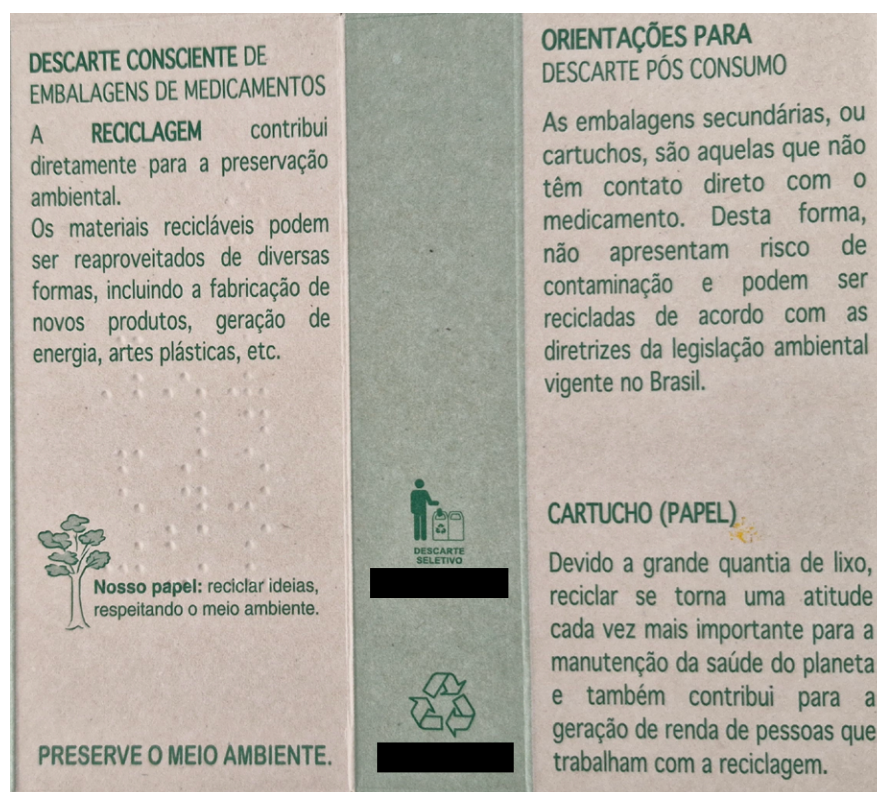
Fonte: Referências 2 e 3.

Junta-se ao aumento da população o movimento de migração do campo para as cidades: 55% da população vive em áreas urbanas e a previsão é que seja 70% em 2050⁴. No Brasil, o censo de 2010 indicou que a população brasileira era de 191 milhões e que 84% vivia em áreas urbanas e 16% em áreas rurais⁵. Em áreas urbanas, o descarte de papel é maior, principalmente relacionado a embalagens.

- O aumento do *e-commerce* levou a um consumo maior de embalagens, que são descartadas logo após a retirada de seu conteúdo. Para o ano de 2027 é projetado 8 trilhões de vendas globais do varejo por *e-commerce*⁶ o que deve significar mais descarte de papel, uma vez que o papel tem sido uma das matérias primas mais usadas em embalagens.

- A maior conscientização da população sobre o descarte de materiais, aliado a um aumento de apelos para um descarte consciente (Figura 2), provavelmente aumentará a quantidade de materiais específicos separados, entre os quais está o papel.

Figura 2 – Imagem interna parcial de embalagem de um remédio, com dizeres sobre a reciclagem da embalagem de papel.



Fonte: Foto tirada pelo autor

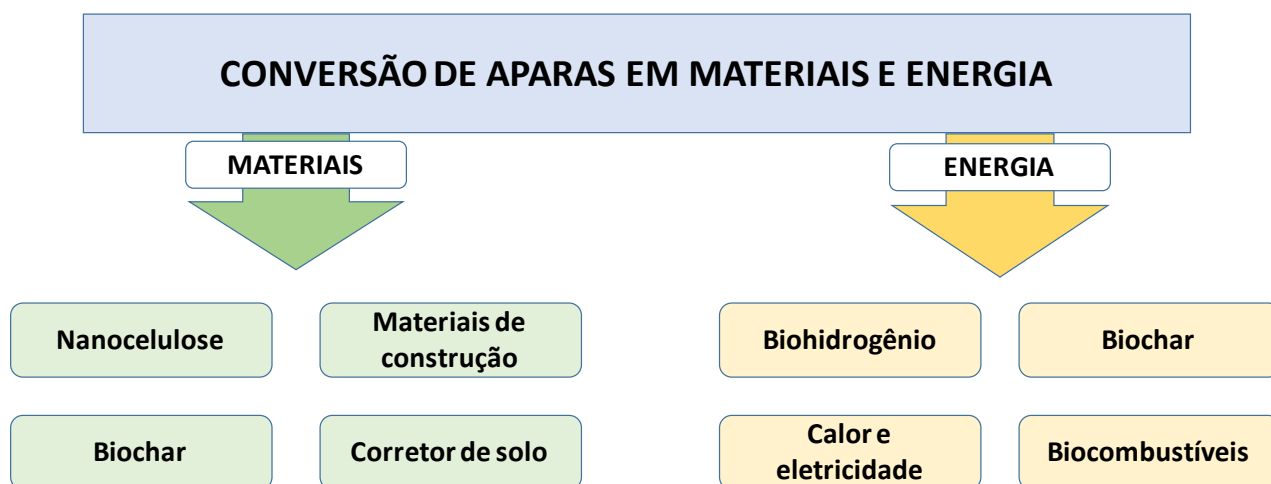
- A pressão por um desenvolvimento sustentável exerce pressão para tratamento de resíduos de fabricação, materiais descartados e lixo, inclusive recebendo apoio de decretos governamentais, como o decreto presidencial brasileiro de N°10936, de 12.01.2022⁷, que regulamenta a Lei N° 12.305, de 2.08.2010⁸, que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Por conseguinte, é de se esperar um movimento no que concerne à separação de materiais para reciclagem, entre eles o papel.

