



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA
Núcleo de Qualidade Metrológica

Proc. 1104/11/17804

PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE EQUIPAMENTO PENDULAR PARA ENSAIOS DE CHOQUE CHARPY DE MATERIAIS METÁLICOS DE ACORDO COM A NORMA DE REFERÊNCIA EN ISO 148-2: 2008

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

Lisboa • novembro de 2012

I&D INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 282/2012 – CIC/NQM

Procedimento de Ensaio de Equipamento Pendular para Ensaios de Choque Charpy de Materiais Metálicos de Acordo com a Norma de Referência EN ISO 148-2:2008

Resumo

O presente relatório apresenta um procedimento de ensaio de equipamento pendular para ensaio de choque Charpy de materiais metálicos, de acordo com a norma de referência EN ISO 148-2:2008, desenvolvido no Centro de Instrumentação Científica (CIC) do LNEC e realizado pelo Laboratório Central de Apoio Metrológico (LCAM).

Testing Procedure of Pendulum Equipment for Charpy Impact Test of Metallic Materials According to the Reference Standard EN ISO 148-2:2008

Abstract

This report presents a testing procedure of pendulum equipment for Charpy impact test of metallic materials, according to the reference standard EN ISO 148-2:2008, developed at LNEC's Scientific Instrumentation Centre and performed by the Central Laboratory for Metrological Support (LCAM).

Procédure d'Essai pour les Machines Mouton-Pendule d'Essai d'Impact Charpy pour les Matériaux Métalliques Selon la Norme de Référence EN ISO 148-2:2008

Résumé

Ce rapport présente une procédure d'essai pour les machines mouton-pendule d'essai d'impact Charpy pour les matériaux métalliques, selon la norme de référence EN ISO 148:2008, développée au Centre d'Instrumentation Scientifique (CIC) du LNEC et réalisée par le Laboratoire Central de Soutien Métrologique (LCAM).

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. CONTEÚDO DO RELATÓRIO	3
Anexo 1 Procedimento de Ensaio E0420 (v. 01) – Equipamento Pendular para Ensaios de Choque Charpy de Materiais Metálicos	 5

PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE EQUIPAMENTO PENDULAR PARA ENSAIOS DE CHOQUE CHARPY DE MATERIAIS METÁLICOS DE ACORDO COM A NORMA DE REFERÊNCIA EN ISO 148-2:2008

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do processo “Desenvolvimento da Qualidade Metrológica de Instrumentação Científica Aplicada em Engenharia Civil”, o Núcleo de Qualidade Metrológica (NQM) do Centro de Instrumentação Científica tem promovido, entre outros estudos, a elaboração de procedimentos aplicáveis à calibração de instrumentos de medição e ao ensaio metrológico de equipamentos laboratoriais.

Esta atividade foi inicialmente orientada para a satisfação das necessidades do Laboratório Central de Apoio Metrológico (LCAM), inserido no NQM, dos laboratórios de ensaio acreditados do LNEC e, ainda, de clientes externos ao LNEC. No entanto, a vocação natural de serviço transversal do NQM tem conduzido a uma crescente solicitação deste tipo de atividade por parte de outros setores do LNEC, bem como, de entidades externas que desenvolvem ações fora do ambiente laboratorial comum, nomeadamente, realizando a medição e monitorização de grandezas em ambiente industrial e em ensaios de campo.

No presente caso trata-se do ensaio metrológico de um equipamento habitualmente utilizado em contexto industrial, nomeadamente, no setor da construção metalomecânica. A versão do procedimento de ensaio que foi desenvolvida visa dar cumprimento aos requisitos que se encontram descritos na norma de referência EN ISO 148-2:2008. A rastreabilidade é estabelecida com base em provetes metálicos de ensaio de choque Charpy certificados, utilizados como materiais de referência, e padrões de referência do laboratório para medição das grandezas de interesse, designadamente, dimensionais, geométricas e de força.

Os procedimentos de calibração e ensaio metrológico desenvolvidos no NQM são, regra geral, baseados em normas portuguesas ou, na ausência destas, em normas estrangeiras ou internacionais. No presente caso, o LCAM desenvolveu um procedimento baseado numa norma de referência que visa assegurar o bom desempenho instrumental do equipamento em ensaios de choque Charpy de materiais metálicos, promovendo-se a identificação dos materiais e padrões de referência apropriados, a seleção de método de ensaio adequado à

avaliação do nível de exatidão da escala de medição de energia absorvida e a descrição detalhada das etapas do procedimento de ensaio.

