

Tema: Gestão sistêmica

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DA QUALIDADE PARA O ENSAIO DE ANISOTROPIA*

Daniel Antonio Kapper Fabricio¹

Jefferson Haag²

Afonso Reguly³

Telmo Roberto Strohaecker⁴

Resumo

Laboratórios de ensaios têm buscado implementar Sistemas de Gestão da Qualidade baseados na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 e procurado a acreditação de seus ensaios. A norma ASTM E517 estabelece um método de ensaio para a determinação do índice de anisotropia plástica de metais laminados, um importante parâmetro em processos de conformação mecânica por estampagem. Atualmente nenhum laboratório é acreditado pelo Inmetro na realização desse ensaio. Assim, o Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) da UFRGS optou por aumentar seu escopo de acreditação para abranger esse ensaio. O objetivo do trabalho é apresentar as adequações gerenciais e técnicas ao Sistema da Qualidade existente para a extensão de escopo, assim como as não conformidades encontradas e os pontos fortes para obtenção da acreditação junto ao Inmetro.

Palavras-chave: Gestão da qualidade; ABNT NBR ISO/IEC 17025; Anisotropia; ASTM E517.

IMPLEMENTATION OF A QUALITY SYSTEM FOR THE ANISOTROPY TEST

Abstract

Testing laboratories have attempted to implement Quality Management Systems based on ISO/IEC 17025 standard and have also tried to obtain the accreditation of the tests. ASTM E517 standard covers special tension testing for the measurement of the plastic strain ratio of sheet metal, intended for deep-drawing applications. Currently there are no laboratories accredited by Inmetro on this test. Consequently, the Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) of UFRGS decided to extend the range of accreditation to include the plastic strain ratio testing on the scope. This paper aims to present the required managerial and technical adjustments to the Quality Management System, the deviations that occurred during the process and the strong points to consolidate the accreditation by Inmetro.

Keywords: Quality management; ISO/IEC 17025; Plastic strain ratio; ASTM E517.

¹ Eng. de Produção, Laboratório de Metalurgia Física, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Eng. Metalúrgico, Laboratório de Metalurgia Física, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

³ Eng. Metalúrgico, Professor Doutor, Laboratório de Metalurgia Física, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴ Eng. Metalúrgico, Professor Doutor, Laboratório de Metalurgia Física, PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Laboratórios de ensaio brasileiros têm implantado Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQs), baseados na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1] e procurado a acreditação junto ao Inmetro para seus ensaios. Essa norma especifica os requisitos necessários para que laboratórios de ensaios e/ou calibrações comprovem a sua competência técnica e a validade dos dados e resultados emitidos [1], cobrindo métodos normalizados, não normalizados e métodos desenvolvidos pelo próprio laboratório.

Os requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1] são divididos em gerenciais (da direção) e técnicos. Os requisitos gerenciais se referem à organização do laboratório, estabelecimento do sistema de gestão, controle dos documentos, análises críticas, atendimento ao cliente, reclamações, não conformidades, oportunidades de melhorias, ações corretivas e preventivas, auditorias internas, entre outros. Os requisitos técnicos são voltados aos fatores que afetam diretamente o resultado, ou seja: pessoal; acomodações e condições ambientais; métodos de ensaio, calibração e validação dos métodos; equipamentos; rastreabilidade das medições; amostragem; manuseio de itens; garantia da qualidade dos resultados; e apresentação dos resultados [1].

Em processos de fabricação de produtos metalúrgicos, é importante estudar as propriedades dos materiais para reduzir perdas e defeitos, utilizando os materiais mais adequados a cada processo. Esse tipo de estudo é usualmente conduzido em laboratórios de ensaios, que calculam e emitem laudos apresentando propriedades dos materiais [2].

Segundo Tigrinho [3], as propriedades mecânicas de um material trabalhado podem variar conforme a direção estudada. Esse fenômeno, chamado de anisotropia, aparece por causa da orientação preferencial dos planos e direções cristalinas do metal após uma grande deformação por trabalho mecânico ou devido ao alinhamento de inclusões, vazios, segregação ou alinhamento de partículas de segunda fase. Uma grandeza útil para se avaliar a anisotropia dos materiais é o coeficiente de anisotropia r , que pode ser calculado conforme a norma ASTM E517 [4].

