



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA
Núcleo de Qualidade Metrológica

Proc. 1104/552/11323

CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL E GEOMÉTRICA DO CORPO CILÍNDRICO DE UM TRANSDUTOR PARA CALIBRAÇÃO DE MÁQUINAS DE ENSAIO À COMPRESSÃO DE BETÃO ENDURECIDO

Estudo realizado no âmbito do Projeto de Investigação
“Desenvolvimento da Qualidade Metrológica de
Instrumentação Científica Aplicada em Engenharia Civil”

Lisboa • março de 2013

I&D INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 78/2013 – CIC/NQM

Caracterização Dimensional e Geométrica do Corpo Cilindrico de um Transdutor para Calibração de Máquinas de Ensaio à Compressão de Betão Endurecido

Resumo

Este relatório apresenta a caracterização dimensional e geométrica do corpo cilíndrico de um transdutor para calibração de máquinas de ensaio à compressão de betão endurecido, promovendo-se uma descrição dos ensaios realizados pelo Laboratório Central de Apoio Metrológico do LNEC. É exposto o conjunto de resultados experimentais obtido, sendo efetuada uma avaliação de conformidade dimensional e geométrica do transdutor de acordo com os requisitos definidos na norma NP EN 12390-4:2003.

Dimensional and Geometrical Characterization of the Cylinder Body of a Calibration Transducer for Compression Machines used in Hardened Concrete Testing

Abstract

This report presents the dimensional and geometrical characterization of the cylinder body of a calibration transducer for compression machines used in hardened concrete testing, describing the tests performed by the LNEC's Central Laboratory for Metrological Support. Experimental results are presented and dimensional and geometrical conformity assessment is performed according to requirements defined by standard NP EN 12390-4:2003.

Caractérisation Dimensionnelle et Géométrique du Corps Cylindrique d'un Transducteur d'Étalonnage des Machines d'Essai de Compression du Béton Durci

Résumé

Ce rapport présente la caractérisation dimensionnelle et géométrique du corps cylindrique d'un transducteur d'étalonnage des machines d'essai de compression du béton durci, décrivant les essais effectués par le Laboratoire Central de Soutien Métrologique du LNEC. Les résultats expérimentaux sont présentés et une évaluation de conformité dimensionnelle et géométrique est réalisée selon les exigences définies dans la norme NP EN 12390-4:2003.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO	1
2. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DIMENSIONAIS E GEOMÉTRICOS	3
2.1 Componente ensaiado.....	3
2.2 Equipamento de referência.....	3
2.3 Método de ensaio	4
2.4 Inspeção visual	5
2.5 Preparação do ensaio.....	5
2.6 Montagem experimental	5
2.7 Procedimento de ensaio.....	5
2.8 Discussão de resultados.....	7
2.8.1 Dimensões do corpo cilíndrico.....	7
2.8.2 Geometria do corpo cilíndrico.....	8
3. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
ANEXO – CERTIFICADO DE ENSAIO METROLÓGICO.....	17

CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL E GEOMÉTRICA DO CORPO CILÍNDRICO DE UM TRANSDUTOR PARA CALIBRAÇÃO DE MÁQUINAS DE ENSAIO À COMPRESSÃO DE BETÃO ENDURECIDO

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da atividade de investigação e desenvolvimento tecnológico desempenhada pelo LNEC no domínio da Engenharia Civil, compete ao Núcleo de Qualidade Metrológica (NQM) do Centro de Instrumentação Científica a realização de estudos de avaliação da qualidade metrológica de sistemas, instrumentos e cadeias de medição utilizados nesse domínio em áreas diversificadas como Barragens de Betão, Geotecnia, Hidráulica, Estruturas, Edifícios, Materiais e Transportes.

Este tipo de estudos metrológicos tem como objetivo avaliar, de uma forma rigorosa, a adequação técnica da instrumentação e das cadeias de medição aos diversos contextos em que se pretende desenvolver a atividade de medição, nomeadamente, em ambiente laboratorial, industrial ou de obra, garantindo a sua rastreabilidade ao Sistema Internacional de Unidades (SI) e quantificando a respetiva incerteza de medição instrumental. Deste modo, pretende-se assegurar um elevado nível de confiança nos resultados das medições realizadas, considerando-se que estas possuem um impacto de relevo nos contextos sociais e económicos onde se inserem.

