



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EQUIPAMENTOS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE ESTRUTURAS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

**AQUISIÇÃO DE BALANÇAS
ELECTRÓNICAS PARA ENSAIOS NO
DOMÍNIO DA ENGENHARIA CIVIL**

RELATÓRIO 104/2012

Trabalho realizado para
Laboratório Regional de Engenharia Civil

Ponta Delgada, Dezembro de 2012



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EQUIPAMENTOS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE ESTRUTURAS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

**AQUISIÇÃO DE BALANÇAS ELECTRÓNICAS PARA ENSAIOS NO DOMÍNIO
DA ENGENHARIA CIVIL**

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Relatório ID: LREC/DSEMC – RELATÓRIO 104/2012
Proc. ID: Proc. 361
LREC/CD - Cota ID: 389
C847a
Autor(s) ID: Emanuel Paquete
Eng. Mecânico
Visto(s) ID: O Diretor de Serviços de Estruturas e Materiais de Construção
José Carlos Oliveira
O Diretor do Laboratório Regional de Engenharia Civil
Francisco de Sousa Fernandes

DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

O Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) declara que a cópia em formato PDF gravada no CD com ID LREC 104-12, constitui uma cópia integral e autêntica do documento acima identificado, encontrando-se em arquivo próprio do LREC o original em papel.

AQUISIÇÃO DE BALANÇAS ELECTRÓNICAS PARA ENSAIOS NO DOMÍNIO DA ENGENHARIA CIVIL

Conteúdo

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO.....	2
DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE.....	2
1. Introdução	4
2. Características e propriedades metrológicas das balanças	4
3. Requisitos Técnicos dos ensaios	6
4. Ensaio prévio, regulação e calibração da Balança.....	7
5. Especificações dos fabricantes de balanças.....	7
6. Método de seleção de balanças.....	9
7. Caso prático	10
8. Considerações finais	12
Referências Bibliográficas	14

1. Introdução

No desempenho de funções como Responsável Metrológico do LREC, fui muitas vezes abordado por colegas com dúvidas na aquisição de balanças eletrónicas. Nesta sequência, serve este relatório para apresentar um método simples e eficaz que permita a qualquer utilizador seleccionar a balança adequada às suas necessidades.

Na secção 2 são dadas noções sobre as características e propriedades metrológicas das balanças;

Na secção 3 são tratados os requisitos exigidos pelos ensaios onde a balança será utilizada, nomeadamente a interpretação dos documentos normativos.

Na secção 4 são dadas noções sobre o ensaio prévio, regulação (ajuste) e calibração de balanças.

Na secção 5 são dadas noções sobre as especificações apresentadas pelos fabricantes de balanças.

Na secção 6 é apresentado o método de seleção da balança.

Na secção 7 é dado um exemplo de aplicação do método apresentado na secção 4.

No final são dadas orientações sobre instalação e calibração de balanças.

2. Características e propriedades metrológicas das balanças

As características metrológicas, de acordo com a recomendação OIML R 76-1, que tipicamente definem as balanças eletrónicas são as seguintes:

- Alcance máximo ou Capacidade;
- Exatidão;

- Resolução ou divisão.

O alcance máximo ou capacidade é o valor máximo que a balança consegue medir. Por exemplo, uma balança com capacidade de 50 kg significa que o valor máximo de carga que a balança consegue suportar é de 50 kg. Qualquer carga acima deste valor provocará danos irreversíveis na balança.

A exatidão é uma estimativa do erro de medição da balança, calculado a partir da diferença entre o valor indicado pela balança para uma determinada massa e o valor verdadeiro desta massa. Por exemplo, ao medir um objeto com uma massa conhecida de 3 kg, se a balança indicar um valor de 2,7 kg então o erro de medição será igual a -0,3 kg. Uma balança é dita mais exata quando fornece um erro de medição menor.

A resolução ou divisão corresponde à menor diferença entre indicações que pode ser significativamente percebida. Por exemplo, se uma balança indicar valores à milésima da grama (0,001 g) e se a variação perceptível, para carga zero, for de $\pm 0,002$ g então a resolução da balança será igual a 0,002 g.

As propriedades metrológicas, de acordo com a recomendação OIML R 76-1, definidas tipicamente para as balanças eletrônicas são as seguintes:

- Sensibilidade (*sensitivity*);
- Repetibilidade (*repeatability*);
- Durabilidade (*durability*).

