

RESULTADOS DE UMA COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL DE RELÓGIO APALPADOR CONDUZIDA PELO CTA

Alberto José de Azevedo Siqueira, albertojas@ig.com.br¹
Gilberto Walter Arenas Miranda, gilware@unitau.br²

¹Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial - CTA, Instituto de Fomento e Coordenação Industrial - IFI, Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial - CMA, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, São José dos Campos – São Paulo, Brasil, CEP 12231-970.

²UNITAU – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – Rua Daniel Danelli s/nº, Jardim Morumbi, Taubaté – São Paulo, Brasil, CEP 12040-440.

Resumo: A Comparação Interlaboratorial (CI) é uma poderosa ferramenta para se avaliar o desempenho, verificação da capacidade de medição e competência técnica de laboratórios. Em nível internacional, ela tem-se mostrado uma ferramenta essencial no estabelecimento da confiança e do reconhecimento mútuo entre laboratórios de diferentes países. Em nível nacional, as Intercomparações são utilizadas de forma corrente por organismos de acreditação, com o objetivo de avaliar a capacidade de medição dos laboratórios acreditados. Tão bem aceita é esta ferramenta, que ela tornou-se requisito obrigatório para garantir a qualidade de resultados de ensaio e calibração. Neste trabalho são apresentados alguns dos resultados de uma intercomparação de relógio apalpador que permitiram que o processo de calibração dos laboratórios da FAB pudessem ser melhorados. Os resultados mostram, principalmente, que poderiam ser aplicados cursos de cálculo de incerteza para os laboratórios da FAB na calibração de relógio apalpador para sanar as dificuldades apresentadas nesta comparação.

Palavras-chave: Comparação Interlaboratorial, relógio apalpador, melhoria de processo.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, tornou-se imprescindível para laboratórios de ensaio e/ou calibração, autônomos ou incorporados a uma organização maior, demonstrar sua capacidade de medição de forma eficiente e eficaz, evidenciando, assim, sua competência técnica. Embora a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos para a Competência Técnica de Laboratórios de Ensaio e Calibração, de utilização voluntária, não referencie como requisito mandatório, o uso de comparações interlaboratoriais num sistema de gestão baseado nesta norma apresenta-se como uma poderosa ferramenta para monitorar a validade dos ensaios e calibrações realizados.

Tanto em nível internacional como nacional, esta ferramenta tem se mostrado essencial no estabelecimento da confiança e do reconhecimento mútuo entre laboratórios de diferentes países e de forma corrente por organismos de acreditação, com o objetivo de avaliar a capacidade de medição dos laboratórios acreditados.

É importante garantir que os sistemas e meios de medição apresentem informações confiáveis, pois medidas erradas ou inexatas podem conduzir a decisões erradas, com conseqüências sérias, representando custos e até mesmo o comprometimento de vidas. Por este motivo, é importante ter segurança na confiabilidade e exatidão das medidas realizadas pelos metrologistas.

Em face disso, em 2005, a Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial, do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial, coordenou uma intercomparação relativa à calibração de Relógio Apalpador realizada com a participação de sete laboratórios de metrologia.

Esta intercomparação teve por finalidade verificar o desempenho dos laboratórios, bem como o desempenho geral de seus dirigentes, além de possibilitar que fosse identificada a necessidade de realização de cálculo de incerteza para os técnicos no âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB) com o intuito de sanar as dificuldades apresentadas nesta comparação. Para isso, um relógio apalpador de (0 a 0,2) mm, valor de uma divisão: 0,002 mm, foi utilizado como padrão circulante, sendo solicitado aos laboratórios participantes os seguintes resultados: as leituras, a média dos valores obtidos, a incerteza de medição, o fator de abrangência.

Com estes dados foi possível avaliar o desempenho de cada laboratório, com o emprego do Erro Normalizado (INMETRO, “DOQ-CGCRE-005”, EA, “EAL-P7”), em que o valor de referência foi considerado como sendo a média dos resultados declarados pelos laboratórios participantes.