Num contexto mais amplo refira-se que o procedimento que é objeto do presente relatório faz parte do acervo de mais de 80 procedimentos de calibração e de ensaio metrológico desenvolvidos pelo NQM, os quais contêm indicações pormenorizadas dos diferentes aspetos que suportam os serviços prestados pelo LCAM constituindo uma parte importante do Sistema de Gestão (da Qualidade) deste laboratório, que se encontra acreditado desde 1994.

A publicação deste tipo de documentos resulta da necessidade de consolidação e disseminação de conhecimento associado à introdução de novos procedimentos (situação que ocorre neste caso), bem como da necessidade de introdução de revisões periódicas dos documentos previamente editados, ditada quer pela evolução dos processos operativos e das capacidades técnicas quer pela adoção de requisitos mais exigentes.

Esta iniciativa serve também para divulgar informação relevante e atualizada, ainda que de uma forma reservada, aos clientes do LCAM, que assim poderão interpretar melhor os resultados das calibrações ou dos ensaios metrológicos realizados e apresentados nos certificados emitidos pelo LCAM.

2 CONTEÚDO DO RELATÓRIO

No Anexo do presente relatório é divulgado o Procedimento E0420 (versão 01) designado por “Procedimento de Ensaio de Equipamento Pendular para Ensaios de Choque Charpy de Materiais Metálicos”, elaborado com base na norma de referência EN ISO 148-2:2008. Este procedimento visa efetuar a avaliação de um conjunto de requisitos metrológicos que pretendem assegurar a qualidade das medições neste equipamento industrial de medição.

O procedimento de ensaio é constituído por diversas seções que incluem:

- a preparação do ensaio;
- a inspeção visual;
- o ensaio de determinação de perdas de energia por atrito;
- o ensaio de determinação do nível de exatidão de medição de energia absorvida;
- os ensaios dimensionais e geométricos;
- o método de avaliação das incertezas de medição;
- e o conteúdo informativo do certificado de ensaio.

Com a exceção dos ensaios dimensionais e geométricos que são executados nas instalações laboratoriais do LCAM, a concretização dos restantes ensaios é efetuada pelo LCAM nas instalações do cliente, com recurso a padrões de referência do laboratório e provetes certificados adquiridos a uma entidade competente, rastreados a padrões primários das grandezas envolvidas.

LNEC, Lisboa, novembro de 2012

VISTOS

O Diretor do CIC,



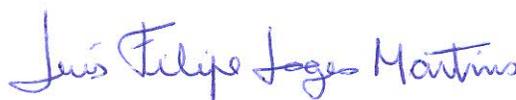
Carlos Oliveira Costa

AUTORIA



Álvaro Silva Ribeiro

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



Luís Filipe Lages Martins

Lic.º em Engenharia Mecânica
Bolseiro de Doutoramento

ANEXO 1

Procedimento de Ensaio E0420 (v. 01) – Equipamento Pendular para Ensaios de Choque Charpy de Materiais Metálicos



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
Centro de Instrumentação Científica
Núcleo de Qualidade Metrológica
Laboratório Central de Apoio Metrológico



Procedimento LCAM/LNEC E04.20 – V.01

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

INDICE

1 – ÂMBITO E EQUIPAMENTO DE REFERÊNCIA.....	3
2 - PRINCÍPIOS DE MEDIÇÃO.....	4
3 - MÉTODOS DE ENSAIO.....	4
4 - PROCEDIMENTO DE ENSAIO METROLÓGICO.....	5
4.1 - INTRODUÇÃO.....	5
4.2 - CAPACIDADE DO LCAM/LNEC PARA REALIZAR O ENSAIO METROLÓGICO DE EQUIPAMENTOS PENDULARES PARA ENSAIOS DE CHOQUE CHARPY DE MATERIAIS METÁLICOS.....	5
4.3 - PREPARAÇÃO DO ENSAIO.....	6
4.4 – INSPEÇÃO VISUAL.....	7
4.5 – ENSAIO METROLÓGICO.....	8
4.6 – DETERMINAÇÃO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO.....	11
4.7 – CERTIFICADO DE ENSAIO METROLÓGICO.....	11
5 – DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	12

RESERVADO

1 – ÂMBITO E EQUIPAMENTO DE REFERÊNCIA

O Laboratório Central de Apoio Metrológico do LNEC (LCAM/LNEC) realiza o ensaio metrológico de equipamentos pendulares para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos, segundo o método indirecto de ensaio que consta na norma EN ISO 148-2:2008 [1], pela qual é efectuada a avaliação de conformidade do equipamento face ao conjunto de requisitos aí exposto. O ensaio metrológico descrito é limitado a equipamentos do tipo industrial com pêndulo cuja aresta de choque possua um raio nominal de 2 mm, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Equipamento pendular industrial para ensaio de choque Charpy de materiais metálicos.