O estudo que suporta o presente relatório enquadra-se num projeto de desenvolvimento de um padrão de referência – transdutor de força – no seguimento de uma solicitação do Núcleo de Betões do Departamento de Materiais do LNEC, visando colmatar uma necessidade associada à rastreabilidade de medições efetuadas por máquinas de ensaios à compressão de betão endurecido utilizadas no Laboratório de Ensaios de Betões e Cimentos – Área de Ensaios Físicos (LABTEC-AEF). Este projeto do NQM desenvolve-se em colaboração com o Núcleo de Sistemas Mecânicos (NSM) e com o Núcleo de Sistemas Eletrotécnicos (NSE) do Centro de Instrumentação Científica (CIC) do LNEC.

O presente relatório foi elaborado com o intuito de concluir uma etapa do processo de desenvolvimento que corresponde à necessidade de avaliar o cumprimento dos requisitos de conformidade dimensional e geométrica de corpo cilíndrico do transdutor produzido pelo

NSM, tendo como base as tolerâncias estipuladas no Anexo A da norma de referência aplicável NP EN 12390-4:2003 [1], permitindo que se proceda à fase subsequente do projeto de desenvolvimento que consiste na colocação de extensómetros elétricos e pontes de medida, constituindo um transdutor de força aplicável na calibração de máquinas de ensaio à compressão de betão endurecido.

A caracterização dimensional e geométrica efetuada neste enquadramento é suportada num conjunto de ensaios experimentais delineados pelo NQM e realizados no Laboratório Central de Apoio Metrológico (LCAM) do LNEC. Esta unidade laboratorial inserida no NQM, encontra-se acreditada pelo Instituto Português da Acreditação (IPAC), sendo sujeita a auditorias periódicas que lhe atribuem competência nas áreas Dimensionais e Geométricas, da Massa, da Pressão, da Temperatura e da Humidade. A realização deste tipo de tarefas no LCAM/LNEC resulta, por isso, da utilização dos seus recursos materiais e humanos, destacando-se nestes a disponibilidade de equipamento de referência rastreado a padrões primários das grandezas em causa ao Sistema Internacional de Unidades (SI), de espaços laboratoriais apropriados para a concretização deste tipo de ensaios e de pessoal técnico qualificado no domínio da Metrologia.

Nas secções seguintes promove-se a descrição dos ensaios experimentais visando a caracterização dimensional e geométrica do referido componente do transdutor de calibração. Em adição à apresentação do corpo cilíndrico sujeito a caracterização e do equipamento de referência utilizado nesse âmbito, é definido o método de ensaio adotado promovendo-se, igualmente, uma descrição sumária dos aspetos mais relevantes das operações técnicas realizadas, nomeadamente, a inspeção visual, a preparação do ensaio, a montagem experimental e o procedimento de ensaio. Segue-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos e as conclusões e considerações finais. Por último, é apresentado, sob a forma de anexo, o certificado de ensaio metrológico emitido no âmbito do estudo de caracterização realizado.

2 DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DIMENSIONAIS E GEOMÉTRICOS

2.1 Componente ensaiado

O componente ensaiado é um cilindro metálico, composto por uma liga de aço, cromo e níquel, com diâmetro e altura nominais de 100 mm e 200 mm, respetivamente, ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Corpo cilíndrico do transdutor de calibração.

Por motivo de identificação diferenciada das duas superfícies das faces que compõem o corpo cilíndrico do transdutor, no presente relatório designa-se por “topo” a superfície da face mais próxima da inscrição gravada “MAX 2200 kN”, enquanto que a superfície da face oposta é designada por “base”.

De acordo com a norma NP EN 12390-4:2003 [1], este componente do transdutor de calibração de máquinas de ensaio à compressão de betão endurecido deve cumprir os requisitos dimensionais e geométricos mencionados na Tabela 1.

2.2 Equipamento de referência

Na realização dos ensaios de caracterização dimensional e geométrica do corpo cilíndrico do transdutor foi utilizada, como equipamento de referência, uma máquina de medição (por contacto) de coordenadas tridimensionais, com rastreabilidade ao padrão primário dimensional do SI, cujas principais características se expõem na Tabela 2.

Tabela 1 – Requisitos normativos dimensionais e geométricos do transdutor de calibração [1].

