




Coordenação Geral de Acreditação

**ORIENTAÇÕES PARA CALIBRAÇÃO DE
BALANÇAS, PESOS-PADRÃO E MEDIÇÃO DE
MASSA DE PEÇAS DIVERSAS**

Documento de caráter orientativo

DOQ-CGCRE-097

Revisão 00 – Dez/2022

	DOQ-CGCRE-097	REV. 00	PÁGINA 2/11
---	----------------------	--------------------	------------------------

SUMÁRIO

- 1 **Objetivo**
- 2 **Campo de Aplicação**
- 3 **Responsabilidade**
- 4 **Histórico da Revisão**
- 5 **Documentos Complementares**
- 6 **Siglas**
- 7 **Terminologia e Definições**
- 8 **Considerações Gerais**
- 9 **Conceitos Gerais (Balanças, Pesos-Padrão e Peças-Diversas)**
- 10 **Práticas Recomendadas para Calibração de Balanças**
- 11 **Práticas Recomendadas para Calibração de Pesos-Padrão e Medição de Massa de Peças-Diversas**

1 OBJETIVO

Este documento visa uniformizar os critérios da acreditação para laboratórios que efetuem calibrações ou medições na grandeza física Massa.

Este Guia destina-se assim à área técnica designada por Metrologia de Massas e compreende:

- a) calibração de pesos-padrão e medição de massa de peças diversas;
- b) calibração de instrumentos de pesagem (IP) também designados por balanças.

A execução de operações de Metrologia Legal pressupõe o cumprimento na íntegra das disposições legais e regulamentares aplicáveis já existentes, não sendo abrangidas por este documento orientativo.

Este documento estabelece linhas de orientação para os avaliadores da Cgcre, laboratórios acreditados e postulantes à acreditação na área técnica de Massa, segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Este documento aplica-se à Dicla, aos laboratórios de calibração acreditados e postulantes à acreditação na área de Massa e aos avaliadores e especialistas que atuam nos processos de acreditação de laboratórios nesta área.

3 RESPONSABILIDADE

A responsabilidade pela revisão deste documento é da Dicla/Cgcre.

4 HISTÓRICO DA REVISÃO

Revisão	Data	Itens revisados
0	Dez/2022	▪ Documento inicial

	DOQ-CGCRE-097	REV. 00	PÁGINA 3/11
---	----------------------	--------------------	------------------------

5 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

ABNT NBR ISO/IEC 17025	Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração
EURAMET Calibration Guide No. 18	Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments
ISO GUM	Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – 1ª edição brasileira da 1ª edição do BIPM (2008)
NIT-Dicla-012	Relação padronizada de serviços acreditados para laboratórios de calibração
NIT-Dicla-021	Expressão da incerteza de medição por laboratórios de calibração
OIML D28	Conventional value of the result of weighing in air - Edition 2004
OIML R-111	Weights of classes E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₁₋₂ , M ₂ , M ₂₋₃ and M ₃ - Part 1: Metrological and technical requirements
OIML R-76	Non-automatic weighing instruments
Portaria Inmetro 236/94	Aprovação do Regulamento Técnico referente à fabricação, instalação e utilização de instrumentos de pesagem não automáticos.
VIM 2012	Vocabulário Internacional de Metrologia – 1ª Edição Luso-brasileira

6 SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cgcre	Coordenação Geral de Acreditação
CT-10	Comissão Técnica de Massa
Dicla	Divisão de Acreditação de Laboratórios
EURAMET	European Co-operation for Accreditation (European Association of National Metrology Institutes)
IEC	<i>International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)</i>
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IP	Instrumentos de pesagem
ISO	<i>International Organization for Standardization (Organização Internacional para Normalização)</i>
Mpe	Erro máximo permitido
NBR	Norma Brasileira Registrada
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

7 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

Para o propósito desta Norma, são adotadas as definições a seguir, complementadas pelo Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012) e norma NIT-Dicla-012.