O objetivo deste trabalho é apresentar os principais resultados e conclusões desta CI.

2. INFORMAÇÕES BÁSICAS

Esta comparação interlaboratorial de relógio apalpador foi conduzida pela Divisão de Confiabilidade Metrológica (CMA) do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) no período de maio de 2005 a novembro do mesmo ano. Sete laboratórios de metrologia participaram da intercomparação, sendo seis laboratórios pertencentes ao Comando da Aeronáutica, e um externo a este. Para garantir o anonimato dos participantes, cada laboratório foi identificado com um código (representados por números arábicos nas tabelas apresentadas), o qual foi de conhecimento apenas da organização e do próprio laboratório.

Por se tratar da primeira intercomparação de relógio apalpador conduzida pelo CTA, a idéia era ter um panorama geral de como as calibrações estavam sendo efetuadas. Por isso, o método de calibração não foi estipulado, de forma que cada laboratório deveria utilizar seu próprio procedimento de calibração. O padrão circulante escolhido para este programa foi o relógio apalpador da Federal, faixa de indicação de (0 a 0,2) mm, valor de uma divisão: 0,002 mm, Modelo: T - 23 e Número de Identificação FCP - 0047590.

Para cada laboratório foi solicitado para que efetuassem seis medições (três no sentido crescente e três no sentido decrescente) em cada um dos 10 pontos da faixa de indicação, a saber: 0,020 - 0,040 - 0,064 - 0,080 - 0,100 - 0,120 - 0,140 - 0,160 - 0,188 e 0,20 mm. Realizar as medições no sentido crescente (avanço) e decrescente (retorno). Foi pedido ainda que fossem informados a média das leituras, a incerteza de medição, o fator de abrangência (k). Para avaliar o desempenho de cada laboratório foi utilizado o erro normalizado, em que o critério para que um laboratório tenha um resultado compatível com uma referência é que o erro normalizado, E_n (ABNT ISO/IEC GUIA 43-1, ABNT ISO/IEC GUIA 43-2), o qual é calculado por

$$E_n = \frac{X_{lab} - X_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

tenha valor absoluto menor do que a unidade. Nesta expressão, X_{lab} é o valor fornecido pelo laboratório participante, X_{ref} é um valor de referência, U_{lab} é a incerteza declarada pelo laboratório e U_{ref} é a incerteza da referência. Foram considerados como valores de referência, os valores fornecidos pelo laboratório dimensional da CMA. Com o intuito de se verificar a estabilidade do padrão circulante ao longo da comparação interlaboratorial, foram realizadas, além da calibração inicial, duas calibrações, uma no meio e outra ao término do período de medição, pelo laboratório de referência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de se verificar a estabilidade do padrão circulante ao longo da comparação interlaboratorial, foram realizadas, além da calibração inicial, duas calibrações, uma no meio e outra ao término do período de medição, pelo laboratório de referência. Os resultados são apresentados na tabela 1:

Tabela 1 - Médias, incertezas de medição (U) e fatores de abrangência (k) das medições efetuadas pelo laboratório de referência para verificação da estabilidade do padrão circulante.

Medida 1				Medida 2			
Indicação (mm)	31/08/05			Indicação (mm)	04/05/06		
	Média (mm)	U (mm)	k		Média (mm)	U (mm)	k
0,000	0,0001	0,0020	1,96	0,000	0,0002	0,0020	1,96
0,020	0,0201	0,0020	1,96	0,020	0,0204	0,0020	1,96
0,040	0,0408	0,0020	1,96	0,040	0,0406	0,0020	1,96
0,064	0,0646	0,0020	1,96	0,064	0,0646	0,0020	1,96
0,080	0,0814	0,0020	1,96	0,080	0,0803	0,0020	1,96
0,100	0,1008	0,0020	1,96	0,100	0,0997	0,0020	1,96
0,120	0,1207	0,0020	1,96	0,120	0,1195	0,0020	1,96
0,140	0,1413	0,0020	1,96	0,140	0,1399	0,0020	1,96
0,160	0,1616	0,0020	1,96	0,160	0,1601	0,0020	1,96
0,188	0,1897	0,0020	1,96	0,188	0,1887	0,0020	1,96
0,200	0,2023	0,0020	1,96	0,200	0,2007	0,0020	1,96

