



DETERMINAÇÃO DO INTERVALO DE CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DO LABORATÓRIO DE NÊUTRONS / LNMRI / IRD

Carlos Alberto Lucas Suplino Filho¹, Karla Cristina de Souza Patrão², Evaldo S. da Fonseca³ e Walsan W. Pereira⁴

¹ Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Rio de Janeiro, Brasil, clucas@ird.gov.br

² Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Rio de Janeiro, Brasil, karla@ird.gov.br

³ Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Rio de Janeiro, Brasil, evaldo@ird.gov.br

⁴ Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Rio de Janeiro, Brasil, walsan@ird.gov.br

Resumo: O Laboratório de Nêutrons (LN), integrante do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) / IRD tem como diretriz assegurar a qualidade de seus serviços trabalhando sempre com foco no cliente e utilizando equipamentos calibrados sob condições ambientais controladas. A periodicidade de calibração dos equipamentos do LN é um fator importante na garantia da conformidade destes com requisitos normativos. Sendo assim, visando agregar mais confiabilidade aos resultados gerados e reduzir o custo com calibração desnecessária, este trabalho teve por objetivo estimar a melhor periodicidade de calibração dos instrumentos de medição utilizados pelo LN. Para uma melhor estimativa foram utilizados métodos reconhecidos e comparados entre si sempre avaliando a viabilidade de utilização de cada método. Como resultado foram obtidas indicações para aumento do intervalo de calibração da maioria dos equipamentos avaliados.

Palavras chaves: calibração, intervalo de calibração.

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Nêutrons (LN), integrante do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI), é o laboratório de referência na área de metrologia de nêutrons, sendo responsável pela guarda e manutenção do padrão brasileiro de fluência de nêutrons e pela realização da grandeza fluência de nêutrons, sendo sua principal atribuição assegurar a disponibilidade de padrões primários nacionais de fluência de nêutrons e prover rastreabilidade as grandezas relacionadas a monitoração de campos de nêutrons.

O LN desenvolve pesquisas nas áreas de dosimetria e metrologia de nêutrons, buscando sempre melhorar desde a infra-estrutura laboratorial até o desenvolvimento de novas técnicas e procedimentos de medição.

Dentro desse universo, o LN possui diversos instrumentos para o monitoramento de suas condições ambientais e para medições de grandezas de influência. Visando a garantia da confiabilidade de suas medições, mantém calibrados seus instrumentos de medição (balanças, termômetros, barômetros, paquímetros entre outros) que são periodicamente enviados a laboratórios de calibração pertencentes a Rede Brasileira de Calibração.

A periodicidade da calibração é o intervalo de tempo pelo qual um certificado de calibração é válido como registro da adequação de um instrumento à realização das atividades de medição requeridas [1]. Porém, o estabelecimento desse intervalo “adequado” não é tarefa trivial devido a diversos fatores que podem influenciar na periodicidade de calibração de um instrumento, sendo estes, o tipo de equipamento, as recomendações do fabricante, dados de tendência conseguidos por registros anteriores, histórico de manutenção, extensão e severidade de uso, condições ambientais entre outros. Por essa razão, muitos laboratórios se utilizam de métodos informais ou práticos de estimação, normalmente métodos que estabelecem intervalos fixos [2].

Segundo a norma técnica NBR ISO 10012, o objetivo da comprovação periódica do equipamento de medição é assegurar que o equipamento não tenha sofrido deterioração na exatidão e evitar que ele seja utilizado quando existir uma significativa possibilidade de produzir resultados errados.

2. OBJETIVO

Com foco neste propósito, este projeto tem por objetivo implantar um método de determinação de intervalos de calibração para a instrumentação do LN. Este método deverá ser baseado no comportamento desta instrumentação ao longo do tempo e da análise de suas tendências ao longo de diversas calibrações.

3. MÉTODO

Existem vários métodos propostos para ajustar intervalos de calibração [3] em função das condições dentro ou fora da tolerância, observadas a partir dos resultados das calibrações, sendo que alguns consistem de instruções, fórmulas e tabelas para aumentar, manter ou reduzir a periodicidade de calibração, e outros empregam técnicas estatísticas sofisticadas para associar estes resultados à periodicidade de calibração.