7.1 Massa Convencional

Valor convencional do resultado de pesagem no ar, em concordância com **OIML D 28** *Conventional value of the result of weighing in air*. Para um peso medido a uma temperatura de referência de 20 °C, a massa convencional é a massa de um peso de referência de massa específica 8000 kg/m³ o qual foi pesado no ar com uma massa específica de referência de 1,2 kg/m³.



A massa específica dos pesos deve ser escolhida de tal maneira que uma variação na massa específica do ar de $\pm 10\%$ em relação ao valor de $1,2 \text{ kg/m}^3$ produza, no máximo, erros de até uma quarta parte do erro máximo admissível para o peso ou para a indicação do instrumento.

7.2 Peso-padrão

Medida materializada de massa, regulamentada em relação às suas características físicas e metrológicas: formato, dimensões, material, qualidade da superfície (rugosidade), massa específica, propriedades magnéticas e erro máximo permitido.

7.3 Peça-Diversa

Padrão de *massa absoluta* cujas propriedades metrológicas (valor nominal, erro máximo admissível) e propriedades técnicas (forma, material, manufatura) não são determinadas por regulamentos.

7.4 Pesagem

Determinação da massa de um corpo.

8 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este documento é resultado do trabalho da Comissão Técnica de Massa (CT-10). Embora não constitua um requisito para a acreditação, contém informações relevantes para a elaboração e avaliação de procedimento de calibração de balanças, pesos-padrão e medição da massa de peças-diversas.

9 CONCEITOS GERAIS (BALANÇAS, PESOS-PADRÃO E PEÇAS-DIVERSAS)

9.1 A incerteza de medição no certificado de calibração de pesos-padrão pode ser declarada da seguinte forma, conforme a Tabela 1:

Tabela 1- Incerteza de medição no certificado de calibração de pesos-padrão

Valor Nominal	Valor Encontrado	U	k	v_{eff}
1 kg	1 kg + 6 mg	15 mg	2,00	Infinito

Fonte: Doq-Cgcre-097

Para certificados de calibração de balanças, a incerteza pode ser declarada da seguinte forma, conforme a Tabela 2:

Tabela 2 - Incerteza de medição no certificado de calibração de balanças

Valor Nominal	Indicação da balança	Erro de indicação	U	k	v_{eff}
1 kg	1,02 kg	0,02 kg	0,05 kg	2,00	Infinito

Fonte: Doq-Cgcre-097

Para relatórios de medição de peças-diversas, a incerteza pode ser declarada da seguinte forma, conforme a Tabela 3:

Tabela 3 - Incerteza de medição em relatórios de medição de peças-diversas

<i>Massa Convencional</i>	<i>U</i>	<i>k</i>	<i>V_{eff}</i>
1000,006 g	15 mg	2,00	Infinito

Fonte: Doq-Cgcre-097

Nota - Outras nomenclaturas podem ser utilizadas desde que atendam ao VIM e à NIT-Dicla-021.

9.2 Nos certificados de calibração, a apresentação dos dados relativos à calibração (erro e incerteza) deve ser compatível com a resolução da balança, considerando o valor de uma divisão do equipamento utilizado, no resultado final.

9.3 A "capacidade de medição e calibração", na lista de serviços, deve ser expressa através da incerteza calculada e não da aproximação a um valor superior tabelado.

9.4 A resolução máxima aceitável para os equipamentos de medição auxiliar será:

- a) Barômetro: 1 mbar e 5 mbar (campo)
- b) Termômetro: 0,5 °C
- c) Higrômetro: 1%

9.5 É recomendável que o intervalo de calibração dos equipamentos auxiliares não exceda dois anos.

9.5.1 O laboratório que evidenciar a garantia da qualidade dos resultados de calibração desses instrumentos auxiliares poderá estender o prazo.

10 PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA CALIBRAÇÃO DE BALANÇAS

O procedimento de calibração descrito abaixo constitui o mínimo exigido, podendo ser aumentado ou complementado segundo critérios próprios do laboratório. Assim, além dos testes obrigatórios a seguir indicados, poderão ser executados outros, nomeadamente previstos na OIML R-76 ou EURAMET cg-18, consoante diretriz do laboratório ou a solicitação expressa do cliente.