Medida 3			
Indicação (mm)	11/09/06		
	Média (mm)	U (mm)	k
0,000	0,0020	0,0020	1,96
0,020	0,0198	0,0020	1,96
0,040	0,0408	0,0020	1,96
0,064	0,0646	0,0020	1,96
0,080	0,0803	0,0020	1,96
0,100	0,0997	0,0020	1,96
0,120	0,1195	0,0020	1,96
0,140	0,1399	0,0020	1,96
0,160	0,1602	0,0020	1,97
0,188	0,1888	0,0020	1,96
0,200	0,2005	0,0020	1,96

Para se avaliar a estabilidade do padrão circulante, utilizou-se os erros normalizados entre a primeira e a segunda medição (1-2), entre a primeira e terceira (1-3) e entre a segunda e terceira (2-3), para cada um dos pontos de calibração. Os En obtidos são apresentados na tabela abaixo e mostram que todos são menores do que 1, de onde conclui-se que o padrão permaneceu estável ao longo do período de medição, e que os resultados obtidos pelos laboratórios são passíveis de comparação.

Tabela 2 – Erros normalizados entre as medições para verificação da estabilidade do padrão circulante.

Ponto (mm)	En (1-2)	En (1-3)	En (2-3)
0,000	0,04	0,67	0,64
0,020	0,11	-0,11	-0,21
0,040	-0,07	0,00	0,07
0,064	0,00	0,00	0,00
0,080	-0,39	-0,39	0,00
0,100	-0,39	-0,39	0,00
0,120	-0,42	-0,42	0,00
0,140	-0,49	-0,49	0,00
0,160	-0,53	-0,49	0,04
0,188	-0,35	-0,32	0,04
0,200	-0,57	-0,64	-0,07

Foram solicitados a cada laboratório, para cada um dos pontos de calibração, os seguintes dados: os valores obtidos na calibração, a média dos resultados em cada ponto, o erro de indicação, o desvio padrão, o desvio padrão da média, a incerteza de medição e o fator de abrangência para um nível de confiança de aproximadamente 95%. Os principais resultados das calibrações (média, incerteza de medição, e fator de abrangência) são apresentados em forma numérica e através de gráficos elaborados a partir destes dados, conforme mostrado nas Figuras

Tabela 3: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,02 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,0201	0,0020	1,96
2	0,0200	0,0006	2,10
3	0,0190	0,0030	3,00
4	0,0210	0,0034	1,96
5	0,0194	-	-
6	0,0194	0,0040	1,96

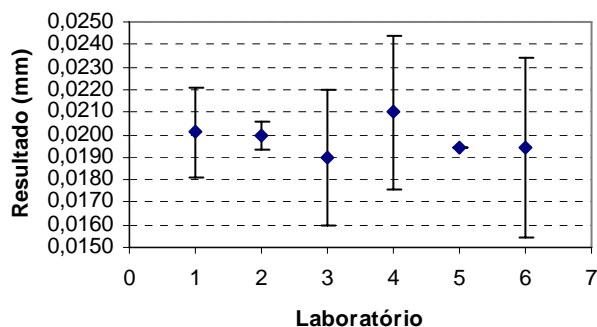


Figura 1 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,02 mm.