Este documento descreve os princípios, os métodos e os procedimentos associados à medição das grandezas que caracterizam o equipamento de ensaio em causa e asseguram a sua adequação à utilização pretendida.

Para realizar o ensaio referido, o LCAM/LNEC dispõe do seguinte material e equipamento de referência:

- provetes metálicos de ensaio de choque Charpy certificados de acordo com a norma EN ISO 148-3:2008 [2] no que respeita ao valor de referência de energia absorvida e aos requisitos dimensionais e geométricos;

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

- máquina de medição por contacto de coordenadas tridimensionais, rastreada a padrões dimensionais e geométricos primários;
- craveira digital, rastreada a padrões dimensionais primários;
- chave dinamométrica rastreada a padrões primários de força.

2 - PRINCÍPIOS DE MEDIÇÃO

O princípio de medição da energia absorvida por um provete metálico num ensaio de choque Charpy é fundamentado na ação gravítica que atua no pêndulo do equipamento de ensaio. A libertação do pêndulo de uma altura conhecida permite que a sua energia potencial gravítica seja transformada em energia cinética que é absorvida pelo provete colocado numa altura inferior, na qual a trajetória do pêndulo intersecta a posição do provete. A medição do respectivo ângulo de subida do pêndulo após o choque com o provete permite determinar a energia potencial absorvida na fractura do provete acrescida das perdas por atrito (nos rolamentos e ponteiro do equipamento e resistência do ar ao deslocamento do pêndulo), deformação e resposta dinâmica do equipamento.

No que respeita às grandezas dimensionais e geométricas, o seu princípio de medição consiste na determinação de coordenadas num espaço tridimensional e no desenvolvimento matemático de elementos geométricos (linhas, circunferências, planos, entre outros) em suporte computacional.

3 - MÉTODOS DE ENSAIO

O método de ensaio adoptado corresponde ao método indirecto, conforme exposto na norma EN ISO 148-2:2008 [1]. Este método recorre a um conjunto de provetes metálicos de ensaio Charpy (*vide* Figura 2) que obedecem um conjunto de requisitos dimensionais, geométricos e energéticos definidos pela norma EN ISO 148-3:2008 [2].



Figura 2 – Conjunto de provetes metálicos de referência para ensaio de choque Charpy.

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

O conhecimento do valor de energia absorvida por estes provetes de referência (dentro de um determinado nível de confiança) permite seja efectuada uma comparação entre os valores de referência dos provetes e os valores lidos no equipamento de ensaio de choque Charpy após ensaio destrutivo dos provetes de referência, permitindo avaliar o nível de exatidão da escala de medição de energia absorvida.

O método de ensaio para determinação de perdas de energia¹ por atrito consiste na libertação do pêndulo da sua posição inicial de ensaio com ausência de qualquer elemento impeditivo do seu deslocamento, nomeadamente, de um provete de ensaio na zona de choque. Este método apresenta duas variantes de ensaio que se destinam, respectivamente, à determinação da perda de energia por atrito no ponteiro e por efeito conjunto de atrito nos rolamentos do eixo de rotação do pêndulo e resistência do ar ao deslocamento do pêndulo. A soma dos resultados obtidos em ambas as variantes de ensaio permite expressar a perda total de energia por atrito.

O método de ensaio para medição de grandezas dimensionais e geométricas associadas à aresta de choque e aos apoios de provete é baseado na medição com contacto de coordenadas num espaço tridimensional, que assegura a construção de elementos geométricos em suporte computacional e a sua consequente medição.

4 - PROCEDIMENTO DE ENSAIO METROLÓGICO

4.1 - Introdução

Apresenta-se, em seguida, o procedimento para ensaio metrológico de equipamentos pendulares para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos, elaborado pelo LCAM/LNEC visando o cumprimento dos requisitos normativos da EN ISO 148-2:2008 [1].