10.1 Considerando os diferentes tipos de balanças existentes deve-se adotar procedimentos adequados para calibração de cada tipo (eletrônica, mecânica, plataforma, dois pratos etc.).

10.2 Dado que a calibração de balança é efetuada nas instalações do cliente, o laboratório deverá dispor de regras e critérios para avaliar as condições encontradas, podendo recusar a continuação do trabalho (ou propor a sua interrupção) em casos justificados. No caso de condições desfavoráveis, o laboratório deverá analisar e aumentar a incerteza da calibração, quando aplicável.

10.2.1 Antes de iniciar as medições devem ser seguidas as instruções do fabricante quanto à limpeza, nivelamento, estabilização, pré-aquecimento e operação da balança. Este item pode ser substituído conforme procedimentos adotados pelo usuário.



Nota - Antes da calibração de balanças eletrônicas deve-se seguir a prática do usuário quanto à utilização do recurso de *auto ajuste*. O procedimento do técnico encarregado da calibração deve especificar a checagem da prática do usuário, caso faça o autoajuste. Caso contrário, deve seguir o procedimento próprio.

10.2.2 Os instrumentos normalmente ajustados antes do uso devem sê-lo antes da calibração, a menos que acordado de outra forma com o cliente. O ajuste deve ser realizado com os meios normalmente aplicados pelo cliente, seguindo as instruções do fabricante, quando disponíveis. O ajuste pode ser feito por meio de cargas de teste externas ou internas.

10.2.3 Os resultados de medição antes do *auto ajuste* deverão ser registrados no certificado de calibração.

10.2.4 Para efeito deste documento, o *auto ajuste* deve ser entendido como orientação e é um recurso da balança de ajuste interno ou externo.

Nota - Assim como todo e qualquer ajuste, o *auto ajuste* não faz parte do escopo de calibração.

10.3 Em balanças de resoluções distintas, os testes de repetibilidade devem ser efetuados nas diferentes faixas.

10.4 Os testes de excentricidade devem ser realizados com 1/3 da capacidade máxima ou uma carga maior do que 1/3 com redução da quantidade de pesos no prato ou plataforma da balança. Permite-se ainda, utilizar dos seguintes pontos da faixa de pesagem:

- a) até 500 kg: mínimo de 1/3 do limite superior da faixa nominal;
- b) acima de 500 kg a 3000 kg: 1/5 do limite superior da faixa nominal;
- c) acima de 3000 kg: 1/10 do limite superior da faixa nominal

10.4.1 O valor obtido no teste de excentricidade deve constar no certificado de calibração.

10.5 Para fins de avaliação do erro da escala óptica em balanças analíticas, a calibração deve incluir a carga mínima da balança, segundo especificado pela Recomendação R-76 OIML ou pela Portaria Inmetro 236/94.

10.5.1 A menos que solicitado de outra forma pelo cliente, uma calibração se estende por toda a faixa de pesagem, do zero à capacidade máxima. O cliente pode especificar uma certa parte de uma faixa de pesagem, limitada pela carga mínima e a maior carga, ou cargas nominais individuais.

10.5.2 Em um instrumento de faixa múltipla, o cliente deve identificar quais faixas devem ser calibradas.

10.6 Os laboratórios devem registrar a temperatura, umidade relativa e a pressão atmosférica no local de calibração da balança no início e final da calibração.

10.7 O resultado de uma medição só estará completo se a ele estiver associada a incerteza da medição. Por esse motivo, esse documento visa harmonizar as fontes aplicáveis para esse cálculo, utilizando como referência o ISO GUM (Guia para Expressão da Incerteza de Medição) e a NIT-Dicla-021. Ressalta-se que as fontes de incerteza apresentadas são as mínimas a serem consideradas, cabendo ao laboratório estudar a relevância de outras fontes e possível aplicação.



10.7.1 Nas planilhas de incerteza para calibração de balanças deverão ser consideradas, pelo menos, as seguintes componentes:

- a) repetibilidade das medições;
- b) instrumento de pesagem - valor de uma divisão;
- c) incerteza de medição dos pesos-padrão;
- d) deriva dos pesos-padrão;
- e) empuxo do ar.