Tabela 4: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,04 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,0408	0,0020	1,96
2	0,0400	0,0006	2,10
3	0,0400	0,0030	3,00
4	0,0420	0,0042	1,96
5	0,0394	-	-
6	0,0395	0,0041	1,96

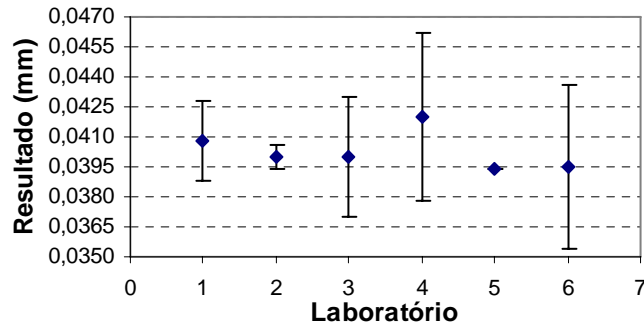


Figura 2 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,04 mm.

Tabela 5: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,064 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,0646	0,0020	1,96
2	0,0643	0,0006	2,10
3	0,0640	0,0030	3,00
4	0,0650	0,0035	1,96
5	0,0596	-	-
6	0,0640	0,0041	1,96

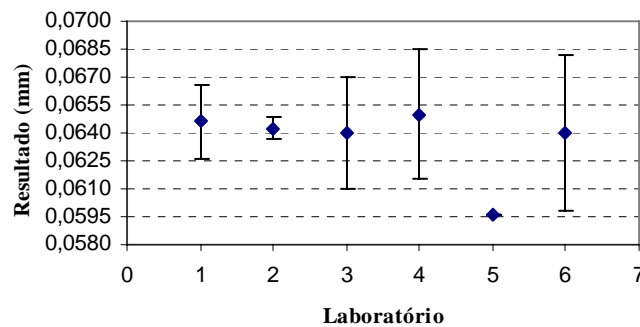


Figura 3 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,064 mm.

Tabela 6: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,08 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,0814	0,0020	1,96
2	0,0805	0,0006	2,10
3	0,0800	0,0030	3,00
4	0,0800	0,0038	1,96
5	0,0804	-	-
6	0,0806	0,0040	1,96

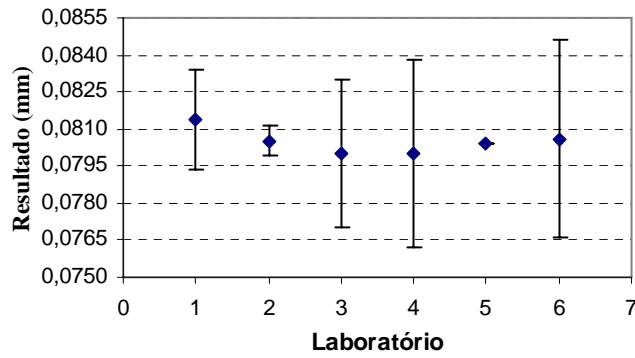


Figura 4 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,08 mm.

Tabela 7: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,10 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,1008	0,0020	1,96
2	0,1001	0,0006	2,10
3	0,1000	0,0030	3,00
4	0,1000	0,0042	1,96
5	0,1003	-	-
6	0,1008	0,0044	1,96

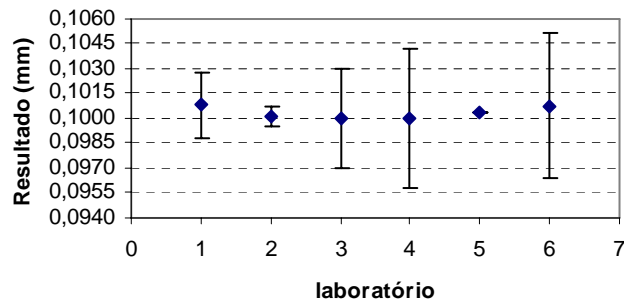


Figura 5 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,10 mm.

Tabela 8: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,12 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,1207	0,0020	1,96
2	0,1200	0,0006	2,10
3	0,1200	0,0030	3,00
4	0,1210	0,0047	1,96
5	0,1204	-	-
6	0,1208	0,0043	1,96

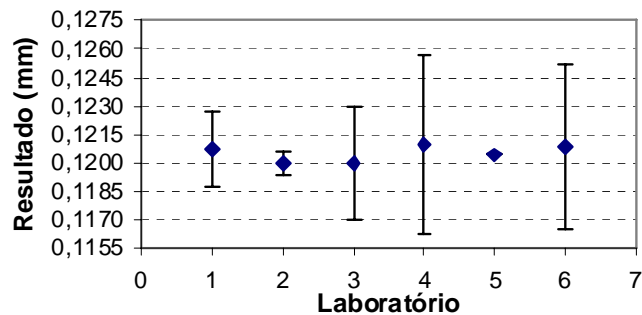


Figura 6 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,12 mm.