Requisito	Intervalo de conformidade	Descrição [2]
Diâmetro	(100 ± 1) mm	Requisito dimensional.
Altura	(200 ± 1) mm	Requisito dimensional.
Planeza das faces	0,00 mm a 0,03 mm	Cada uma das faces do corpo cilíndrico deve estar contida entre dois planos paralelos que distam, no máximo, 0,03 mm entre si.
Forma das faces	Não aplicável	Não devem ser convexas, ou seja, devem ser planas ou côncavas.
Paralelismo das faces	0,00 mm a 0,06 mm	Cada face do corpo cilíndrico deve estar contida entre duas linhas paralelas à face oposta distando, no máximo, 0,06 mm entre si.
Perpendicularidade	0,00 mm a 0,03 mm	O eixo do corpo cilíndrico deve estar contido entre duas linhas paralelas e perpendiculares a uma face do corpo cilíndrico, distando entre si, no máximo, 0,03 mm.
Circularidade	0,00 mm a 0,02 mm	A secção circular do corpo cilíndrico para qualquer plano perpendicular ao eixo deve estar contida entre dois círculos concêntricos que distam, no máximo, 0,02 mm entre si.
Cilindricidade	0,00 mm a 0,04 mm	A superfície exterior do corpo cilíndrico deve estar contida entre dois cilindros coaxiais que distam, no máximo, 0,04 mm entre si.

Tabela 2 – Características do equipamento de referência utilizado.

Designação	Marca	Modelo	N.º inf.	Gama de medição	Resolução
Máquina de medição de coordenadas tridimensionais	DEA	Gamma 22.03	203.01	(1,5 x 1,0 x 1,0) m	0,001 mm

2.3 Método de ensaio

O método de ensaio visando a medição de grandezas dimensionais e geométricas consistiu na determinação de coordenadas da superfície do corpo cilíndrico do transdutor num espaço tridimensional com recurso à máquina de medição de coordenadas tridimensionais. O suporte computacional deste equipamento de referência assegura a construção virtual de elementos geométricos (linhas, circunferências, planos, entre outros) que suportam o referencial para as medições pretendidas.

2.4 Inspeção visual

A inspeção visual do corpo cilíndrico do transdutor não revelou a existência de danos de degradação por efeito de oxidação ou deformações permanentes ao nível de arestas e superfícies.

2.5 Preparação do ensaio

O corpo cilíndrico do transdutor foi sujeito a um condicionamento ambiental antes da realização dos ensaios de caracterização dimensional e geométrica, de acordo com os limites habituais para medição de comprimento ($20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$), tendo sido colocado com uma antecedência de 12 horas na respetiva sala laboratorial do LCAM/LNEC. Quanto ao equipamento de referência, foi ligado uma hora antes do início dos ensaios. Salienta-se, igualmente, a limpeza da superfície do corpo cilíndrico com recurso a um pano macio e álcool.

No que respeita ao equipamento de referência – máquina de medição de coordenadas tridimensionais – foram previamente realizadas as operações de parametrização inicial, designadamente, a determinação da posição e do raio da ponteira, usando para esse efeito o valor de referência de uma esfera-padrão sendo esta operação realizada nas diferentes posições de medição utilizadas no ensaio.

2.6 Montagem experimental

A montagem experimental – ilustrada na Figura 2 – consistiu no posicionamento horizontal do corpo cilíndrico do transdutor sobre dois apoios colocados, para esse efeito, na mesa-plano da máquina de medição de coordenadas tridimensional, procurando garantir-se que o eixo do corpo cilíndrico se encontrasse numa posição aproximadamente paralela à superfície da mesa-plano.

2.7 Procedimento de ensaio

O procedimento de ensaio consistiu em efetuar a aquisição de conjuntos de coordenadas tridimensionais de pontos representativos de várias faces da superfície do corpo cilíndrico do transdutor, de modo a permitir a construção numérica dos elementos geométricos mencionados na Tabela 3 que, por sua vez, serviram de suporte à medição das

grandezas dimensionais e geométricas pretendidas. Salienta-se que, neste processo de medição, procurou-se promover uma distribuição regular dos pontos de medição de coordenadas sobre as superfícies de interesse que foram analisadas.



Figura 2 – Montagem experimental do ensaio.

Tabela 3 – Elementos geométricos construídos em suporte computacional.