O índice r indica a capacidade de uma chapa de metal em resistir ao afinamento ou espessamento quando sujeito a esforços de tração ou compressão no plano da chapa. Por definição, r representa a razão entre a deformação verdadeira na largura (ε_w) e na espessura (ε_t) de um corpo de prova de tração, após uma deformação longitudinal pré-definida. A norma ASTM E517 recomenda utilizar uma relação equivalente, baseada no comprimento e largura do corpo de prova, assumindo-se que o volume de um corpo de prova permanece constante durante a deformação. Assim, é possível obter o seguinte modelo de medição para r [4]:

$$r = \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_t} = \frac{\ln(w_o/w_f)}{\ln((l_f w_f)/(l_o w_o))} \quad (1)$$

Onde w_o e l_o representam, respectivamente, a largura e o comprimento iniciais do corpo de prova, e w_f e l_f representam a largura e o comprimento finais (após a aplicação da carga trativa). A anisotropia média (r_m) de uma chapa é obtida através da média ponderada dos valores de r em três direções: 0° (paralela), 45° (diagonal), e 90° (perpendicular) à direção de laminação [4] (Equação 2).

$$r_m = \frac{r_0 + 2r_{45} + r_{90}}{4} \quad (2)$$

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

A Figura 1 representa a posição de retirada dos corpos de prova de uma chapa para o cálculo de r_m .

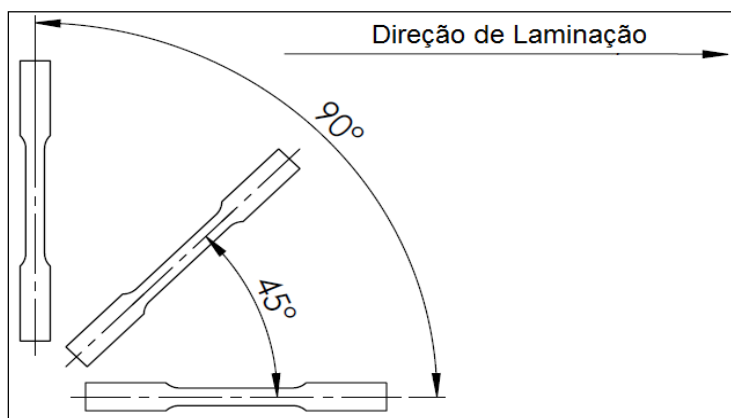


Figura 1. Posição de retirada dos corpos de prova para o cálculo de r_m .

O Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) possui um Sistema de Gestão da Qualidade ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1] acreditado para diversos ensaios. O principal objetivo deste trabalho é apresentar as etapas para o aumento do escopo de acreditação do LAMEF para o ensaio de anisotropia baseado na norma ASTM E517 [4], assim como as não conformidades encontradas e os pontos fortes nesse processo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas do trabalho são descritas na Figura 2.

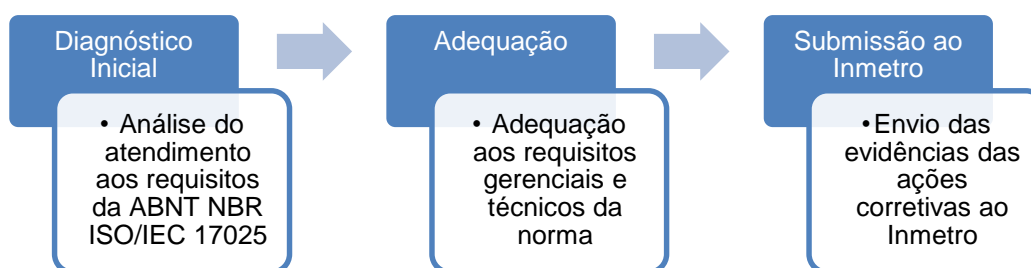


Figura 2. Etapas do método de trabalho.

O diagnóstico inicial consistiu na análise do atendimento aos requisitos gerenciais e técnicos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1], utilizada na acreditação de laboratórios de ensaio, focando no ensaio de anisotropia no LAMEF. Essa análise foi realizada em duas etapas: inicialmente pela equipe interna do Laboratório, e em seguida na auditoria externa pelo Inmetro.

Em seguida, são apresentadas as principais adequações realizadas para cada não conformidade encontrada. Por fim, para a consolidação do aumento de escopo, foram submetidas ao Inmetro evidências das ações corretivas tomadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O LAMEF é acreditado na ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1] pelo Inmetro desde 2010, possuindo 11 ensaios normatizados em seu escopo de acreditação. Em 2012,

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

iniciou-se o processo para extensão de escopo, incluindo também o ensaio de anisotropia.