Os métodos utilizados para determinação dos intervalos de calibração foram os reativos A1 e A2 (métodos mais utilizados por serem eficazes e práticos):

A1 (resposta simples): trabalha com um ajuste no intervalo cada vez que uma calibração é realizada, ou no máximo a cada três calibrações. A base do método são fatores de aumento e redução de intervalo baseados no resultado da última calibração. Foram utilizadas quatro variações deste método, as tipo 1 e 2 utilizam fatores percentuais simples para alteração do intervalo. A variação tipo 3 trabalha com tabelas prontas que consideram as três últimas calibrações e dependendo dos resultados destas, indica um valor para o aumento, diminuição ou diminuição drástica do intervalo. A variação 4 é conhecida como método Shumacher, e funciona com os mesmos princípios da variação 3, porém é mais conservador para o aumento do intervalo.

3.1 Método A1-1

Para última calibração conformes indica um aumento de 10% no tempo do intervalo de calibração de calibração. Mas para calibrações que indiquem não conformidade para com os com os limites estabelecidos na tolerância, indica diminuição de 55% na periodicidade. Veja alguns exemplos na TABELA 1.

TABELA 1: Exemplo de ajuste de intervalos de calibração pelo método A1-1

Intervalo atual (dias)	Intervalo sugerido (dias)	
	Aumentar para	Diminuir para
35	39	19
105	116	58
175	193	96
245	270	135
315	347	173
350	385	193

3.2 Método A1-2

Para calibrações conformes este método indica um aumento de 1,81% do intervalo, apresentando um aumento mais conservador com relação ao método anterior. No caso de um instrumento que indique não conformidade com as especificações, e com desvios menores que 2 vezes o limite especificado, o método sugere uma redução de 12,94%, porém, se o desvio for maior que 2 vezes o limite, o método sugere uma redução de 20,63% no intervalo. Na TABELA 2 encontramos exemplos de aplicação do método A1-2.

TABELA 2: Exemplo de ajuste de intervalos de calibração pelo método A1-2

Intervalo atual	Fator de Ajuste		
	aumento	diminuição	
	+1,81%	-12,94	-20,63
70	71	60	57
140	142	121	115
270	274	234	221
365	371	316	299
720	733	625	591

3.3 Método A1-3

Trabalha com tabelas de decisões prontas, utilizando o resultado das três últimas calibrações. Na TABELA 3 decide-se o que fazer com o intervalo enquanto que na

TABELA 4 estão os valores dos aumentos e reduções dependendo de cada caso.

TABELA 3: Ações para ajuste de intervalo de calibração, método A1-3

Ação	Status das calibrações		
	Atual	Última	Anterior
Continuar	C	NC	-
	C	NC	NC
	C	NC	C
	C	C	NC
	C	NC	NC
	NC	N	-
	NC	C	NC
Aumentar	C	C	NC
	C	C	C
Reduzir	NC	C	NC
Redução Drástica	NC	NC	NC
	NC	NC	C
	NC	NC	NC

C – conforme NC – Não conforme

TABELA 4: Exemplos de intervalos ajustados pelo método A1-3

Intervalo atual (dias)	Intervalos de Calibração Recomendados (dias)		
	Aumentar para	Reduzir para	Reduzir drasticamente para
35	70	35	35
70	105	35	35
105	140	70	70
140	210	105	70
175	245	140	105
210	315	175	105
245	350	210	140
280	420	245	140
315	420	280	175
350	525	315	175

3.4 Método A1-4: Método Schumacher

TABELA 5: Status das 3 últimas calibrações segundo método Schumacher

Classificações Anteriores		Classificação atual		
Penúltima	Última	A	F	C
		Fator de ajuste		
C	C	P	P	E
C	F	D	M	P
C	A	D	M	P
F	C	P	M	P
F	F	D	M	P
F	A	M	M	P
A	C	P	D	P
A	F	M	M	P
A	A	D	M	P

C – conforme A – Avariado F – Fora P – permanecer
E – Estender D – Diminuir M – Máxima redução