Os fatos elencados remetem a uma geração maior de aparas de papel e, provavelmente, a uma quantidade maior de disponibilidade das mesmas. Entretanto, a reciclagem de papel é um processo industrial onde aparas são desagregadas e a dispersão obtida passa por um processo de limpeza, sendo a pasta celulósica resultante usada para confecção de um produto específico de acordo com o tipo de aparas empregado. Ainda, as aparas de papel têm classificações normalizadas por tipo e são assim comercializadas (norma ABNT NBR 158439).

Outro aspecto a ser ressaltado é que uma unidade fabril de reciclagem de papel envolve alto custo e são direcionadas para tipos específicos de aparas. A construção de novas unidades fabris para reciclagem de papel, além de ser um alto investimento, requer a certeza que haverá volume suficiente e disponibilidade contínua do tipo de aparas para a qual a unidade está sendo construída. Ainda, a logística para chegada das aparas até as unidades fabris é um fator essencial a considerar, pois a reciclagem de aparas recolhidas pode ser inviável caso estas tenham que percorrer grandes distâncias.

Muitos estudos para o aproveitamento de aparas de papel para outros fins que não o de fabricar papel novamente tem surgido. A Figura 3 sumariza essas tendências.

Figura 3 – Apresentação esquemática do uso de aparas de papel para materiais e energia



Fonte: Elaborada a partir da referência 9

Pelo exposto, pode-se concluir que, embora possa haver uma quantidade de aparas de papel que ultrapasse a capacidade de processamento do parque industrial voltado à reciclagem de papel, haverá outras possibilidades para elas. Esse futuro exigirá uma ação integrada entre os setores industrial, comercial, de serviços, acadêmico, governamental e da sociedade.

Referências bibliográficas

- ¹ Ozola, Z.U.; Vesere, R.; Kalnins, S.N.; Blumberga, D. **Paper waste recycling, circular economy aspects**. Environment and Climate Technology, 2019, no.3, pp260-273; doi:10.2478-2019-0094
- ² Danan, G.; Andreev, K.; Dupre, M.E. Major Trends in Population Growth Around the World. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8393076/>. Acesso em fevereiro/2025.
- ³ United Nations – Department of Economics and Social Affairs. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>. Acesso em fevereiro/2025
- ⁴ Nações Unidas. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em agosto/2023.
- ⁵ IBGE. Sinopse do censo demográfico de 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em 04.11.2024.
- ⁶ Video em Paper&Packaging Board's How Life Unfolds. Disponível em: <https://brandfolder.com/s/698jw8jqnx2hxgxpjsczp7>. Acesso em fevereiro/2025.
- ⁷ Decreto N °10936. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=10936&ano=2022&ato=2f2UTRE1kMZpWTb9a>. Acesso em fevereiro/2025.
- ⁸ Decreto N °12305. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em fevereiro/2025.
- ⁹ Abushammala, H.; Masood, M.A.; Ghulam, S.T.; Mao, L. **On the Conversion of Paper Waste and Rejects into High-Value Materials and Energy**. Sustainability **2023**, *15*, 6915.



O controle de ruído é uma questão importante na indústria?

Marcelo de Mello Aquilino

Março 2025

Na indústria, o ruído das máquinas, o apito produzido pelo ar comprimido e o vapor e o zumbido dos processos industriais são inerentes à produtividade. Embora a indústria esteja focada em otimizar a produção e garantir a qualidade do produto, é crucial reconhecer o impacto significativo da acústica na saúde, segurança e eficiência operacional geral dos trabalhadores.

Definição de ruído

O ruído, no contexto da acústica, é definido como som indesejado ou perturbador. É uma experiência subjetiva, influenciada pela percepção individual e pelo cenário em que o som ocorre. O que pode ser um nível de som aceitável em um ambiente pode ser considerado ruído em outro. Em ambientes industriais, a exposição constante a sons de alta intensidade pode levar a danos significativos para a saúde dos trabalhadores e consequentemente perda de produtividade.

Limites para a exposição ao ruído

Para proteger os trabalhadores dos efeitos nocivos do ruído, várias regulamentações e normas foram estabelecidas. No Brasil, a principal a norma que estabelece os limites aceitáveis para ruído no trabalho é a Norma Regulamentadora NR-15, que em seus anexos 1 e 2 traz os limites de tolerância (LTs) para ruído contínuo ou intermitente e para o ruído de impacto.

- **Ruído Contínuo ou Intermitente:** o LT é baseado em uma média ponderada pelo tempo, o que significa que quanto maior o nível de ruído, menor a duração da exposição permitida. Por exemplo, para um nível de pressão sonora de 85 dB(A) é permitido um período de exposição de 8 horas de trabalho, enquanto para um nível de pressão sonora de 115 dB(A) são permitidos apenas 7 minutos de exposição.
- **Ruído de Impacto:** refere-se a picos de ruído de durações de aproximadamente 1 segundo com alta intensidade. O limite para ruído de impacto é 130 dB (linear), medido com equipamento na escala linear ou 120 dB(C) quando medido com equipamentos na escala de compensação "C".

É importante notar que exceder esses limites, mesmo por breves períodos, pode levar a riscos significativos para a saúde dos trabalhadores e repercussões legais para os empregadores.

Impactos do ruído na saúde e produtividade

A exposição prolongada a níveis de ruído que excedam os limites legais pode ter uma ampla gama de efeitos adversos na saúde e bem-estar dos trabalhadores.