3.1 Diagnóstico Inicial

O diagnóstico inicial do atendimento aos requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1], focando no ensaio de anisotropia, foi realizado em dois momentos: inicialmente pela equipe interna do laboratório, visando encontrar lacunas e implantar melhorias. Em seguida, foi realizada auditoria externa pelo Inmetro para consolidar o aumento de escopo. O resultado geral desse diagnóstico consta na Tabela 1.

Tabela 1. Análise do atendimento aos requisitos

Requisito	Situação	Justificativa
4.1. Organização	Atende	O ensaio é realizado em um laboratório já acreditado.
4.2. Sistema de gestão	Atende	O ensaio foi incorporado ao Sistema de Gestão existente.
4.3. Controle de documentos	Atende	Todos os documentos de ensaios seguem a mesma sistemática para aprovação, emissão e alterações.
4.4. Análise crítica de pedidos, propostas e contratos	Atende	Todos os ensaios (dentro ou fora do escopo) passam por análise crítica.
4.5. Subcontratação de ensaios e calibrações	Não aplicável	O LAMEF não subcontrata ensaios.
4.6. Aquisição de serviços e suprimentos	Atende	Todas as compras de serviços e suprimentos que afetam a qualidade dos ensaios seguem um mesmo procedimento.
4.7. Atendimento ao cliente	Atende	Já há uma sistemática de atendimento aos clientes.
4.8. Reclamações	Atende	Já há uma sistemática de atendimento às reclamações.
4.9. Controle de trabalhos de ensaio e/ou calibrações não conforme	Atende	Já há uma sistemática de atendimento às não conformidades.
4.10. Melhoria	Atende	Já há uma sistemática para melhoria contínua do Sistema de Gestão.
4.11. Ação preventiva	Atende	Já há uma sistemática para a prevenção de potenciais não conformidades.
4.12. Ação corretiva	Atende	Já há uma sistemática para a tomada de ações corretivas.
4.13. Controle de registros	Atende	Todos os registros de ensaios seguem a mesma sistemática para emissão, preenchimento e controle.
4.14 Auditorias internas	Não atende	Não é realizada auditoria interna focada no ensaio de anisotropia.
4.15. Análise crítica pela direção	Atende	Já há sistemática para análise crítica abrangendo todos os ensaios.
5.1. Generalidades	Não aplicável	Esse item não é auditável.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Tabela 1. Análise do atendimento aos requisitos (Continuação)

5.2. Pessoal	Não atende	Não estão formalmente definidas quais pessoas estão capacitadas para executar o ensaio.
5.3. Acomodações e condições ambientais	Atende	O ambiente de realização do ensaio é o mesmo onde outros ensaios são realizados.
5.4. Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos	Não atende	Não há um procedimento de ensaio de anisotropia. Não foi utilizada metodologia para validação do método de ensaio. Não é realizada a estimativa da incerteza de medição do ensaio.
5.5. Equipamentos	Não atende	Os equipamentos envolvidos na medição (célula de carga e paquímetro) já são controlados pelo Sistema da Qualidade do LAMEF. No entanto, a análise crítica de calibração não inclui a comparação do erro relatado nos certificados de calibração com a acurácia especificada nas normas de ensaio.
5.6. Rastreabilidade da medição	Atende	Já há sistemática para garantir a rastreabilidade das medições às unidades do Sistema Internacional.
5.7. Amostragem	Não aplicável	O LAMEF não realiza planos de amostragem, os mesmos são responsabilidade do cliente ou solicitante.
5.8. Manuseio de itens de ensaio e calibração	Não atende	Já há sistemática para manuseio de todos os itens de ensaio. No entanto, em uma auditoria, durante a identificação da amostra do ensaio de anisotropia, o executante identificou a amostra com um número de Serviço Interno idêntico à amostra de outro ensaio.
5.9. Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração	Não atende	Não há evidência de dados de controle de qualidade para monitorar os ensaios do escopo.
5.10. Apresentação de resultados	Atende	Todos os ensaios para clientes são emitidos em relatórios que atendem aos requisitos.

3.2 Adequação


Para cada item não atendido, descritos na Tabela 1, foram tomadas ações corretivas.