TABELA 6: Alteração do intervalo

Intervalo atual (dias)	Fator de Ajuste			
	D	E	P	M
150	135	180	150	120
180	150	210	180	135
210	180	240	210	150
240	210	270	240	180
270	240	360	270	210
360	270	450	360	240
450	360	540	450	270
540	450	630	540	360
630	540	720	630	450

A2: (resposta incremental): Trabalha com algoritmos prontos (equações 1,2,3 e 4), que consideram sequências crescentes de calibrações, desta forma, quanto mais calibrações conformes, maior é a resposta do método na indicação de aumento de intervalo. Foram utilizadas as duas variações deste. Este método pode indicar aumentos muito exagerados no intervalo. Outra das vantagens deste método é a possibilidade de escolha do nível de confiança desejado.

3.5 Método A2-1 resposta incremental 1

$$I_{m+1} = I_m \cdot (1 + \Delta_{m+1} \cdot (-R)^{1-y_{m+1}} (R)^{y_{m+1}}) \quad (1)$$

$$\Delta_{m+1} = \frac{\Delta_m}{2^{|y_{m+1} - y_m|}} \quad (2)$$

3.6 Método A2-2 resposta incremental 2

$$I_{m+1} = I_m \cdot (1 + \Delta_{m+1} \cdot ((Y_{m+1} - R))) \quad (3)$$

$$\Delta_{m+1} = \frac{\Delta_m}{2^{|y_{m+1} - y_m|}} \quad (4)$$

m = o contador de iterações (número de intervalos ou ciclos da calibração)

I_m = Intervalo da m-ésima calibração.

R = Meta de confiabilidade (nível de confiança desejado)

Y_m = 0 se o item não estiver em conformidade na m-ésima calibração.

Y_m = 1 se o item estiver em conformidade na m-ésima calibração.

I₀ = Intervalo inicial na iteração, para m=0 no início do processo.

A seguir, na TABELA 7 é apresentada uma simulação com um equipamento com 4 calibrações consecutivas e conformes.

TABELA 7: demonstração de utilização do método A2-2.

Ajuste da Intervalo de Calibração			
Ciclo da calibração	Resultado	Intervalo proposto(dias)	parâmetros
1	Conforme	712	I ₀ = 365
2	Conforme	1388	R = 0,95
3	Conforme	2707	*Δ ₀ = 1
4	Conforme	5278	*Y ₀ = 1

* obs: valores Constantes

4.RESULTADOS

Veja a seguir, nas TABELAS 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 os resultados obtidos com a aplicação dos métodos nos instrumentos do LN:

TABELA 8: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo inicial de 1 ano (365 dias) - Balança Mettler H-15			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	401	9,86
A1-2	90 %	372	1,92
A1-3	-	525	43,84
Schumacher	-	450	23,29
A2-1	95 %	423	15,89
A2-2	95 %	2707	641,64

TABELA 9: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo inicial 1 ano (365 dias) - Balança Mettler MX-5			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	401	9,86
A1-2	90 %	372	1,92
A1-3	-	525	43,84
Schumacher	-	450	23,29
A2-1	95 %	403	10,41
A2-2	95 %	1388	280,27

TABELA 10: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo inicial 5 anos (1825 dias) Barômetro SUNDO			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	2007	9,97
A1-2	90 %	1858	1,81
A1-3	-	2737	49,97
Schumacher	-	2520	38,08
A2-1	95 %	2013	10,30
A2-2	95 %	6940	280,27

TABELA 11: Estimativa dos Intervalos de Calibração

intervalo inicial de 1 ano (365 dias) - Monitor ASP-1			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	401	9,86
A1-2	90 %	372	1,92
A1-3	-	525	43,84
Schumacher	-	450	23,29
A2-1*	95 %	423	15,89
A2-2*	95 %	2707	641,64
Considerando 3 calibrações seguidas e todas conformes			

TABELA 12: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo de 1 ano (365 dias) - Eberline E600			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	401	9,86
A1-2	90 %	372	1,92
A1-3	-	525	43,84
Schumacher	-	450	23,29
A2-1*	95 %	466	27,67
A2-2*	95 %	10292	2719,73
Considerando 5 calibrações seguidas e todas conformes			