A perda Auditiva é a consequência mais conhecida, muitas vezes começando com dificuldade em ouvir sons de alta frequência. A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) é irreversível e pode impactar significativamente a qualidade de vida de um trabalhador. Porém, outros efeitos além da perda auditiva podem ocorrer, dentre eles pode-se salientar:

- **Estresse Fisiológico:** O ruído desencadeia a resposta de estresse do corpo, levando ao aumento da frequência cardíaca, pressão arterial e liberação de hormônios do estresse. A exposição crônica pode contribuir para doenças cardiovasculares, hipertensão e outras condições relacionadas ao estresse.
- **Distúrbios do Sono:** Mesmo níveis moderados de ruído podem perturbar os padrões de sono, levando à fadiga, redução da função cognitiva e aumento do risco de acidentes.
- **Efeitos Psicológicos:** O ruído pode causar irritação, ansiedade e dificuldade de concentração. Esses estressores psicológicos podem impactar negativamente a satisfação no trabalho, a produtividade e o bem-estar mental geral.
- **Interferência na Comunicação:** Altos níveis de ruído dificultam a comunicação eficaz, aumentando o risco de mal-entendidos, erros e riscos à segurança.

Esses impactos na saúde não afetam apenas os trabalhadores individualmente, mas também se traduzem em aumento dos custos de saúde, absenteísmo e redução da produtividade para a empresa.

Medição do ruído

A medição correta e precisa do ruído é crucial para identificar áreas problemáticas, avaliar a exposição dos trabalhadores e implementar medidas de controle eficazes. Existem diversas técnicas para a execução das medições e os equipamentos a serem utilizados são os seguintes:

- **Sonômetros:** Medidores de nível de pressão sonora. Esses dispositivos medem a intensidade sonora em um ponto específico no tempo. Eles são usados para verificações pontuais e levantamentos gerais de ruído.
- **Dosímetros de Ruído:** São dispositivos pessoais usados pelos trabalhadores para medir sua exposição cumulativa ao ruído ao longo de um dia de trabalho. Os dosímetros fornecem uma avaliação mais precisa dos níveis de exposição individual.
- **Analísadores de Banda de Oitava:** Esses instrumentos, medem os níveis de som em diferentes faixas de frequência, fornecendo informações valiosas para identificar fontes de ruído específicas e projetar medidas de controle direcionadas.

As medições devem ser realizadas de acordo com as normas estabelecidas, como a ABNT NBR 10151, para garantir a precisão e a comparabilidade.

Controle de ruído em indústrias

Embora a eliminação total do ruído possa não ser viável em indústrias, existe uma variedade de controles que podem ser implementados para reduzir a exposição dos trabalhadores e criar um ambiente de trabalho mais seguro e confortável:

Controles técnicos e de engenharia:

- **Redução do ruído na Fonte:** Consiste em modificar equipamentos ou processos para reduzir a geração de ruído na fonte. Isso pode envolver o uso de máquinas mais silenciosas, amortecimento de vibrações ou redesenho de componentes ruidosos.
- **Interrupção do Caminho do som:** Consiste em bloquear ou desviar as ondas sonoras antes que atinjam os trabalhadores. Como exemplos podem ser citadas: barreiras acústicas; enclausuramentos; ou materiais de absorção sonora em paredes, pisos e coberturas.
- **Proteção individual:** Consiste em fornecer aos trabalhadores equipamentos de proteção individual (EPIs), como protetores auriculares ou abafadores. Embora o EPI seja um componente crítico de um programa de controle de ruído, ele deve ser considerado um último recurso após a implementação de controles de engenharia.

Controles gerenciais:

- **Rodízio de funções:** Rotacionar os trabalhadores entre tarefas ruidosas e mais silenciosas para reduzir a exposição cumulativa.
- **Acesso Restrito:** Limitar o acesso a áreas de alto ruído apenas ao pessoal autorizado e com EPIs adequados.
- **Treinamento e Educação:** Educar os trabalhadores sobre os perigos da exposição ao ruído, o uso adequado de EPIs e os procedimentos de notificação para reocupações relacionadas ao ruído.
- **Programas de Manutenção preventiva:** Manter programa de manutenção preventiva para garantir que as máquinas e equipamentos estejam em condições adequadas evitando a geração excessiva de ruído devido ao desgaste.

Integração da acústica ao projeto do local de trabalho

O controle eficaz do ruído requer uma abordagem holística que integre a qualidade acústica no projeto inicial e na operação contínua das indústrias. Isso inclui:

- **Avaliações Acústicas:** Realizar avaliações acústicas consistentes, durante a fase de planejamento de novas instalações ou instalações de equipamentos para identificar potenciais problemas de ruído e incorporar medidas de controle apropriadas.
- **Seleção de materiais/equipamentos:** Escolher materiais de construção adequados à finalidade de absorção sonora ou isolamento sonora dependendo da utilização e equipamentos com baixa emissão sonora.
- **Otimização do Layout:** Organizar equipamentos e estações de trabalho para minimizar a transmissão de ruído e criar zonas mais silenciosas para tarefas que exigem nível maior de concentração.
- **Monitoramento Contínuo:** Monitorar regularmente a exposição sonora dos trabalhadores para garantir que as medidas de controle sejam eficazes.

Inovações na redução de ruído

Os avanços na tecnologia estão fornecendo soluções novas e inovadoras para o controle de ruído em ambientes industriais. Isso inclui:

- **Cancelamento Ativo de Ruído:** Usar sistemas eletrônicos e de inteligência artificial para gerar ondas sonoras que cancelam o ruído indesejado
- **EPIs Inteligentes:** Incorporar sensores e dispositivos de comunicação na proteção auditiva para fornecer monitoramento de ruído em tempo real e aprimorar a comunicação.
- **Modelagem Preditiva:** Usar simulações de computador para prever os níveis de ruído e otimizar as estratégias de controle antes da implementação.