No caso do item 4.14, o ensaio de anisotropia passou a ser incluído no escopo das auditorias internas do LAMEF. Ou seja, passaram a serem programadas auditorias focadas nesse ensaio.

Para o atendimento dos requisitos relacionados a pessoas (5.2), foram registradas em documento quais pessoas são capacitadas para realizar o ensaio. As mesmas possuem experiência e habilidade na execução do ensaio.

Para adequação ao requisito 5.4, foi elaborado um procedimento de ensaio baseado na norma ASTM E517 [4]. Um trecho do procedimento é apresentado na Figura 3. Em seguida, foram executados alguns ensaios para confirmação do método normatizado. Por fim, foi elaborado um formulário de ensaio, que contempla o cálculo da incerteza de medição, baseado no Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM) [5]. A Figura 4 apresenta um trecho do formulário elaborado.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

 LABORATORIO DE METALURGIA FISICA-LAMEF PROCEDIMENTO DE ENSAIO	GEM PE 014
	REVISAO 01
	07/08/2013
PÁGINA 1 de 4	

TITULO: ENSAIO PARA A DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ANISOTROPIA

SUMÁRIO

- 1 - Objetivo
- 2 - Campo de Aplicação
- 3 - Definições
- 4 - Descrição
- 5 - Referências e Formulários

1 - Objetivo

Este documento descreve o procedimento para realização de ensaio para a determinação do coeficiente de anisotropia de metal laminado utilizando a máquina eletromecânica Instron EQ. 2 e a garra hidráulica, baseado na norma ASTM E517.

2 - Campo de Aplicação

O conteúdo deste documento é válido para o Grupo de Ensaios Mecânicos (GEM) do Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) e suas instruções se tomam válidas a partir de sua aprovação.

3 - Definições

- Corpo de prova (CP): amostra a ser ensaiada
- r : Coeficiente de anisotropia
- Δr : tendência de orelhamento do metal laminado
- W : largura do CP
- G : comprimento do CP
- T : espessura do CP

Elaborado por: Daniel A. K. Fabricio | Aprovado por: Jefferson Haag | Data de emissão: 20/08/2012

Figura 3. Procedimento de ensaio.

O ensaio de anisotropia tem como objetivo calcular a anisotropia média de três amostras de um mesmo material, cada qual em uma direção diferente, conforme a Figura 1 e Equação 2. Para cada amostra, o índice de anisotropia plástica r é uma função de variáveis dimensionais (largura e comprimento), conforme Equação 1. A planilha de incerteza elaborada considerou, para cada variável da Equação 1, as seguintes fontes de incerteza: resolução do instrumento de medição, incerteza herdada do certificado de calibração do equipamento e desvio padrão de três medidas repetidas. Ao final, essas fontes foram combinadas para o cálculo da incerteza de medição da anisotropia média (r_m).

* Contribuição técnica ao 69^o Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14^o ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