Tabela 9: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,14 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,1413	0,0020	1,96
2	0,1401	0,0006	2,10
3	0,1400	0,0030	3,00
4	0,1410	0,0046	1,96
5	0,1404	-	-
6	0,1413	0,0047	1,96

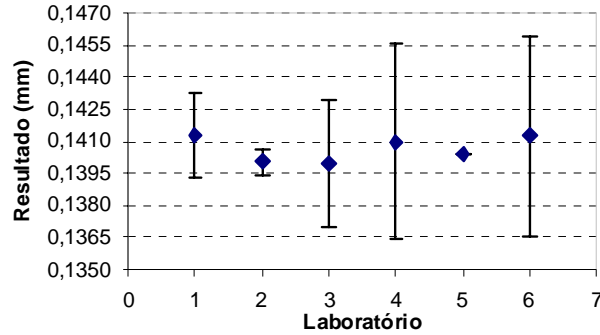


Figura 7 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,14 mm.

Tabela 10: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,16 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,1616	0,0020	1,96
2	0,1602	0,0006	2,10
3	0,1600	0,0030	3,00
4	0,1610	0,0036	1,96
5	0,1606	-	-
6	0,1618	0,0047	1,96

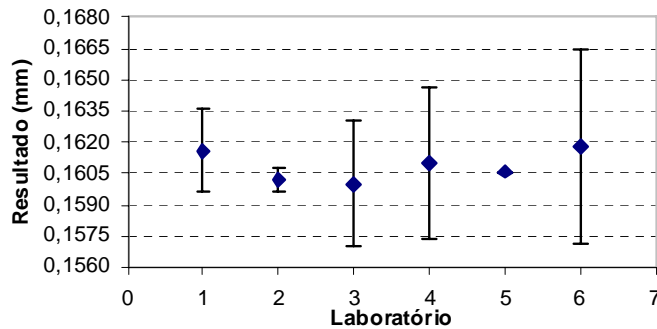


Figura 8 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,16 mm.

Tabela 11: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,188 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,1897	0,0020	1,97
2	0,1888	0,0006	2,10
3	0,1880	0,0030	3,00
4	0,1880	0,0036	1,96
5	0,1813	-	-
6	0,1907	0,0045	1,96

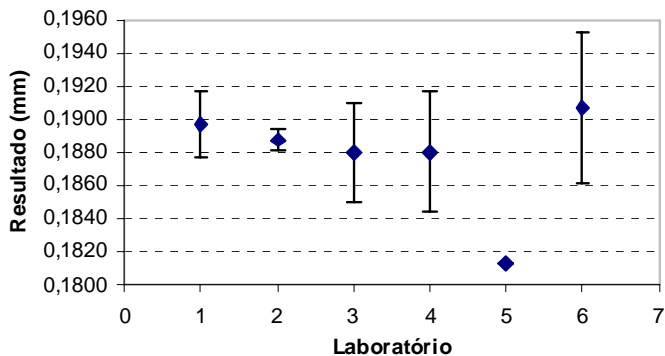


Figura 9 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,188 mm.

Tabela 12: Média, incerteza de medição (U) e fator de abrangência (k) relatado por cada participante para o ponto de 0,20 mm.