Ao adotar essas tecnologias, as indústrias podem reduzir ainda mais a exposição ao ruído e criar um ambiente mais sustentável e amigável para o trabalhador.

Investindo em um Futuro Mais Silencioso

A poluição sonora é uma preocupação significativa na indústria, com consequências de longo alcance para a saúde, segurança e produtividade dos trabalhadores. Ao entender o conceito de ruído, aderir aos limites legais, implementar medidas de controle eficazes e adotar tecnologias inovadoras, os fabricantes podem criar um ambiente de trabalho mais silencioso, saudável e produtivo. Investir em acústica não é apenas uma questão de conformidade; é um investimento no bem-estar da força de trabalho e no sucesso a longo prazo da indústria.

Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 10151:2019: *Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral*. Rio de Janeiro, 2019.

Brasil. Norma Regulamentadora NR-15: *Atividades e Operações Insalubres*. Ministério do Trabalho e Emprego. (Latest revision).

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP, Faculdade de Medicina da USP e Ministério Público de São Paulo. *Impactos do ruído na sua saúde*. São Paulo, 2024.

Babisch, W. "The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs." *Noise and Health* 4, no. 16 (2002): 1-11.

Passchier-Vermeer, W., and W.F. Passchier. "Noise Exposure and Public Health." *Environmental Health Perspectives* 108, Suppl 1 (2000): 123-131.

World Health Organization (WHO). *Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*. Bonn, Germany: WHO Regional Office for Europe, 2011.



O que são tacômetros e como são calibrados?

Fabício Gonçalves Torres
Bruno Cavalcanti Zanotti
Ryan Wictky Sallatti
Karen Isabelle Lima Vieira

Abril 2025

Tacômetros são instrumentos capazes de medir a velocidade de rotação por meio de contato físico ou à distância, geralmente dada em rotações por minuto (rpm). Além da velocidade angular, alguns tacômetros permitem a medição de velocidade superficial ou periférica, usualmente dada em metros por minuto (m/min).

Eles são aplicáveis em diversos segmentos, tais como no controle de processos em sistemas de automação e robótica e no monitoramento de certos equipamentos, como motores, esteiras, ventiladores e outros, dado que a oscilação da velocidade angular é um forte indicativo de que algo não está ocorrendo como deveria, contribuindo para a detecção precoce de falhas e a prevenção de paradas inesperadas. Com a inclusão de inteligência artificial, o tacômetro se torna ideal para manutenção preditiva de diversos equipamentos da indústria.

Além disso, o tacômetro é parte fundamental de um cronotacrógrafo, instrumento destinado a registrar a velocidade e a distância em função do tempo em veículos que possuem a obrigatoriedade do seu uso, principalmente os pesados, tais como caminhões e ônibus.

Princípio de funcionamento de tacômetros

Usualmente, um tacômetro é constituído por uma fonte óptica (geralmente um laser que atua na faixa do infravermelho), um conversor óptico / elétrico e um contador de frequências. A luz gerada pelo tacômetro, ao incidir em alguma superfície reflexiva (uma engrenagem ou um eixo de um motor, por exemplo), é refletida de volta para o equipamento, sensibilizando o conversor que, por sua vez, gera pulsos elétricos proporcionais à frequência da rotação, e são medidos pelo contador de frequências, cujas leituras aparecem no *display* em rpm.

Muitos tacômetros possuem acessórios que permitem que a medida da rotação seja feita por contato físico. Neste caso, uma pequena peça contendo um *encoder* é colocada na entrada do equipamento. Esta peça, quando em contato com algo que esteja em rotação, gira na mesma velocidade, permitindo que o *encoder* sensibilize o conversor óptico / elétrico que, por sua vez, gera pulsos elétricos cuja frequência é medida pelo contador.

Para a medição de velocidade superficial, o tacômetro possui outro acessório, que consiste em um disco acoplado na entrada do instrumento. Conhecendo o valor do raio do disco, matematicamente, o tacômetro converte a leitura de frequência (rpm) para velocidade superficial (m/min).

Calibração dos tacômetros

Os tacômetros, sempre que utilizados em medidas que impactam no processo de produção da empresa devem ser calibrados. Entretanto é importante saber as faixas e pontos relevantes a serem calibrados. De preferência a calibração deve ser efetuada em laboratório que possua acreditação pela norma ISO/IEC 17025, já que a acredita-

ção evidencia que o laboratório atende às boas práticas laboratoriais e possui rastreabilidade metrológica.

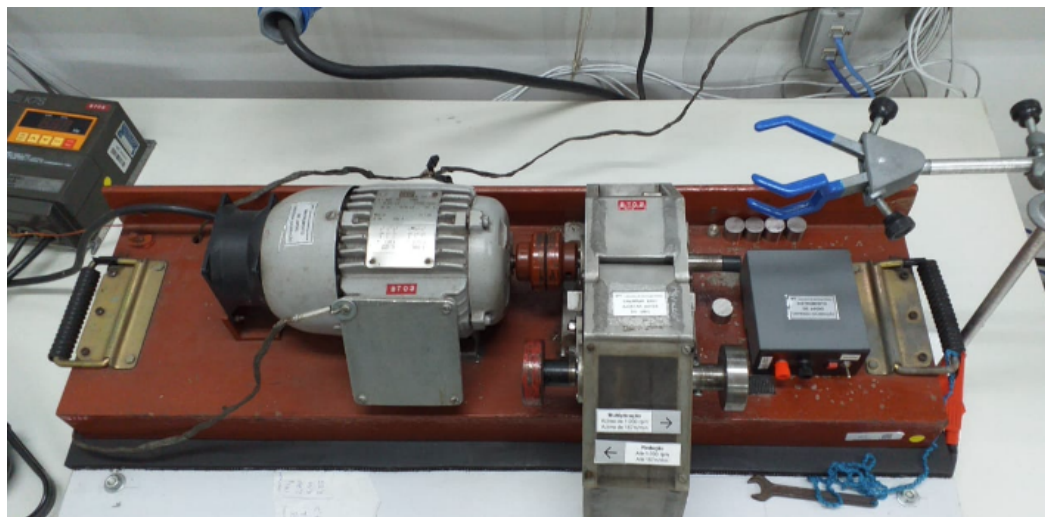
O método de calibração a ser utilizado depende do tipo de tacômetro.