4.2 - Capacidade do LCAM/LNEC para realizar o ensaio metrológico de equipamentos pendulares para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

Quando solicitado para efetuar o ensaio metrológico de equipamentos pendulares para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos, o LCAM/LNEC avaliará a sua capacidade para efetuar esta operação tendo em conta o tipo de equipamento (referência ou industrial), as

¹ Note-se que as perdas de energia por efeito de deformação e comportamento dinâmico do equipamento não estão incluídas neste ensaio.

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

dimensões do equipamento em causa, o raio do(s) pêndulo(s) que o integram e as mensurandas e os níveis de exatidão requeridos.

4.3 - Preparação do ensaio

Observar a superfície dos provetes de referência², em particular, a zona do entalhe e anotar eventuais danos como riscas superficiais, degradação por efeito de oxidação ou deformações permanentes.

Promover a remoção da camada protetora de óleo da superfície dos provetes de referência, em particular, na zona do entalhe, com recurso a papel absorvente. Em seguida, submergir os provetes de referência num recipiente com álcool durante, aproximadamente, cinco minutos.

Concluída a fase de limpeza, a manipulação dos provetes deverá ser realizada com luvas apropriadas diminuindo, deste modo, o risco de corrosão. Em adição, o tempo compreendido entre o fim da limpeza dos provetes e o início do ensaio deverá ser o menor possível.

Colocar os provetes de referência na sala laboratorial onde está localizado o equipamento de ensaio, pelo menos, três horas antes de realizar o ensaio. A temperatura da sala laboratorial deverá estar compreendida entre 18 °C e 22 °C.

Efetuar a limpeza do equipamento a ensaiar incluindo pêndulo(s) de choque e apoios de provete, utilizando um pano macio e álcool. Caso a operação do equipamento o exija, proceder às respectivas ligações de natureza eléctrica, mecânica ou hidráulica, pelo menos, uma hora antes da execução do ensaio.

Em caso de realização de ensaio metrológico dimensional e geométrico da(s) aresta(s) de choque do(s) pêndulo(s) ou dos apoios de provete em sala laboratorial do LCAM/LNEC, efetuar as seguintes operações:

- Inicializar a aplicação computacional associada à operação da máquina de medição por contacto de coordenadas tridimensionais. Efetuar a determinação da posição e do valor do raio da ponteira (com base no valor de referência da esfera-padrão) para as várias posições de medição, extensões e ponteiras a utilizar durante o ensaio.
- Colocar os componentes do equipamento pendular (pêndulo e apoios de provete) na mesa-plano da máquina de medição por contacto de coordenadas tridimensionais,

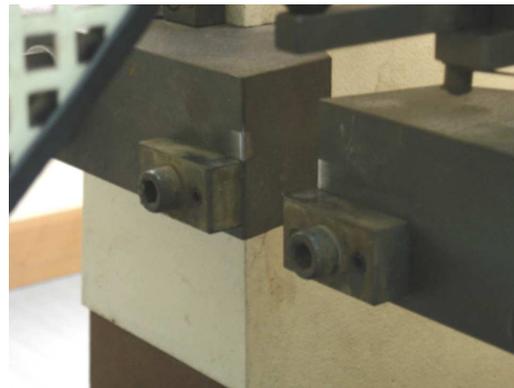
² Salienta-se que, previamente à execução do ensaio e tratando-se de materiais de referência, os provetes de ensaio devem estar sujeitos a condicionamento térmico compreendido entre 13 °C e 23 °C de modo a evitar a alteração de propriedades termo-mecânicas.

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

pelo menos, 12 horas antes de executar o ensaio. A orientação destes elementos deverá ser adequada à movimentação da cabeça de medição da máquina de medição de coordenadas tridimensionais.

4.4 – Inspeção visual

Observar o aspecto do equipamento a ensaiar, em particular, as superfícies da aresta de choque do pêndulo e as faces e arestas dos apoios de provete (*vide* Figuras 3 e 4) e anotar eventuais sinais de desgaste, riscas superficiais, degradação por efeito de oxidação ou deformações permanentes. No caso da realização da inspeção visual revelar algum aspecto comprometedor do cumprimento dos requisitos normativos associados aos componentes referidos (aresta de choque do pêndulo e apoios de provete), efetuar o seu ensaio dimensional e geométrico nas instalações laboratoriais do LCAM/LNEC. Os resultados obtidos permitirão avaliar a sua conformidade relativamente aos requisitos estabelecidos na norma vigente [1].



Figuras 3 e 4 – Aresta de choque do pêndulo (à esquerda) e zona de apoio dos provetes (à direita).