TABELA 13: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo de 1 ano (365 dias) - FH40 G-L			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	401	9,86
A1-2	90 %	372	1,92
A1-3	-	525	43,84
Schumacher	-	450	23,29
A2-1*	95 %	423	15,89
A2-2*	95 %	2707	641,64
Considerando 3 calibrações seguidas e todas conformes			

TABELA 14: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo inicial de 5 anos (1825 dias) - Paquímetro mitutoyo			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	2007	9,97
A1-2	90 %	1858	1,81
A1-3	-	1825	50
Schumacher	-	2520	38,08
A2-1*	95 %	1917	5,04
A2-2*	95 %	3559	95,01

TABELA 15: Estimativa dos Intervalos de Calibração

Intervalo inicial de 1 ano (365 dias) - Termômetro digital cole parmer, termistor digital, termo resistência e termogrômetro digital.			
Métodos reativos	Confiabilidade	Novo ciclo	Variação (%)
A1-1	95 %	401	9,90
A1-2	90 %	372	1,92
A1-3	-	365	43,8
Schumacher	-	450	23,29
A2-1*	95 %	384	5,21
A2-2*	95 %	712	95,07

Os métodos A1 tipo 1 e 2 não são sensíveis a sequências de calibrações, por isso não são significantes para o LN.

Os métodos A2 fornecem resultados exagerados quanto ao aumento do intervalo, principalmente quando sequências de calibrações conformes se sucedem, e por este motivo não são recomendáveis para a realidade do LN.

Entre os métodos A1-3 e Schumacher, podemos observar nos resultados que o Schumacher apresenta a menor diferença percentual de variação, logo pode ser o método aplicável para o laboratório.

Definitivamente o método mais prático e acessível ao LN para determinação dos intervalos de calibrações dos instrumentos é o método Schumacher.

Os resultados, para este método, indicam que o intervalo de calibração da balança pode ser aumentado em aproximadamente 23%. O que resultaria em um aumento da disponibilidade do equipamento, diminuição momentânea de gastos com calibração.

5. DISCUSSÃO

A utilização do método Schumacher é vantajosa para o LN devido a aplicabilidade do método em quaisquer equipamentos e a sua aplicação mesmo no caso de pequenos históricos de calibração. Além disso, o método está disponível no software de gerenciamento e controle de equipamentos utilizado pelo laboratório. Por outro lado, o método não é adequado para equipamentos que possam apresentar anomalias relacionadas a erros intrínsecos periódicos, pois o Schumacher só considera as três últimas calibrações.

6. CONCLUSÃO

Definitivamente o método mais prático e acessível ao LN para determinação dos intervalos de calibrações dos instrumentos é o método Schumacher. Este método considera as respostas das últimas calibrações e apresenta o perfil de um método capaz de correlacionar o resultado das calibrações e o histórico do equipamento. O Schumacher é um método de baixo custo para o LN e é aplicável a todos os instrumentos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho conta com o apoio financeiro da FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

Agradeço aos pesquisadores do IRD/Laboratório de Nêutrons, especialmente minha orientadora de iniciação científica Karla Cristina de Souza Patrão, Evaldo Simões da Fonseca e Walsan Wagner Pereira, pela oportunidade, instrução e apoio durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] V. A. Camargo, E. T. Kishimoto, T. K. Edilson, J. C. T. B. Moraes, *Determinação da Periodicidade de Calibração de Instrumentos de Medição de um Laboratório de Ensaios de Equipamentos Eletromédicos, ENQUALAB 2008 - Congresso da Qualidade em Metrologia, São Paulo, junho, 2008.*
- [2] L. R. O. Silva, M. L. Alves, *A Calibração periódica de Instrumentos de Medição e padrões e Suas Relações com Custos e Benefícios, ENQUALAB 2004 - Congresso da Qualidade em Metrologia, São Paulo, junho, 2005.*
- [3] W. R. E. Maftoun, *Intervalo de Calibração, Rio de Janeiro, 2008. (Apostila do curso de Intervalo de calibração).*