- Tacômetros de contato: necessitam fazer um contato físico com o eixo ou superfície, devem ser calibrados por meio de um sistema mecânico para gerar as velocidades necessárias. A Figura 1 apresenta uma bancada voltada para calibração de tacômetros de contato. Esta bancada consiste em um inversor que controla a velocidade de rotação do motor. Seu eixo é adaptado para que haja o contato com o tacômetro e sua velocidade de rotação é comparada por meio de um sistema de *encoder* que converte a rotação em pulsos elétricos medidos por um contador de frequência padrão.
- Tacômetros ópticos: são instrumentos que não necessitam de contato físico com o eixo de rotação, são calibrados diretamente com um sistema óptico acoplado ao tacômetro. Este sistema consiste em um led que emite pulsos de luz nos valores de frequência controlados por um gerador de funções (Figura 2). Estes pulsos devem ser capazes de sensibilizar o receptor do tacômetro, simulando a luz refletida que é emitida pelo próprio instrumento e, portanto, permitindo a comparação da leitura do tacômetro com o valor configurado no gerador de funções. Recomenda-se também a utilização de um acoplamento óptico entre o led e o receptor do tacômetro para que não haja interferência externa que possa prejudicar a calibração.

Um fator importante a ser considerado é o tipo de receptor utilizado pelo tacômetro. Geralmente, os receptores são sensibilizados facilmente por meio de sinais sem modulação, chamadas de *continuous wave* (CW). Entretanto, alguns tipos específicos de tacômetros utilizam sinais modulados para aumentar a confiabilidade das medidas, evitando interferências de fontes de luz externas. Neste caso, deve-se identificar o tipo de modulação utilizado pelo tacômetro e configurá-lo no gerador de funções. Caso contrário, há a opção de calibração por meio da bancada de tacômetros de contato, adaptada com fitas reflexivas.

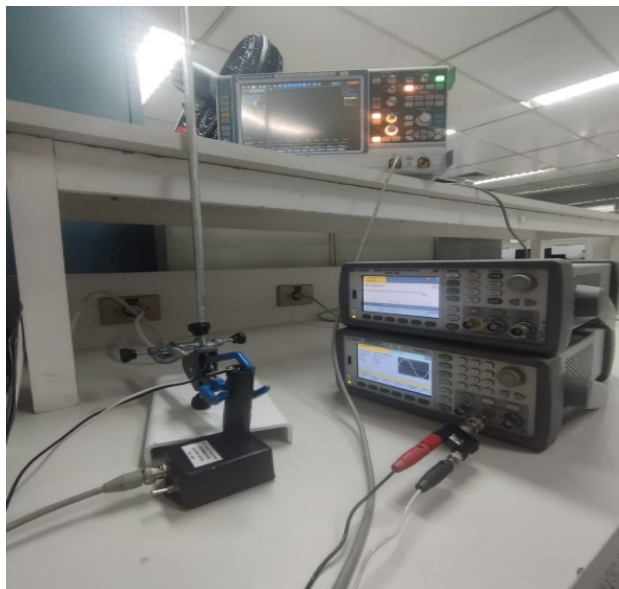
Ainda, devido à grande quantidade de leds disponíveis no mercado, com diferentes espectros, o led a ser utilizado na calibração deve ser validado no que diz respeito ao nível para a sensibilização do conversor óptico / elétrico quanto na faixa de frequência de operação.

Figura 1 – Foto de uma bancada de calibração de tacômetro de contato.



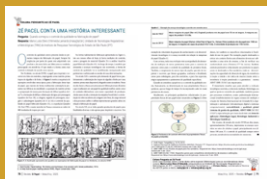
Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT

Figura 2 – Sistema de calibração de tacômetro óptico.



Fonte: Acervo do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT

Em resumo, os tacômetros são instrumentos essenciais para a indústria, principalmente porque permitem avaliar se uma máquina está operando dentro dos parâmetros ideais, evitando sobrecarga, subutilização e riscos de acidentes causados por velocidades inadequadas. Além disso, auxiliam na otimização do consumo de energia, garantindo que motores operem na faixa ideal de rotação, reduzindo desperdícios.



Quando começou o controle da qualidade na fabricação de papel?

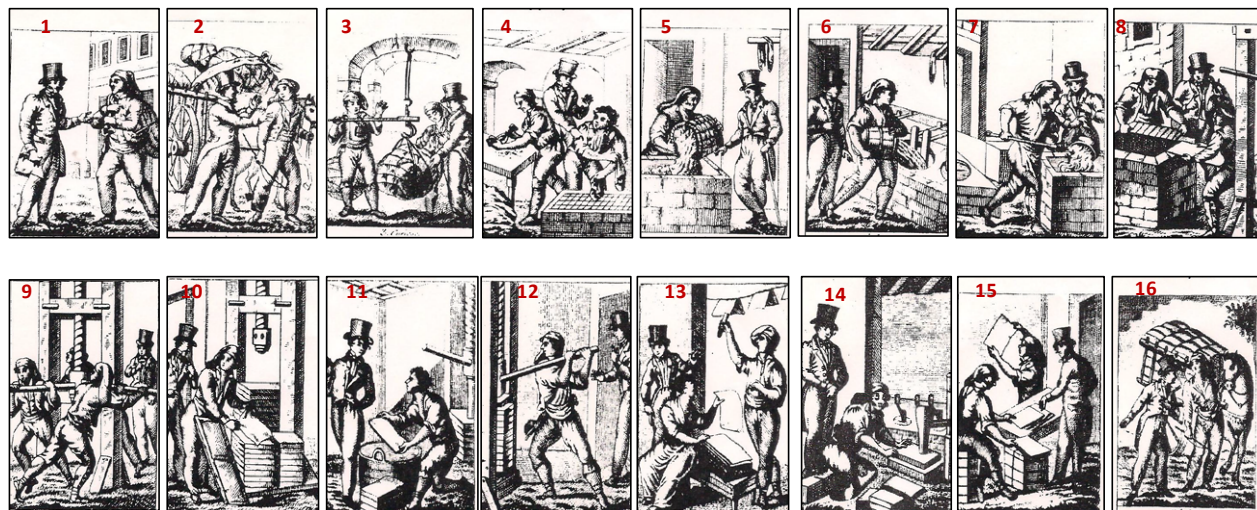
Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Maio 2025