Observar os elementos de ligação aparafusada da estrutura do equipamento pendular à sua fundação e avaliar a existência de folgas no seu aperto. Caso se conheça a especificação do fabricante relativamente ao momento de aperto dos parafusos, proceder à sua verificação com recurso a chave dinamométrica rastreada a padrões primários de força.

Constatar a inexistência de vibrações de origem externa transmitidas à fundação onde está instalado o equipamento pendular. Em caso de dúvida, posicionar recipiente com água sobre a estrutura do equipamento e observar se existem oscilações significativas à superfície.

4.5 – Ensaio metrológico

O ensaio metrológico de equipamentos pendulares industriais para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos consta dos seguintes ensaios *in situ*:

- A) Ensaio de determinação de perdas de energia por atrito;
- B) Ensaio de determinação do nível de exatidão de medição de energia absorvida.

Conforme referido na secção 4.4, as observações realizadas na inspeção visual do equipamento ou a substituição de elementos podem traduzir-se na necessidade de realização, nas instalações laboratoriais do LCAM/LNEC, do ensaio do dimensional e geométrico (C) dos seguintes componentes:

- C1) Aresta de choque do pêndulo;
- C2) Apoios de provetes.

A – Ensaio de determinação de perdas de energia por atrito

- a. Deslocar o pêndulo de choque para a posição inicial de ensaio e assegurar a sua fixação.*
- b. Medir três vezes a distância entre apoios do provete de forma a abranger as regiões inferior, média e superior dos apoios. Proceder à avaliação de conformidade do valor médio obtido face à tolerância estabelecida na norma de ensaio [1].*
- c. Efetuar o zero do equipamento (alinhamento do ponteiro com a respectiva marcação) e libertar o pêndulo de choque da sua posição inicial de ensaio, após confirmação visual de que não existem elementos impeditivos ao seu deslocamento. Anotar o valor do ângulo de subida do pêndulo ou de energia absorvida.*
- d. Repetir o ponto anterior não efectuando a reposição do ponteiro.*
- e. Repetir os pontos c. e d. três vezes. Determinar os valores médios dos ângulos de subida ou de energia absorvida e calcular a perda de energia por atrito no ponteiro.*
- f. Sem efetuar a reposição do ponteiro, libertar o pêndulo da posição inicial de ensaio e iniciar a contagem de cinco oscilações completas. Ao iniciar a sexta oscilação, movimentar o ponteiro para a graduação da escala correspondente a, aproximadamente, 5 % do valor nominal de energia potencial gravítica do pêndulo. Anotar o valor do ângulo de subida do pêndulo ou de energia absorvida e calcular a perda de energia por atrito nos rolamentos e resistência do ar.*

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

- g. Determinar a perda total de energia por atrito mediante a adição das perdas de energias determinadas em e. e f.. O valor obtido será considerado conforme caso seja inferior a 0,5 % do valor nominal de energia potencial gravítica do pêndulo.

B – Ensaio de determinação do nível de exatidão de medição de energia absorvida

- a. Efetuar a escolha dos níveis de energia absorvida cujo nível de exatidão se pretende determinar com base em provetes de referência³. Devem ser escolhidos, no mínimo, dois níveis de energia absorvida compreendidos na gama de medição do equipamento, de preferência, próximos dos limites inferior e superior. Caso se opte por escolher mais do que dois níveis de energia, estes devem ser distribuídos de forma aproximadamente uniforme pela gama de medição compreendida entre os limites inferior e superior.
- b. Com recurso a provetes de referência, efetuar o ensaio de choque Charpy de, no mínimo, cinco provetes por nível de energia absorvida escolhido em a..
- c. Para cada nível de energia absorvida, determinar:
- c1) o valor médio de energia absorvida;
 - c2) o desvio sistemático, definido como o valor absoluto da diferença entre o valor médio de energia absorvida e o valor de referência dos provetes ensaiados;
 - c3) a repetibilidade, definida como a diferença entre os valores máximo e mínimo de energia absorvida lida no equipamento.
- d. Avaliar a conformidade dos valores obtidos de desvio sistemático e repetibilidade, de acordo com as tolerâncias expostas na norma de ensaio [1].

³ Em regra, os provetes de referência apresentam quatro sub-níveis de energia absorvida: baixo (15 J a 39 J); médio (40 J a 99 J); elevado (100 J a 159 J); muito elevado (160 J a 200 J).