Elemento geométrico	Localização	Número de pontos	Função
Plano	Face do topo	3 pontos	Criação de referencial
Circunferência	Secção central	3 pontos	Criação de referencial
Plano	Face do topo	85 pontos	Definição de planos de referência para medição de altura e avaliação de perpendicularidade, planeza, paralelismo e forma das faces
Plano	Face da base	85 pontos	
Circunferência	1/6 da altura	20 pontos	Definição de eixo e cilindro de referência para medição de diâmetro e avaliação de perpendicularidade, circularidade e cilindricidade
Circunferência	1/3 da altura	20 pontos	
Circunferência	1/2 da altura	20 pontos	
Circunferência	2/3 da altura	20 pontos	
Circunferência	5/6 da altura	20 pontos	

2.8 Discussão de resultados

Nas secções seguintes apresentam-se os resultados experimentais das diversas observações, acompanhados das tolerâncias aplicáveis, que permitem a verificação da conformidade dos valores médios com os requisitos da norma de referência [1]. Adicionalmente, estas tabelas permitem efetuar uma análise comparativa dos valores individuais com os valores limite das tolerâncias, permitindo uma melhor perceção de eventuais fatores de risco associados a futuras modificações estruturais do transdutor determinadas pela sua utilização na atividade de calibração.

2.8.1 Dimensões do corpo cilíndrico

As estimativas das medições de diâmetro do corpo cilíndrico apresentadas na Tabela 4 foram obtidas por via computacional a partir da construção de cinco circunferências numéricas aproximadamente equidistantes entre si e uniformemente distribuídas ao longo do eixo do corpo cilíndrico.

Tabela 4 – Resultados de medição do diâmetro.

	Relação entre a posição de observação da secção medida e a altura total do corpo cilíndrico				
	1/6	1/3	1/2	2/3	5/6
Estimativa do diâmetro (mm)	100,016	100,013	100,012	100,011	100,009
Valor médio do diâmetro (mm)	100,012				
Critério de conformidade (mm)	(100 ± 1)				

No que se refere à verificação da altura do corpo cilíndrico do transdutor, a sua medição foi suportada na construção numérica de dois planos representativos das suas faces do topo e da base, tendo-se obtido os respetivos valores máximo e mínimo de distância entre as faces de que resultaram as estimativas que se apresentam na Tabela 5. Neste contexto, a determinação da estimativa da altura do corpo cilíndrico que é apresentada corresponde ao valor médio das distâncias obtidas conforme foi mencionado.

Tabela 5 – Resultados de medição da altura.

Ensaio	Estimativas da altura (mm)	
	Valor máximo	Valor mínimo
1	199,932	199,904
2	199,932	199,905
3	199,934	199,906
Valor médio (mm)	199,919	
Critério de conformidade (mm)	(200 ± 1)	

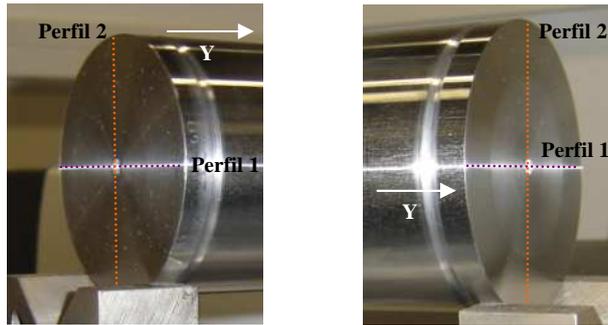
2.8.2 Geometria do corpo cilíndrico

O conjunto de coordenadas tridimensionais dos pontos medidos nas faces do corpo cilíndrico do transdutor permitiram a construção numérica de planos representativos dessas superfícies, tornando possível quantificar, por um lado, a relação de paralelismo entre ambas e, por outro lado, a planeza e a forma geométrica individual de cada face. Na Tabela 6 são expostos os resultados das medições de paralelismo e planeza das faces.

Tabela 6 – Resultados de medição de paralelismo e planeza das faces.

Ensaio	Estimativas de paralelismo (mm)	Estimativas de planeza (mm)	
		Face do topo	Face da base
1	0,027	0,020	0,014
2	0,027	0,021	0,014
3	0,028	0,021	0,015
Valor médio (mm)	0,027	0,021	0,014
Critério de conformidade (mm)	0,000 a 0,060	0,000 a 0,030	0,000 a 0,030

Nas Figuras 5 a 8, é possível observar a forma geométrica das faces do corpo cilíndrico do transdutor mediante a representação gráfica das coordenadas segundo a direção Y do eixo do corpo cilíndrico e relativamente aos planos de referência criados para esse efeito, apresentando-se um conjunto de dois perfis de pontos, aproximadamente, ortogonais entre si, para cada face analisada (*vide* Figuras 3 e 4).