Código	Média (mm)	U (mm)	k
1	0,2023	0,0020	1,96
2	0,2006	0,0006	2,10
3	0,2020	0,0030	3,00
4	0,2000	0,0033	1,96
5	0,2016	-	-
6	0,2025	0,0042	1,96

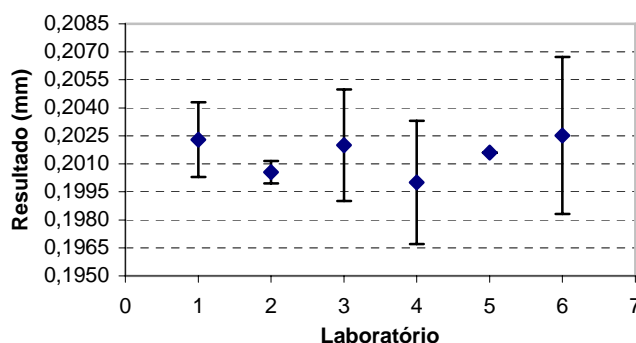


Figura 10 – Resultados das medições (médias e incertezas) em 0,20 mm.

A partir dos resultados das Tabelas 3, 4 e 5, foi possível avaliar o erro normalizado de cada laboratório:

Tabela 13: Valores de erro normalizado para cada participante, para cada ponto de medição.

Código	0,020 mm	0,040 mm	0,064 mm	0,080 mm	0,100 mm
2	-0,07	-0,38	-0,17	-0,43	-0,34
3	-0,31	-0,22	-0,17	-0,39	-0,22
4	0,23	0,26	0,10	-0,33	-0,17
5	-	-	-	-	-
6	-0,16	-0,29	-0,13	-0,18	-0,01

Código	0,120 mm	0,140 mm	0,160 mm	0,188 mm	0,200 mm
2	-0,36	-0,60	-0,67	-0,45	-0,84
3	-0,19	-0,36	-0,44	-0,47	-0,08
4	0,06	-0,06	-0,15	-0,41	-0,60
5	-	-	-	-	-
6	0,03	0,00	0,03	0,20	0,05

Em primeira análise o erro normalizado mostra que todos os participantes (à exceção do laboratório 5, para qual a análise não faz sentido) possuem resultados compatíveis com o laboratório de referência em todos os pontos de calibração solicitados nesta comparação. No entanto algumas ressalvas devem ser feitas.

O laboratório de código 2 apresentou incertezas de medição cerca de 3 vezes menor do que a do laboratório de referência. Esta diferença se justifica uma vez que os procedimentos de avaliação de incerteza adotados por este

laboratório foram diferentes daquele proposto no procedimento da comparação interlaboratorial, o qual foi adotado pela referência.

Os resultados apresentados nas Tabelas de 3 a 12 mostram, que o laboratório 5 não avaliou as incertezas de medição em nenhum dos pontos solicitados. A análise do memorial de cálculo deste laboratório mostrou que este possui dificuldades na avaliação das incertezas do tipo B.

O laboratório 3 apresentou, em todos os pontos de medição, fatores de abrangência significativamente superiores aos apresentados pelos outros laboratórios. A análise do memorial de cálculo não permite identificar a origem desta diferença, todavia, ela poderia ser justificada caso o laboratório tenha optado por apresentar um resultado com um nível de confiança de cerca de 99,7%, ou caso tenha realizado um cálculo equivocado dos graus de liberdade efetivo. Fatores de abrangência elevados implicam em incertezas expandidas maiores, o que aumenta a probabilidade dos resultados de um laboratório serem compatíveis com valores de referência em uma análise de erro normalizado.

Conclui-se que o laboratório 5 possui dificuldades em avaliação de incertezas, uma vez que estas não foram estimadas em nenhum caso.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados enviados e o uso do critério de erro normalizado indicaram que todos os participantes, à exceção do laboratório 5, possuem resultados compatíveis com a referência em todos os pontos de calibração, de forma que é possível afirmar que o desempenho dos técnicos e laboratórios foi satisfatório, frente aos critérios adotados nesta comparação interlaboratorial.

Um problema encontrado nesta intercomparação foi o número reduzido de laboratórios participantes. Com isso alguns critérios para rejeição de resultados dispersos, como o teste de Cochran e o Z-score, não puderam ser utilizados, pois isto poderia reduzir ainda mais o número de participantes.