 LAMEF <small>LABORATÓRIO DE METALURGIA FÍSICA</small>	LABORATÓRIO DE METALURGIA FÍSICA - LAMEF FORMULÁRIO DE ENSAIO Ensaio de Determinação do Índice de Anisotropia (r)	GEM FE 020 REVISÃO 05 21/10/2013 PÁGINA 1 de 1																																																																																																																									
	Parâmetros																																																																																																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">Nº de Protocolo/Si</td><td></td></tr> <tr><td>Solicitante/Contato</td><td></td></tr> <tr><td>Material</td><td></td></tr> <tr><td>Empresa</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura de Ensaio [°C]</td><td></td></tr> <tr><td>Taxa de Carregamento Usada [mm/min]</td><td></td></tr> <tr><td>Deformação Longitudinal Especificada [%]</td><td></td></tr> </table>		Nº de Protocolo/Si		Solicitante/Contato		Material		Empresa		Temperatura de Ensaio [°C]		Taxa de Carregamento Usada [mm/min]		Deformação Longitudinal Especificada [%]																																																																																																												
	Nº de Protocolo/Si																																																																																																																										
Solicitante/Contato																																																																																																																											
Material																																																																																																																											
Empresa																																																																																																																											
Temperatura de Ensaio [°C]																																																																																																																											
Taxa de Carregamento Usada [mm/min]																																																																																																																											
Deformação Longitudinal Especificada [%]																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">Medições de espessura</th> </tr> <tr> <th>CP</th> <th>T_c [mm]</th> <th>T_r [mm]</th> </tr> <tr> <td>0°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90°</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Medições de espessura			CP	T_c [mm]	T_r [mm]	0°			45°			90°																																																																																																													
Medições de espessura																																																																																																																											
CP	T_c [mm]	T_r [mm]																																																																																																																									
0°																																																																																																																											
45°																																																																																																																											
90°																																																																																																																											
Legenda		<table border="0"> <tr><td></td><td>Células para preencher</td></tr> <tr><td></td><td>Células com fórmulas</td></tr> <tr><td>CP</td><td>Corpo de prova</td></tr> <tr><td>GDL</td><td>Graus de liberdade</td></tr> <tr><td>K</td><td>Coefficiente de abrangência</td></tr> <tr><td>L</td><td>Length (comprimento)</td></tr> <tr><td>n</td><td>Número de medições</td></tr> <tr><td>r</td><td>Índice de anisotropia</td></tr> <tr><td>r_m</td><td>Índice de anisotropia média</td></tr> <tr><td>T</td><td>Thickness (espessura)</td></tr> <tr><td>W</td><td>Width (largura)</td></tr> <tr><td>Δr</td><td>Tendência de orelhamento</td></tr> </table>		Células para preencher		Células com fórmulas	CP	Corpo de prova	GDL	Graus de liberdade	K	Coefficiente de abrangência	L	Length (comprimento)	n	Número de medições	r	Índice de anisotropia	r_m	Índice de anisotropia média	T	Thickness (espessura)	W	Width (largura)	Δr	Tendência de orelhamento																																																																																																	
	Células para preencher																																																																																																																										
	Células com fórmulas																																																																																																																										
CP	Corpo de prova																																																																																																																										
GDL	Graus de liberdade																																																																																																																										
K	Coefficiente de abrangência																																																																																																																										
L	Length (comprimento)																																																																																																																										
n	Número de medições																																																																																																																										
r	Índice de anisotropia																																																																																																																										
r_m	Índice de anisotropia média																																																																																																																										
T	Thickness (espessura)																																																																																																																										
W	Width (largura)																																																																																																																										
Δr	Tendência de orelhamento																																																																																																																										
Medições de largura e comprimento																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CP</th> <th>Variável</th> <th>Medida 1</th> <th>Medida 2</th> <th>Medida 3</th> <th>n</th> <th>Média [mm]</th> <th>Desvio [mm]</th> <th>Operador</th> <th>Revisor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">0°</td> <td>L_c [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L_r [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>w_c [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>w_r [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">45°</td> <td>L_c [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L_r [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>w_c [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>w_r [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">90°</td> <td>L_c [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L_r [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>w_c [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>w_r [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> <td>#DIV/0!</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			CP	Variável	Medida 1	Medida 2	Medida 3	n	Média [mm]	Desvio [mm]	Operador	Revisor	0°	L_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			L_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			w_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			w_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			45°	L_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			L_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			w_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			w_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			90°	L_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			L_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			w_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!			w_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!		
CP	Variável	Medida 1	Medida 2	Medida 3	n	Média [mm]	Desvio [mm]	Operador	Revisor																																																																																																																		
0°	L_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	L_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	w_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	w_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
45°	L_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	L_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	w_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	w_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
90°	L_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	L_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	w_c [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				
	w_r [mm]				0	#DIV/0!	#DIV/0!																																																																																																																				

Figura 4. Modelo de formulário de ensaio.

Para atender ao item 5.5, foi elaborada uma tabela comparativa entre o erro de medição do equipamento (conforme certificado de calibração) e a acurácia solicitada na norma de ensaio. A norma ASTM E517 [4] exige instrumento com acurácia de pelo menos 0,02 mm. Analisando-se os certificados dos equipamentos envolvidos, todos atenderam a essa especificação.

Sobre o manuseio de itens (5.8), foi realizado um treinamento sobre a forma correta de identificação dos itens de ensaio, e foi feito o acompanhamento de um protocolo de ensaios com subitens para verificar a eficácia do treinamento.

Por fim, em relação ao item 5.9, a não conformidade encontrada era sistêmica, pois para muitos ensaios (além do de anisotropia) não havia evidência de monitoramento de qualidade. Foi revista toda a sistemática para a realização desse controle, prevendo comparações intralaboratoriais (comparação dos resultados obtidos de um mesmo ensaio por operadores ou máquinas diferentes).