Figuras 3 e 4 – Perfis de pontos analisados nas faces de topo (à esquerda) e da base (à direita).

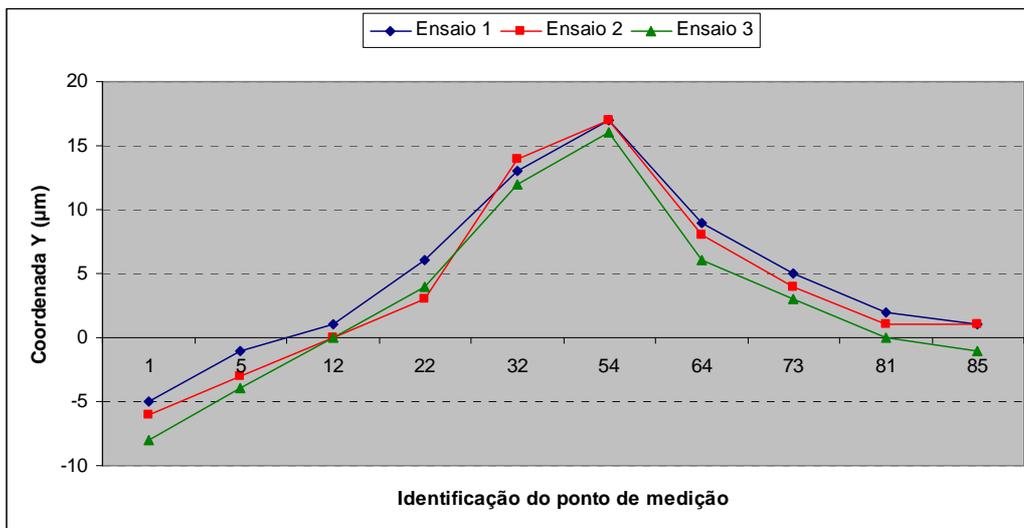


Figura 5 – Forma geométrica da face de topo (perfil 1).

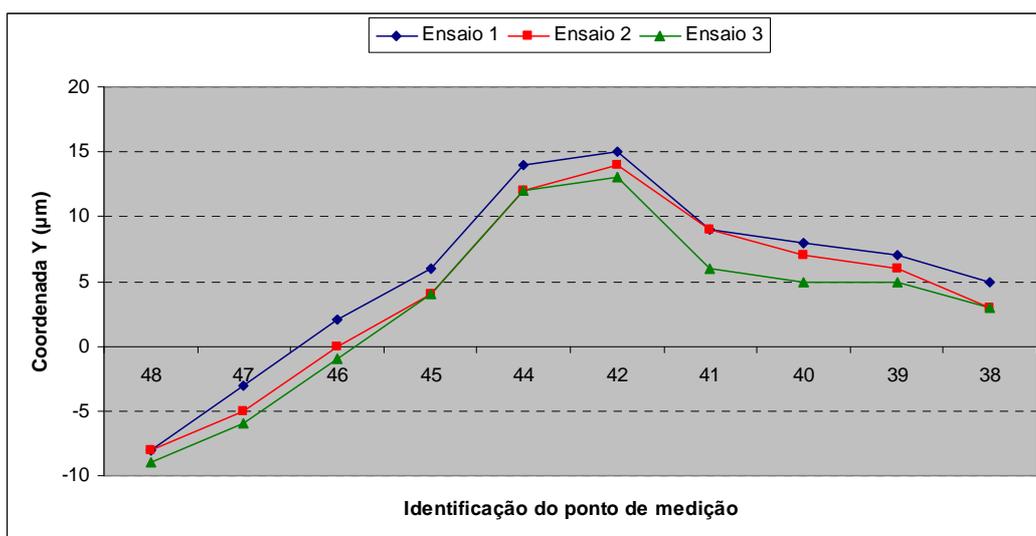


Figura 6 – Forma geométrica da face de topo (perfil 2).