Sugere-se que o laboratório de referência entre em contato com o laboratório 2, a fim de averiguar as razões da discrepância entre os valores de incerteza.

É importante que o laboratório 3 investigue as razões pelas quais seus fatores de abrangência foram superiores aos dos demais participantes. Caso tenha optado por fornecer os resultados com um nível de confiança de aproximadamente 99,7%, é importante que o laboratório não se esqueça de explicitar essa informação junto aos resultados apresentados. Caso não seja esta a origem da discrepância, é necessário que este participante possa prover treinamento para seus técnicos, para que os fatores de abrangência possam ser corretamente avaliados.

A intenção do CTA é realizar novas intercomparações de relógio apalpador com a participação de mais laboratórios. Isto tornaria a intercomparação mais abrangente, fornecendo resultados mais confiáveis e trazendo mais informações para todos os participantes.

Destá monta, a Coordenação sugere que sejam implementados, em comparações futuras, mecanismos de exclusão dos laboratórios que excederem excessivamente os prazos estipulados no procedimento.

5. AGRADECIMENTO

Os autores gostariam de agradecer ao pessoal do CTA pelo apoio e aos participantes da intercomparação.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT ISO/IEC GUIA 43-1. Ensaios de Proficiência por comparação Interlaboratorial Parte 1: Desenvolvimento e operação de programas de ensaios de proficiência, 2005.
- ABNT ISO/IEC GUIA 43-2. Ensaios de Proficiência por comparação Interlaboratorial Parte 2: Seleção e uso de programas de ensaios de proficiência por organismos de credenciamento de laboratório, 2005.
- ABNT, “NBR ISO IEC 17025 – Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração”, ABNT, 2001.
- EA, “EAL-P7 - EAL Interlaboratory Comparisons”, EA, 1996.
- EA-4/02 -S1 “Expressão da Incerteza de Medição em Calibração”, EA, 1999.
- INMETRO, “DOQ-CGCRE-005 – Orientações Para a Organização de Comparações Interlaboratoriais Pelas Comissões Técnicas da DICLA – Revisão:00”, INMETRO, 2002.
- IPT, TÉCNICAS & MÉTODOS-7 – Programas Interlaboratoriais – Introdução à Metodologia e Análise dos Resultados, 1984.
- Olivieri, J.C., Programas Interlaboratoriais, Maio 2003.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

RESULTS OF AN INTERLABORATORY COMPARISON OF DIAL TEST INDICATOR DRIVEN BY CTA

Alberto José de Azevedo Siqueira, albertojas@ig.com.br¹
Gilberto Walter Arenas Miranda, gilware@unitau.br²

¹General-Command for Aerospace Technology - CTA, Industrial Foment and Coordination Institute - IFI, Reliability Metrological Aerospace Division - CMA, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, São José dos Campos – São Paulo, Brazil, CEP 12231-970.

²UNITAU - Department of Mechanical Engineering of Taubaté University – Rua Daniel Danelli, s/nº, Jardim Morumbi, Taubaté – São Paulo, Brazil, CEP 12040-440.

Abstract: *The Interlaboratory Comparison (IC) is a powerful tool to evaluate fulfilment, the capacity measurement verification and technical laboratories competence. At the international level, it has been showing an essential tool at the confidence establishment and mutual recognition between laboratories of different countries. At the national level, the Intercomparison are used the current form by accreditation organisms, with the objective to evaluate the capacity of measurement of the accredited laboratories. As well accepted is this tool, that it became obligatory request to guarantee of quality of results about essays and calibration. At this paper are presented some results of interlaboratory comparisons of dial test indicators to allow that the calibration process of the Brazilian Air Force laboratories can be better. The results show, mainly, that could be applied the courses of uncertainty calculation at the Brazilian Air Force laboratories at the calibration for of dial test indicator to remedy difficulties presented at comparison.*

key - Words: *Interlaboratory comparisons, dial test indicator, process improvement.*