10.7.2 Repetibilidade

Contribuição relacionada à dispersão dos valores medidos. Deve ser calculada com base no desvio padrão amostral. (Tipo A – Normal).

10.7.3 Instrumento de pesagem

Contribuição relacionada ao arredondamento da balança ou do comparador de massa. (Tipo B – Retangular).

10.7.4 Peso-padrão

Contribuição relacionada ao peso-padrão de referência utilizado na calibração. Deve ser calculado utilizando como base o respectivo certificado de calibração do padrão. (Tipo B – Normal).

Quando utilizados mais de um peso-padrão para a calibração, será realizada a soma aritmética para obtenção do Valor Convencional, do erro do padrão e da incerteza, de modo a levar em conta as correlações assumidas.

10.7.5 Deriva

Contribuição relacionada à deriva do padrão utilizado na calibração.

Corresponde ao possível desvio da massa convencional desde a última calibração.

Seu valor pode ser estimado em vista da qualidade dos pesos, frequência e cuidado do uso, em pelo menos um múltiplo de sua incerteza expandida. Esse fator deverá estar compreendido entre 1 a 3.

Na ausência de informações sobre o desvio (histórico), o valor de D será escolhido como o mpe, de acordo com OIML R 111 [4].

(Tipo B – Retangular) - assim como a incerteza dos padrões, a somatória da deriva deve ser aritmética.

10.7.6 Empuxo

Para a contribuição relacionada ao empuxo do ar na calibração de balanças, utilizar a fórmula descrita no Euramet.

Nota - Correções quanto ao empuxo do ar devem ser consideradas quando o valor da massa específica do ar ultrapassar $\pm 10\%$ de seu valor de referência ($1,2 \text{ kg/cm}^3$).

10.8 O cálculo da capacidade de medição e calibração será efetuado considerando-se o equipamento de melhor resolução disponível para uma determinada faixa e os pesos-padrão de maior exatidão utilizados pelo laboratório para este serviço.



10.8.1 A Capacidade de Medição e Calibração deverá ser expressa da seguinte maneira, conforme a Tabela 4:

Tabela 4 – Exemplo de Capacidade de Medição e Calibração

Divisão d: do IP	Intervalo de Pesagem	CMC
0,01 mg	1 mg a 200 g	0,07 mg a 0,20 mg

Fonte: Doq-Cgcre-097

10.9 Lotes de cargas de teste

10.9.1 As calibrações com lotes de carga podem ser utilizadas a partir de 1000 kg.

10.9.2 Para certas aplicações, não é essencial que o valor de massa convencional de uma carga de teste seja conhecido. Nesses casos, outras cargas podem ser utilizadas substituindo pesos-padrão, levando em consideração o seguinte:

- a) a forma, o material e a composição devem permitir fácil manuseio;
- b) a forma, o material e a composição devem permitir que a posição do centro de gravidade possa ser prontamente estimada;
- c) a massa deve permanecer constante ao longo do período de calibração;
- d) a massa específica deve ser conhecida ou fácil de estimar;
- e) cargas de baixa massa específica, como, por exemplo, recipientes cheios de areia ou cascalho, podem exigir atenção especial em vista do empuxo do ar. Temperatura, umidade e pressão atmosférica podem ser monitoradas durante todo o período de calibração.

10.9.3 O valor de massa convencional de uma carga de teste deve ser constituído inteiramente de pesos-padrão. Quando não for possível, ou quando os pesos-padrão não forem suficientes para calibrar a faixa nominal do instrumento ou a faixa de uso do cliente, qualquer outra carga que satisfaça este documento pode ser usada como substituição. O instrumento sob calibração é usado como um comparador para ajustar a carga de substituição L_{sub} , de modo que traz aproximadamente a mesma indicação que a correspondente carga L_{St} composta de pesos-padrão.