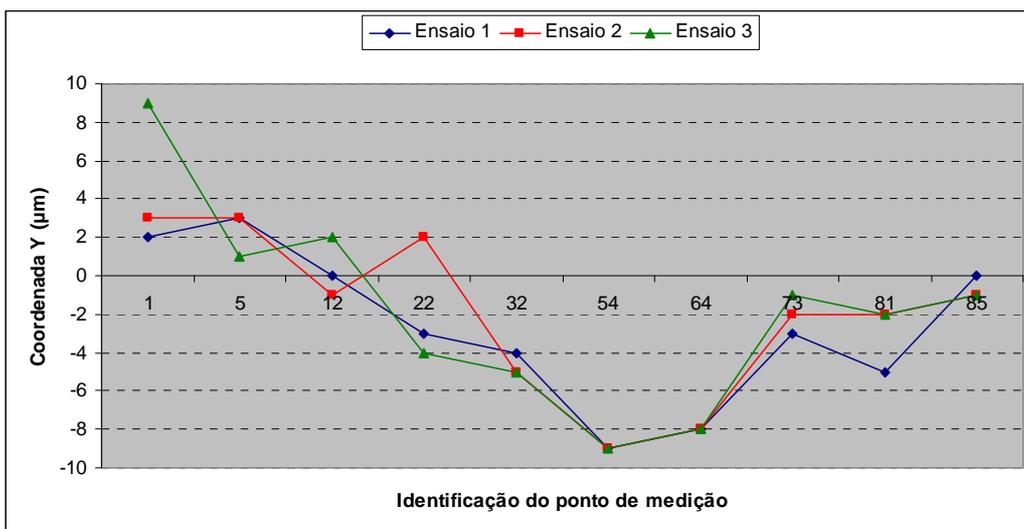


Figura 7 – Forma geométrica da face da base (perfil 1).

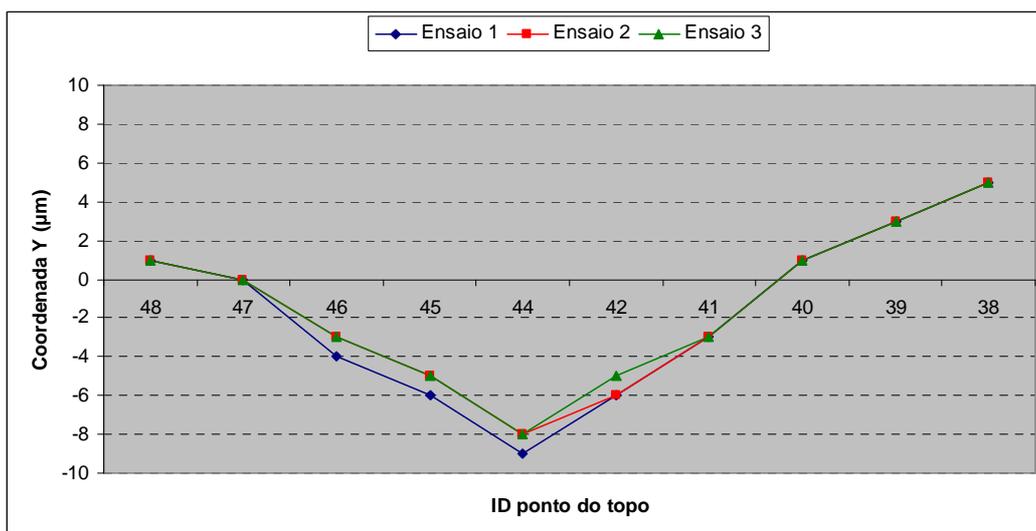


Figura 8 – Forma geométrica da face da base (perfil 2).

Tendo em conta o referencial de medição adotado, nomeadamente, o sentido positivo do eixo Y de medição estabelecido da face do topo para a face da base, as representações gráficas dos perfis de pontos de medição analisados evidenciam que ambas as faces apresentam uma forma geométrica côncava.

Considerando a face do topo como uma superfície de referência, a determinação da perpendicularidade do corpo cilíndrico foi suportada na construção numérica do plano representativo dessa superfície e do eixo do corpo cilíndrico, obtido com base na medição de coordenadas tridimensionais de pontos localizados em cinco circunferências numéricas

aproximadamente equidistantes entre si e uniformemente distribuídas, apresentando-se na Tabela 7 os resultados obtidos.

Tabela 7 – Resultados de medição da perpendicularidade.