No caso do ensaio de anisotropia, foi realizado um estudo comparando-se os resultados de três operadores, cada qual realizando a medição com dois equipamentos diferentes. Os resultados desse estudo para a variável r_m são apresentados na Tabela 2.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Tabela 2. Resultados do estudo comparativo para r_m

Equipamento	Operador A	Operador B	Operador C
Equipamento 1	0,579629	0,584161	0,433899
	0,548389	0,614350	0,522527
	0,548708	0,605911	0,567300
Equipamento 2	0,572971	1,074338	0,519236
	0,945438	0,484893	0,540803
	0,654557	0,555446	0,581964

Para a análise crítica, foi utilizado o teste de análise de variância para dois fatores (*two-way ANOVA*), considerando o equipamento e o operador como fatores de influência. O critério de aceitação para cada fator é que a estatística F calculada seja menor ou igual ao valor F tabelado (crítico), cujos resultados constam na Tabela 3.

Tabela 3. Análise crítica dos resultados do estudo comparativo para r_m

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Teste
Amostra (equipamento)	0,047511	1	0,047511	1,924378	0,1906	4,747225	Aprovado
Colunas (operador)	0,057788	2	0,028894	1,170314	0,343304	3,885294	Aprovado
Interações	0,011906	2	0,005953	0,241111	0,78947	3,885294	Aprovado
Dentro	0,29627	12	0,024689				
Total	0,413475	17					

Nota-se que os fatores foram aprovados no critério de aceitação. Ou seja, é possível afirmar, a um nível de confiança de 95%, que o operador e o equipamento utilizado possuem influência pouco significativa no resultado do ensaio.

3.3 Submissão ao Inmetro

Ao final, foram enviadas ao Inmetro evidências das ações corretivas tomadas. Após a análise, o Inmetro consolidou o aumento do escopo, incluindo o ensaio de anisotropia.

3.4 Discussão

Alguns pontos merecem destaque no decorrer do trabalho:

- Ter um Sistema de Gestão da Qualidade implantado previamente facilitou o processo de aumento do escopo;
- Foram necessárias mais ações na parte técnica do que na parte gerencial, pelo mesmo motivo acima;
- Ter experiência e competência técnica na execução do ensaio também facilitou o processo;
- A escolha de uma norma internacional de referência simplificou o processo de validação do método.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou as etapas para a extensão do escopo de acreditação do LAMEF, visando abranger o ensaio de anisotropia baseado na norma

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



ASTM E517 [4]. Foram apresentadas as adequações necessárias para atender aos requisitos gerenciais e técnicos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1].

Ter a acreditação na ABNT NBR ISO/IEC 17025 [1] simplificou a execução do trabalho. Ao longo do trabalho, foram identificados desvios em relação aos requisitos da norma, para os quais foram tomadas ações corretivas com abrangência proporcional à gravidade das mesmas. Em seguida, as evidências das ações tomadas foram submetidas ao organismo responsável pela acreditação (Inmetro). Com o envio das evidências ao Inmetro, foram atendidos os requisitos necessários para a inclusão do ensaio de anisotropia no escopo de acreditação do LAMEF.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a Capes pelo incentivo nas atividades de pesquisa e desenvolvimento. Agradecem também ao Eng.º Bill Paiva dos Santos pelo apoio na implantação do Sistema de Gestão, assim como a Agnes Ágata Fróes Martins, Diego Moisés Maciel Vieira e João Vítor Herrmann pela execução dos ensaios e aos demais colaboradores do LAMEF que contribuíram para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibrações. Rio de Janeiro; 2005.
- 2 Fabricio D, Haag J, Hack PS, Caten CST, Santos BP, Strohaecker TR. Cálculo da incerteza de medição para acreditação do ensaio de anisotropia. In: 68º Congresso Anual da ABM; 2012; Belo Horizonte, Brasil. São Paulo: ABM; 2012. p.2082-93
- 3 Tigrinho LMT. Influência da lubrificação na estampagem via análise de deformações obtidas em uma chapa de aço de alta estampabilidade [Dissertação de Mestrado]. Curitiba: UFPR; 2005.
- 4 American Society for Testing and Materials. ASTM E517-00: Standard Test Method for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal. West Conchohocken; 2010.
- 5 Joint Committee for Guides in Metrology - JCGM. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Geneva: ISO; 2008.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.