C – Ensaio dimensional e geométrico

C1– Aresta de choque do pêndulo

- a. Efetuar a construção de quatro planos representativos das superfícies laterais da aresta de choque do pêndulo mediante a determinação das coordenadas espaciais de cinco pontos por cada plano;
- b. Medir a largura, w , e o ângulo, α , da aresta de choque (vide Figura 5) e avaliar a sua conformidade face às tolerâncias estabelecidas na norma de ensaio [1];

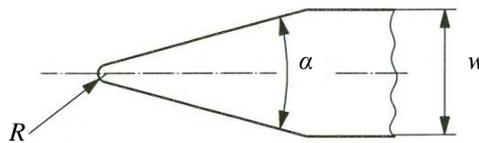


Figura 5 – Representação esquemática das medições a efetuar na aresta de choque [1].

- c. Com base na medição de cinco pontos a meia-altura sobre a aresta de choque, definir uma circunferência e determinar o correspondente raio R (vide Figura 5); avaliar a conformidade do valor dimensional obtido tendo em conta a tolerância exposta na norma de ensaio [1].

C2– Apoios de provetes

- a. Efetuar a construção geométrica do raio de concordância R_e (vide Figura seguinte), usando a aplicação computacional, com base na definição de uma circunferência mediante a determinação das coordenadas espaciais de cinco pontos a meia-altura; obter o valor do raio da circunferência criada;

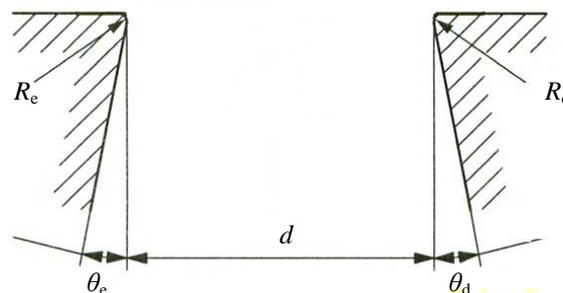


Figura 6 – Representação esquemática dos elementos dimensionais e geométricos sujeitos a medição nos apoios de provetes [1].

Equipamento pendular para ensaios de choque Charpy de materiais metálicos

- b. *Repetir a operação descrita em a. para obter o raio de concordância R_d ;*
- c. *Proceder à construção geométrica dos planos representativos das superfícies dos apoios de provetes em análise (conforme exposto na Figura 6) mediante a determinação das coordenadas espaciais de cinco pontos por cada plano criado;*
- d. *Determinar a intersecção dos planos de interesse de modo ser possível a medição do ângulo θ em ambos os apoios (vide Figura 6);*
- e. *Avaliar a conformidade dos valores dimensionais e geométricos obtidos face às tolerâncias estabelecidas na norma de ensaio [1].*

4.6 – Determinação da incerteza de medição

As incertezas de medição expandidas apresentadas estão associadas aos métodos, aos operadores, aos padrões de medição e materiais de referência utilizados no ensaio sendo declaradas para um intervalo de confiança de 95 % calculado de acordo com [3] e [4].

4.7 – Certificado de ensaio metrológico

Preencher o certificado de ensaio metrológico de acordo com [5] referindo:

- *a identificação e endereço do cliente;*
- *a identificação do equipamento ensaiado;*
- *a identificação dos materiais e equipamentos de referência utilizados;*
- *os dados complementares (data e local de ensaio, condições ambientais, procedimento e norma adoptados);*
- *as observações da inspecção visual e observações gerais;*
- *os valores que compõe o quadro de resultados (valores de referência, valores lidos, repetibilidade e desvio de calibração);*
- *a conformidade ou não-conformidade com a norma de referência [1];*
- *as incertezas de medição expandidas para um intervalo de confiança de 95 %.*

5 – DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- [1] EN ISO 148-2:2008 - *Metallic material. Charpy pendulum impact test. Part 2: Verification of testing machines*, Bruxelles (Bélgica): Comité Européen de Normalisation (CEN), 2008.
- [2] EN ISO 148-3:2008 - *Metallic material. Charpy pendulum impact test. Part 3: Preparation and characterization of Charpy V-notch test pieces for indirect verification of pendulum impact machines*, Bruxelles (Bélgica): Comité Européen de Normalisation (CEN), 2008.
- [3] *Guide for the expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*, Genève (Suíça): International Organization for Standardization (ISO), 1993 (re-editado em 1995).
- [4] *Guia para a expressão da incerteza de medição nos laboratórios de calibração*, Lisboa (Portugal): Instituto Português da Qualidade (IPQ), 1996.
- [5] *International vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms (VIM)*, Sèvres (França): Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), 2008.

RESERVADO