Ensaio	Estimativas de perpendicularidade (mm)
1	0,020
2	0,022
3	0,021
Valor médio (mm)	0,021
Critério de conformidade (mm)	≤ 0,03

A construção computacional das referidas circunferências numéricas permitiu quantificar, simultaneamente, a circularidade e a cilindridade do corpo cilíndrico, cujas estimativas se apresentam nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Resultados de medição de circularidade.

Localização da secção medida	Altura do corpo cilíndrico				
	1/6	1/3	1/2	2/3	5/6
Estimativa (mm)	0,004	0,004	0,006	0,005	0,005
Valor médio (mm)	0,005				
Critério de conformidade (mm)	≤ 0,02				

Tabela 9 – Resultados de medição de cilindridade.

Ensaio	1	2
Estimativas (mm)	0,014	0,010
Valor médio (mm)	0,012	
Critério de conformidade (mm)	≤ 0,04	

3 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios experimentais realizados pelo LCAM/LNEC permitiram efetuar uma avaliação de conformidade dimensional e geométrica do corpo cilíndrico do transdutor para calibração de máquinas de compressão de betão endurecido, tendo em conta o respetivo enquadramento normativo vigente dado pela norma NP EN 12390-4 [1]. A Tabela 10 expõe a síntese do conjunto de resultados da avaliação efetuada.

Tabela 10 – Avaliação de conformidade dimensional e geométrica do corpo cilíndrico do transdutor.

Requisito	Valor médio ou forma geométrica	Intervalo ou condição de conformidade	Conformidade
Diâmetro	100,012 mm	(100 ± 1) mm	Conforme
Altura	199,919 mm	(200 ± 1) mm	Conforme
Paralelismo das faces	0,027 mm	0,000 mm a 0,060 mm	Conforme
Planeza da face de topo	0,021 mm	0,000 mm a 0,030 mm	Conforme
Forma da face de topo	Côncava	Não convexa	Conforme
Planeza da face da base	0,014 mm	0,000 mm a 0,030 mm	Conforme
Forma da face da base	Côncava	Não convexa	Conforme
Perpendicularidade	0,021 mm	0,000 mm a 0,030 mm	Conforme
Circularidade	0,005 mm	0,000 mm a 0,020 mm	Conforme
Cilindricidade	0,012 mm	0,000 mm a 0,040 mm	Conforme

A avaliação efetuada permite concluir que o corpo cilíndrico do transdutor **está conforme com os requisitos dimensionais e geométricos** definidos na secção A.1 do Anexo A da norma vigente, designadamente, no que respeita a altura, diâmetro, perpendicularidade, circularidade e cilindridade, bem como, a planeza, forma e paralelismo das suas faces. Este resultado da avaliação de conformidade dimensional e geométrica permite que o processo produtivo do transdutor de calibração transite para a fase seguinte dedicada à instrumentação da cadeia de medição e aquisição de dados associada ao conjunto de extensómetros elétricos a incorporar na superfície do corpo cilíndrico.

Salienta-se a capacidade de estudo do problema e da execução demonstrada pelo Núcleo de Sistemas Mecânicos do Centro de Instrumentação Científica do LNEC, destacando-se a elevada qualificação dos seus Técnicos, o que permitiu o desenvolvimento prático desta componente do projeto de concretização deste padrão de referência de acordo com as especificações normativas aplicáveis.

Esta etapa do processo de controlo de qualidade, necessária para assegurar o cumprimento dos requisitos normativos no quadro da acreditação de um laboratório do LNEC, é fundamental para promover a confiança dos resultados obtidos no âmbito da utilização do transdutor de calibração na avaliação do desempenho de máquinas de compressão aplicadas em ensaios de compressão de betão endurecido efetuados pelo LNEC.

Os resultados dimensionais e geométricos apresentados no presente relatório constituem valores iniciais de caracterização do transdutor de calibração, permitindo acompanhar a sua evolução ao longo do tempo, aspeto particularmente relevante tendo em conta tratar-se de um padrão de medição que irá ser sujeito a esforços compressivos significativos. Por essa razão, torna-se recomendável efetuar uma avaliação regular do mesmo, de modo a observar eventuais alterações dimensionais ou geométricas por efeito de deformação plástica.