O controle da qualidade esteve presente desde os primeiros tempos da fabricação do papel. Sempre há exigências por parte de quem está adquirindo um produto e, do outro lado, um fabricante ou vendedor preocupado em atendê-las. O que muda é a forma como esse controle é efetuado de acordo com a época.

No Ocidente, no século XVIII, o papel para imprimir e escrever era feito em moinhos empregando como matéria prima trapos de algodão e de linho. A Figura 1 mostra a sequência de operações envolvidas nessa época para fabricação desse tipo de papel, que mesmo de forma rudimentar contempla às presentes nas fábricas da atualidade: a aquisição da matéria prima e preparação de massa para formação de folhas (quadros de 1 a 7); a formação de folhas e eliminação de água por prensagem (quadros 8 a 10), a colagem seguida de prensagem, secagem e calandragem (quadros de 11 a 14); o controle da qualidade do papel fabricado (quadro 15) e a expedição (quadro 16). Em 1799 o maior moinho da França consumia ao redor de 800 toneladas de trapos por ano¹.

Figura 1 – Ilustração que apresenta em quadros as operações de fabricação de papel no Ocidente no século XVIII



Fonte: Imagens retiradas da referência 2

Na forma rudimentar de fabricação apresentada na Figura 1, isto aos nossos olhos de hoje, já havia medições de controle, como a pesagem do material (quadro 3) e a análise visual do papel fabricado (quadro 15). Ao longo do tempo, à medida que demandas e avanços tecnológicos vão ocorrendo, a forma de controle da qualidade vai se modificando, incorporando mais parâmetros e sofisticando os modos de suas determinações.

No século XIX o aumento pela demanda de papel levou paulatinamente a substituição dos trapos de algodão e linho por uma matéria prima mais disponível, chegando assim na madeira. Nesse século houve a busca por processos de fabricação mais eficientes e que resultassem em um papel de qualidade melhor, assim como de unidades fabricantes com maior capacidade de produção. Ainda nesse século, a invenção da máquina *fourdrinier* e a introdução de rolos secadores, da colagem com breu, da carga mineral e dos processos sulfito e sulfato representaram grandes saltos em relação à fabricação do papel.

No século XX já se tinha grandes produções de papéis para finalidades diversas e não apenas para imprimir e escrever. Um exemplo da velocidade da geração de conhecimento e de desenvolvimento tecnológico é o avanço ocorrido em relação às máquinas de papel (Quadro 1).

Quadro 1 – Exemplo de avanço tecnológico ocorrido em noventa anos

ANO DE 1923¹	Maior máquina de papel (Star mill, England) produzia rolo de papel com 55 cm de largura. A máquina era capaz de produzir 10 t/dia.
ANO DE 2013³	Maior máquina de papel (Hainan Jinhai Pulp & Paper Co., Hainan, China) produzia rolo de papel com 1180 cm de largura. A máquina era capaz de produzir 4537 t/dia. A velocidade de produção era 1700 m/min.

Com certeza toda essa evolução veio acompanhada de demandas de medições de novos parâmetros tanto para o controle de processo como para o controle da qualidade dos produtos finais. Também, o surgimento de outros tipos de papéis, que não de imprimir e escrever, que foram agrupados em para embalagem, para fins sanitários, e para fins especiais exigiu equipamentos e parâmetros de qualidade específicos.

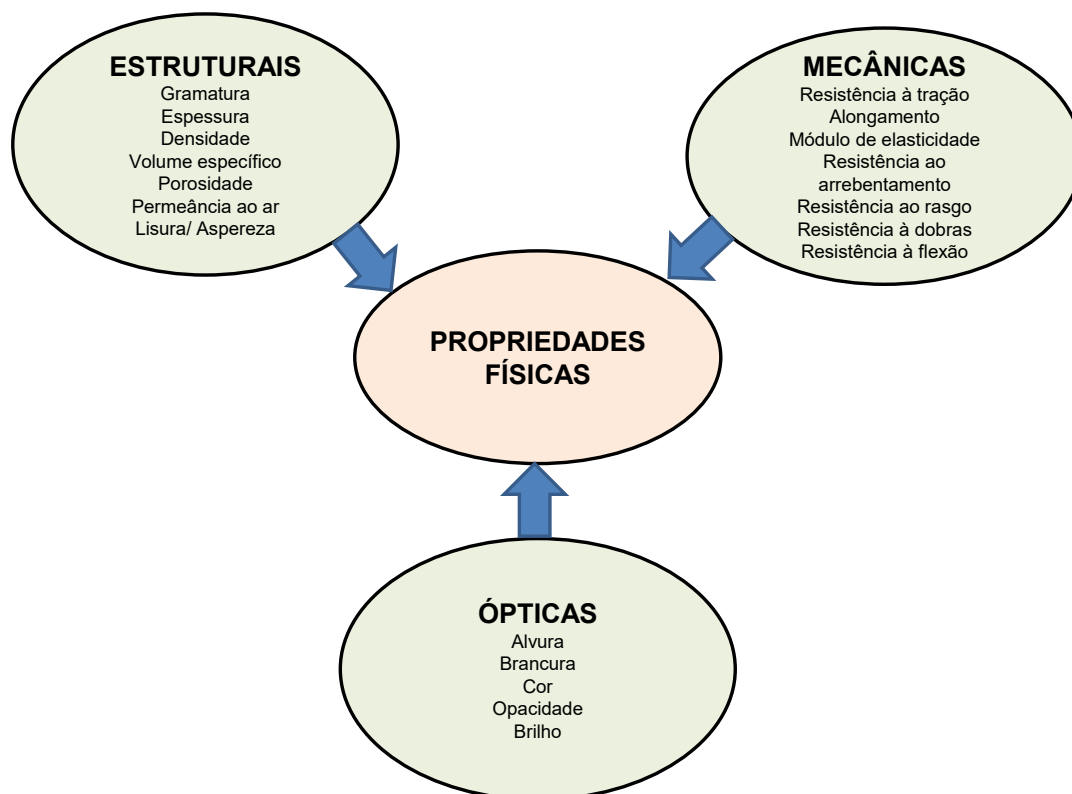
Quando se considera o papel em si o controle da qualidade consiste, basicamente, na determinação de suas propriedades físicas e químicas, que ao longo do tempo foi incorporando cada vez mais parâmetros de ensaio.