10.9.4 Uma primeira carga de teste L_{T1} constituída por pesos-padrão m_{ref} é indicada como:

$$I(L_{St}) = I(m_{ref})I(L_{St}) = I(m_{ref})$$

$$I(L_{sub1}) = I(m_{ref})$$

10.9.5 Após a remoção de L_{St} , uma carga de substituição L_{sub1} é colocada e ajustada para se obter aproximadamente a mesma indicação

$$I(L_{sub1}) \approx I(m_{ref})I(L_{sub1}) \approx I(m_{ref})$$

$$I(L_{sub1}) \approx I(m_{ref})$$

de modo que

$$L_{sub1} = m_{ref} + I(L_{sub1}) - I(m_{ref}) = m_{ref} + \Delta I_1 L_{sub1} = m_{ref} + I(L_{sub1}) - I(m_{ref}) = m_{ref} + \Delta I_1$$

$$L_{sub1} = m_{ref} + I(L_{sub1}) - I(m_{ref}) = m_{ref} + \Delta L_1$$



10.9.6 A próxima carga de teste L_{T2} é composta pela adição de m_{ref}

$$L_{T2} = L_{sub1} + m_{ref} = 2m_{ref} + \Delta I_1 L_{T2} = L_{sub1} + m_{ref} = 2m_{ref} + \Delta I_1$$

$$L_{T2} = L_{sub1} + m_{ref} = 2m_{ref} + \Delta L_1$$

m_{ref} é novamente substituído por uma carga de substituição de $\approx L_{sub1}$ com ajuste para $\approx I(L_{T2})I(L_{T2})$.

10.9.7 O procedimento pode ser repetido para gerar cargas de teste L_{T2}, \dots, L_{Tn}

$$L_{Tn} = nm_{ref} + \Delta L_1 + \Delta L_2 + \dots + \Delta L_{n-1}$$

10.9.8 Observa-se que para cada passo de substituição, a incerteza da carga de teste total aumenta substancialmente mais do que se fosse constituído apenas por pesos-padrão, devido aos efeitos de repetibilidade e resolução do instrumento.

10.9.9 Se a carga de teste L_{T1} for constituída por mais de um peso-padrão, é possível usar os pesos-padrão para criar N cargas de teste individuais $m_{ref,k}$, ($k = 1, \dots, N$) com a condição

$$m_{ref,1} < m_{ref,2} < \dots < m_{ref,N} = m_{ref} = L_{T1}$$

Posteriormente, L_{T1} é substituído por uma carga de substituição L_{sub1} , e então as cargas de teste $m_{ref,k}$ podem ser adicionadas consecutivamente. As cargas de teste individuais devem ser referidas como $L_{Tn,k}$

Com

$$L_{Tn,k} = (n - 1)m_{ref} + m_{ref,k} + \Delta I_1 + \Delta I_2 + \dots + \Delta I_{n-1}$$

10.9.10 Quando uma carga de teste é parcialmente constituída por cargas de substituição e o teste de cargas são definidas por pontos constantes, a incerteza padrão para a soma

$$L_{Tn} = nm_{ref} + \Delta I_1 + \Delta I_2 + \dots + \Delta I_{n-1}$$

é dada pela seguinte expressão

$$u^2(L_{Tn}) = n^2 u^2(m_{ref}) + 2[u^2(I_1) + u^2(I_2) + \dots + u^2(I_{n-1})]$$

com $u(m_{ref})$, e $u(I_j)$ para $I = I(L_{Tj})I = I(L_{Tj})$

Segue a Tabela 5 com a quantidade mínima de pesos por faixa.

Tabela 5 - Quantidade mínima de pesos por faixa

Faixa nominal (F), em kg	Quantidade de pesos padrão, em kg
$\leq 1\ 000$	1 000
$1\ 000 < F \leq 5\ 000$	1 000
$5\ 000 < F \leq 30\ 000$	5 000
$30\ 000 < F \leq 60\ 000$	10 000
$60\ 000 < F \leq 80\ 000$	15 000
$80\ 000 < F \leq 100\ 000$	20 000
$> 100\ 000$	20 000

Fonte: Doq-Cgcre-097



11 PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA CALIBRAÇÃO DE PESOS-PADRÃO E MEDIÇÃO DE MASSA DE PEÇAS-DIVERSAS

O procedimento de calibração deverá basear-se no método por comparação ou pesagem direta, utilizando-se um comparador ou uma balança com características adequadas e pesos-padrão devidamente calibrados. Considerar ainda:

- a) registro dos cuidados e operações a efetuar antes, durante e após a execução das pesagens, nomeadamente quanto a condições ambientais a respeitar, estabilização e funcionamento dos comparadores e balanças, limpeza e manuseio dos pesos-padrão;
- b) registro de estudos relativos ao comportamento e características metrológicas dos comparadores e balanças utilizados, nomeadamente sua repetibilidade, sensibilidade e linearidade;
- c) registro de estudos relativos à estabilidade das características metrológicas dos pesos-padrão de referência e trabalho usados.

Como documento de referência recomenda-se a OIML R-111.

11.1 Calibração por comparação

Considerar as seguintes orientações:

- a) cada comparação (entendida como uma sequência ou ciclo de pesagens ABBA, ou ABA, ou outra), deverá ser efetuada pelo menos três vezes para cada peso a calibrar, considerando-se assim que foram feitos três testes independentes ($n=3$);
- b) efetuar a correção do empuxo do ar ao menos nos casos previstos na OIML R-111, usando por exemplo a fórmula de correção indicada;
- c) determinar para cada peso a calibrar a sua massa convencional e respectiva incerteza:

$$\Delta m_{ci} = \Delta l_i + m_{cr} C_i$$

sendo:

Δm_{ci} = massa convencional do peso a calibrar;

m_{cr} = massa convencional do padrão;

Δl_i = diferença média entre as indicações do peso a calibrar e do padrão;

C_i = fórmula de correção de empuxo;

d) para pesos da classe OIML E1, deve-se igualmente determinar o respetivo volume ou massa volumétrica.

e) sempre que os pesos possuam classificação OIML, deve-se levar em conta os requisitos estabelecidos na OIML R-111 quanto à seleção da classe dos pesos-padrão. No caso de peças-diversas, os pesos usados devem apresentar características metrológicas pelo menos semelhantes àquelas com que a melhor incerteza foi calculada.

11.2 Nas planilhas de incerteza para calibração de pesos-padrão e medição de massa de peças-diversas deverão ser consideradas, pelo menos, as seguintes componentes:

- a) repetibilidade das medições;
- b) instrumento de pesagem – resolução;
- c) incerteza de medição dos pesos-padrão;
- d) deriva dos pesos-padrão;
- e) empuxo do ar.

	DOQ-CGCRE-097	REV. 00	PÁGINA 11/11
---	----------------------	--------------------	-------------------------

11.2.1 Repetibilidade

Contribuição relacionada à dispersão dos valores medidos. Deve ser calculada utilizando como base o desvio padrão amostral. (Tipo A – Normal)

11.2.2 Instrumento de pesagem

Contribuição relacionada ao arredondamento da balança ou do comparador de massa. (Tipo B – Retangular)

11.2.3 Peso-padrão

Contribuição relacionada ao peso-padrão ou peso-padrão de referência utilizado na calibração. Deve ser calculado utilizando como base o respectivo certificado de calibração do padrão. (Tipo B – Normal)

Quando utilizados mais de um peso-padrão para a calibração, será realizada a soma aritmética para obtenção do Valor Convencional, do erro do padrão e da incerteza, de modo a levar em conta as correlações assumidas.

11.2.4 Deriva

Contribuição relacionada à deriva do padrão utilizado na calibração.

Corresponde ao possível desvio da massa convencional desde a última calibração.

Seu valor pode ser estimado em vista da qualidade dos pesos, frequência e cuidado do uso, em pelo menos um múltiplo de sua incerteza expandida. Esse fator deverá estar compreendido entre 1 a 3.

Na ausência de informações sobre o desvio (histórico), o valor de D será escolhido como o mpe de acordo com OIML R 111 [4].

(Tipo B – Retangular) - assim como a incerteza dos padrões a somatória da deriva deve ser aritmética.

11.2.5 Empuxo

Para a contribuição relacionada ao empuxo do ar na calibração de peso-padrão, utilizar como orientação a fórmula da OIML R 111. Este documento apresenta a componente de incerteza a considerar.