LNEC, Lisboa, março de 2013

VISTOS

O Diretor do CIC,



Carlos Oliveira Costa

AUTORIA



Álvaro Silva Ribeiro

Lic.º em Física Tecnológica, Doutor
Investigador Auxiliar, Chefe do NQM



Luís Filipe Lages Martins

Lic.º em Engenharia Mecânica
Bolsheiro de Doutoramento

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] NP EN 12390-4:2003, *Ensaio do betão endurecido. Parte 4: Resistência à compressão. Características das máquinas de ensaio*. 1ª edição, Caparica (Portugal): Instituto Português da Qualidade (IPQ), dezembro de 2003.

[2] ISO 1101:2012, *Geometrical product specifications (GPS). Geometrical tolerancing. Tolerances of form, orientation, location and run-out*. Genève (Suíça): International Organization for Standardization (ISO), April 2012.

ANEXO – CERTIFICADO DE ENSAIO METROLÓGICO



Cliente / Customer

Designação CIC
(Customer name)
Endereço LNEC
(Address)

Equipamento calibrado / Calibrated equipment

Designação Transdutor para calibração de máq. de compressão
(Name) (Transducer for compression machine calibration)
Marca e modelo LNEC
(Brand and model)
Dados de identificação 38.08
(Id. data)
Dimensões nominais 100 mm (diâmetro); 200 mm (altura)
(Nominal dimensions) 100 mm (diameter); 200 mm (height)

Equipamento de referência / Reference standards

Designação Máquina de medição de coordenadas 3D
(Name) (3D coordinate measuring machine)
Dados de identificação 203.01
(Id. data)
Rastreabilidade A padrões primários de comprimento
(Traceability) (To length primary standards)

Dados complementares / Complementary data

Data de ensaio 2013-02-13 (aaaa-mm-dd)
(Test date) (yyyy-mm-dd)
Local de calibração Instalações do LCAM/LNEC
(Testing place) (LCAM/LNEC laboratory facilities)
Condições ambientais Temperatura (20 +/- 1) °C e humidade relativa ≤ 65 %hr
(Environmental conditions) (Temperature (20 +/- 1) °C and relative humidity ≤ 65 %hr)
Procedimento/Norma NP EN 12390-4:2003 Anexo A Secção A1
(Procedure / Norm) (NP EN 12390-4:2003 Annex A Section A1)

Observações / Notes

Inspecção visual Nada a assinalar
(Visual inspection) (Nothing to record)
Observações gerais A face de topo é a mais próxima da marcação "MAX 2200 kN"
(General remarks) (The top face is the closest to the "MAX 2200 kN" marking)



Resultados / Results

Requisito	Valor médio ou forma geométrica	Intervalo ou condição de conformidade	Conformidade
Diâmetro	100,012 mm	(100 ± 1) mm	Conforme
Altura	199,919 mm	(200 ± 1) mm	Conforme
Paralelismo das faces	0,027 mm	0,000 mm a 0,060 mm	Conforme
Planeza da face de topo	0,021 mm	0,000 mm a 0,030 mm	Conforme
Forma da face de topo	Côncava	Não convexa	Conforme
Planeza da face da base	0,014 mm	0,000 mm a 0,030 mm	Conforme
Forma da face da base	Côncava	Não convexa	Conforme
Perpendicularidade	0,021 mm	0,000 mm a 0,030 mm	Conforme
Circularidade	0,005 mm	0,000 mm a 0,020 mm	Conforme
Cilindricidade	0,012 mm	0,000 mm a 0,040 mm	Conforme

Incerteza de medição expandida (95 %): 3,7 µm
(Expanded measurement uncertainty 95%)

Data de emissão: Lisboa, 18 de março de 2013
(Date of issue) (Lisbon, March 18, 2013)

Assinaturas / Signatures

O Técnico
(The Technician)

(Alexandre Pinheiro)

O Chefe do LCAM/LNEC
(Head of the Laboratory)

(Álvaro Ribeiro)

NOTAS / NOTES:

A incerteza expandida de medição está expressa pela incerteza-padrão de medição multiplicada pelo fator de expansão calculado segundo uma distribuição t com $\nu=58$ graus de liberdade para obter uma probabilidade expandida de 95 %.

A incerteza de medição padrão foi calculada de acordo com o documento EA-4/02.

(The expanded uncertainty of measurement is expressed by the product of the standard uncertainty by the expansion factor evaluated using a t-Student distribution with $\nu=58$ degrees of freedom, in order to achieve an expanded probability of 95 %.

The standard uncertainty of measurement was evaluated according with the Guide EA-4/02.)