Atualmente, os principais parâmetros relacionados às propriedades físicas de um papel estão resumidos na Figura 2. Além desses, há também os específicos relacionados à finalidade de uso do papel. Por exemplo, papéis destinados a entrar em contato direto com alimentos devem ser submetidos a uma série de ensaios, a fim de verificar sua conformidade com a Portaria 177⁴ da Anvisa. Também existem parâmetros relacionados aos produtos de papel, como os destinados a fins sanitários, onde as determinações da capacidade de absorção de água, da resistência à tração a úmido e do índice de maciez (razão entre a resistência à tração ponderada e a gramatura – norma ABNT NBR 15134⁵) são importantes.

É importante ressaltar que, para atender a evolução tecnológica ocorrida, a ciência da medição, Metrologia, na qual se apoia os controles da qualidade, também passou por processos evolutivos, como: padronização internacional (estabelecimento de regras comuns de medição e criação do Sistema Internacional de Unidade- SI); digitalização e automação (instrumentação digital e sistemas computacionais); rastreabilidade e qualidade global (sistema de gestão da qualidade, ABNT NBR ISO IEC 17025⁶); especialização por meio da divisão em áreas de aplicação (Metrologia Legal, Metrologia Industrial e Metrologia Científica).

Em resumo, de meados do século XVIII aos dias de hoje, aproximadamente 250 anos, impressiona os avanços ocorridos no setor de celulose e papel, principalmente nos últimos 100 anos. O controle da qualidade sempre esteve presente, atendendo às necessidades do momento.

Figura 2 – Parâmetros de controle referentes às propriedades físicas de papeis produzidos



Fonte: Ilustração elaborada pelo autor

Referências bibliográficas

¹ Dard Hunter. Papermaking: The history and technique of an ancient craft, Dover publication, 1974

² A lively look at paper making (século XVIII). Paper conservator, 1998.

³ Voith Paper. Twogether, p 16-19, 2010

⁴ Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Portaria 177. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1999/prt0177_04_03_1999.html. Acesso em 05.04.2025.

⁵ ABNT NBR 15134. Produto de papel para fins sanitários. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em 05.04.2025

⁶ ABNT NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaios e calibrações. Disponível em <https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx>. Acesso em 05.04.2025



Término da Série Metrologia

Por Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo

Coordenadora da produção de conteúdo da coluna
Pergunte ao Zé Pácel

Junho 2025

A série da coluna *Pergunte ao Zé Pácel* sobre o tema Metrologia, sob a responsabilidade da Unidade de Tecnologias Regulatórias e Metrológicas do Instituto de pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo encerra-se nesta edição.

A jornada percorrida pelo personagem que respondeu às perguntas em formato de artigos durou 51 meses e abordou temas fundamentais, apresentando conceitos técnicos e mostrando como a ciência das medições está presente em praticamente tudo que nos cerca - do laboratório à linha de produção, da indústria ao dia a dia.

A série Metrologia foi uma oportunidade valiosa de ampliar o olhar sobre um campo, que apesar de muitas vezes invisível, é essencial para garantir qualidade, segurança e inovação. Cada pauta foi elaborada com rigor e compromisso de apresentar conteúdos claros e consistentes.

Agradecemos a todos os leitores que nos acompanharam nessa trajetória, a qual esperamos tenha sido enriquecedora. A série termina por aqui, mas que continue vivo em cada um de vocês o tema Metrologia, germinando ideias e ações.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Artigos agrupados por temas

TEMA	TITULO DA PERGUNTA RESPONDIDA	ANO	MÊS
Sistemas metrológicos	Quem dita as regras em metrologia?	2021	Maio
	O que é metrologia legal?	2021	Junho
	O que é que mudou no Sistema Internacional de Unidades?	2021	Setembro
	Qual a importância de normas de especificação?	2022	Agosto
	O que é rastreabilidade em metrologia?	2023	Fevereiro
	O que é um material de referência e como ele é produzido?	2023	Novembro
	Qual a importância de procedimento de ensaios normalizados?	2023	Dezembro
Acreditação	O que é um laboratório ou organismo acreditado?	2021	Novembro
	Como um laboratório de ensaio requer a acreditação de um escopo por ele definido?	2021	Dezembro
Medições em geral	Quais as diferenças entre erro, exatidão, precisão e incerteza do resultado de uma medição?	2021	Julho
	Resultados podem ser afetados pela amostragem?	2021	Agosto
	Qual a diferença entre massa e peso?	2022	Janeiro
	O que é incerteza de medida e como é determinada?	2022	Junho
	Por que testes de compatibilidade eletromagnética são importantes	2022	Julho
	Quais são as principais soluções metrológicas para informações geométricas e dimensionais?	2023	Janeiro
	Quais são as principais medidas relacionadas a tempo?	2024	Junho
	O que é RoHs e qual a relação com o setor de celulose e papel?	2024	Outubro
	Para Metrologia Mecânica a gravidade local é importante?	2024	Novembro
	O controle de ruído é uma questão importante na indústria?	2025	Março
Medição de vazão	Por que existem diferentes expressões de unidade de vazão volumétrica de gás e como essas expressões impactam na interpretação de resultados?	2022	Novembro
	Medição de vazão volumétrica ou totalização de volume de um fluido: onde aplicar cada caso?	2022	Dezembro
	Pode haver controvérsia na medição de vazão?	2024	Julho
Equipamentos	Como funciona um tunel de vento para ensaios aerodinâmicos?	2021	Outubro
	O que são balanças gravitacionais e inerciais?	2022	Fevereiro
	O que é um osciloscópio e como escolher um bom osciloscópio?	2024	Dezembro
	O que são tacômetros e como são calibrados?	2025	Abril

Calibração	Equipamentos e sistemas de medições digitais precisam ser calibrados?	2022	Abril
	Como se calibra um viscosímetro capilar?	2023	Julho
	Cronômetros precisam ser calibrados?	2024	Agosto
Aplicações da metrologia	A metrologia também se aplica a economia circular?	2022	Março
	A metrologia é importante na manutenção preditiva?	2022	Maio
	O que é regulamentação técnica e como ela se relaciona com a metrologia?	2022	Outubro
	Qual a importância do magnetismo?	2023	Abril
	A rotulagem envolve metrologia?	2023	Agosto
	A metrologia está presente em ambulatórios de fábricas de celulose?	2024	Abril
	Como a metrologia está envolvida nas inovações tecnológicas da fabricação de papel e de seus produtos?	2024	Maio
Histórico em metrologia	Quando foi introduzido o sistema métrico no Brasil?	2023	Outubro
	Quando o IPT começou a atuar em metrologia?	2024	Janeiro
	Quando começou o controle da qualidade na fabricação do papel?	2025	Maio
Transformação digital e IA	É possível realizar uma transformação digital em um ensaio comum de laboratório?	2023	Março
	Na Inteligência Artificial qual a importância da qualidade dos dados?	2023	Maio
	Quais os benefícios das tecnologias digitais para a sustentabilidade?	2023	Setembro
Metrologia em paletes de madeira	Paletes têm medidas padronizadas?	2022	Setembro
	Como um fabricante de paletes de madeira pode controlar a qualidade de seu produto?	2024	Fevereiro
	Qual a diferença entre reparo e reforma em um paletes de madeira?	2024	Março
	Qual a influência da umidade em paletes de madeira?	2023	Junho
Demandas ambientais	Demandas ambientais podem influenciar rotulagem de produtos de papel	2024	Setembro
	A reciclagem do papel é um processo industrial?	2025	Janeiro
	Pode haver um excesso de aparas de papel para reciclagem?	2025	Fevereiro

APÊNDICE B

Relação de Autores e seus e-mails

NOME DO AUTOR	UNIDADE NO IPT	LOCAL NA UNIDADE	E-MAIL
Bruno Cavalcante Zanotti	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Elétrica	lme@ipt.br
Carlos Alberto Fabrício Junior	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Mecânica	lmm@ipt.br
Diogo Cesar Borges,	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Elétrica	lme@ipt.br
Douglas Mamuro Yamada	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Mecânica	lmm@ipt.br
Fabiano Ferreira Chotoli	Habitações e Edificações	Laboratório de Materiais para Produtos de Construção	lmpc@ipt.br
Fabrício Gonçalves Torres	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Elétrica	lme@ipt.br
Felipe Jaloretto da Silva	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Gilder Nader	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Joaquim Henrique Angelo	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Elétrica	lme@ipt.br
José Eduardo Prata	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Juliana Ferreira de Oliveira	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Referência s Metrológicas	lrm@ipt.br
Karen Isabelle Lima Vieira	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Elétrica	lme@ipt.br
Kazuto Kawakita	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Leandro Ogata	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Referências Metrológicas	lrm@ipt.br
Luciana Casciny Pacífico	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Manuel Antonio Pires Castanho	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Mecânica	lmm@ipt.br
Marcelo de Mello Aquilino	Habitações e Edificações	Laboratório de Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Instalações Prediais	lcap@ipt.br
Marcelo Tadao Sata	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Mecânica	lmm@ipt.br
Marco Antônio Grecco D'Elia	Materiais Avançados	Laboratório de Celulose Papel e Embalagem	lcpe@ipt.br
Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Diretoria	trm@ipt.br
Nelson Kanji Honna	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Nilson Massami Taira	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Diretoria	trm@ipt.br
Olga Satomi Yoshida	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipt.br
Patricia Hama	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Referência s Metrológicas	lrm@ipt.br
Patricia Hinata	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Referência s Metrológicas	lrm@ipt.br
Ramon Valls Martins	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Diretoria	trm@ipt.br
Ricardo Rezende Zucchini	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Referência s Metrológicas	lrm@ipt.br
Rui Gomes Teixeira de Almeida	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Vazão	lv@ipy.br
Ryan Vicky Salatti	Tecnologias Regulatórias e Metrológicas	Laboratório de Metrologia Elétrica	lme@ipt.br

Série Série Metrolog

Série Metrologia

Compilado de Artigos

2021-2025 Revista O Papel

Série Série
Metrolog