A sensibilidade corresponde à influência de condições externas, tais como a temperatura ou oscilação do ar, na variação dos valores de massa indicados por uma balança.

A repetibilidade caracteriza a dispersão dos valores de massa, indicados numa balança, para a mesma carga depositada várias vezes, e de uma forma praticamente idêntica, no recetáculo de carga da balança, sob condições de teste constantes. Por exemplo, ao efetuar três medições do mesmo objeto com uma massa conhecida de 5 kg, a balança indicou os valores de 4,9 kg, 5,1 kg e 5,0 kg. A repetibilidade da balança será igual ao valor do desvio padrão destas três leituras.

A durabilidade é a aptidão da balança em mantêr as suas características metrológicas ao longo dum determinado período de utilização.

3. Requisitos Técnicos dos ensaios

Os requisitos técnicos para os ensaios encontram-se em documentos normativos (normas de ensaio). Estas normas geralmente contêm a descrição do método de ensaio e das características do equipamento a utilizar e/ou poderão remeter informação para outras normas com especificidades exclusivas ao equipamento de ensaio. As características geralmente especificadas nas normas são a exatidão e/ou a resolução da balança. Nas normas internacionais, escritas em inglês, a exatidão pode ser designada por *accuracy* ou *linearity* e o termo resolução pode ser designado por *resolution* ou *readability*. Algumas normas poderão mencionar apenas a característica *precision*, que poderá ser interpretada como resolução ou até mesmo exatidão, tendo em conta que algumas pessoas confundem os significados dos termos *accuracy* e *precision*, pelo que o utilizador deverá efetuar uma comparação entre as características exigidas nas normas e as características das balanças que existem no mercado, e considerar a relação custo/exigência normativa.

Por exemplo, a norma EN 12697-38:2004 especifica na secção B.3.1 o seguinte:

“Commonly used balances can measure mass up to 5 kg with an accuracy of 0,1 g and mass over 5 kg with an accuracy of 1,0 g. Therefore, to allow the use of commonly used balances, it is proposed to measure mass with an accuracy of 0,1 g and 1 g, respectively (for example, (112,5 ± 0,1) g, (5645 ± 1) g).

NOTE The readability to achieve this accuracy will usually need to be 0,01 gram and 0,1 gram, respectively.”

Nesta situação, a norma é clara quanto à exatidão necessária. Assim sendo, a exatidão necessária para balanças com capacidade até 5 kg é de 0,1 g. Para balanças com capacidade superior a 5 kg, a exatidão necessária é de 1 g. A norma especifica ainda que a resolução necessária para a balança com capacidade de 5 kg deverá ser de 0,01 g, e para a balança com capacidade superior a 5 kg a resolução deverá ser de 0,1 g. Ou seja, a relação entre a exatidão e a resolução é efetuada de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Exatidão}}{10} \quad (1)$$

A expressão (1) representa uma regra geral, que pode ser utilizada, nas situações em que as normas fazem apenas referência à resolução da balança, para o cálculo da exatidão necessária.

4. Ensaio prévio, regulação e calibração da Balança

As entidades acreditadas que efetuam a calibração de instrumentos de pesagem não automáticos, onde se incluem as balanças eletrónicas, seguem a seguinte ordem de trabalhos:

1. Ensaio prévio;
2. Regulação (ajuste);
3. Calibração (ensaios de exatidão e excentricidade).

O ensaio prévio consiste na execução dum ensaio de exatidão, sendo efetuada apenas uma leitura ao dispositivo indicador da balança por cada patamar de calibração. Este ensaio é necessário para a determinação do erro de indicação antes da regulação, e para verificar se existe necessidade de ajuste. Os valores do ensaio prévio servem ainda para o cálculo da deriva, entre calibrações, da balança.

A regulação é a operação que consiste na minimização do erro de indicação da balança, de forma a melhorar a sua exatidão. A calibração é a operação que permite determinar a exatidão da balança a partir do cálculo do erro de indicação. A regulação pode ser interna ou externa. No primeiro caso, a regulação é efetuada a partir de uma ou várias massas padrão que existem na estrutura mecânica interna da balança. No segundo caso, a mesma operação é efetuada a partir de massas padrão externas. Em qualquer dos casos, a regulação deve ser efetuada sempre de acordo com o manual do fabricante da balança.

5. Especificações dos fabricantes de balanças

Os fabricantes, para além das características e propriedades metrológicas descritas nas secções anteriores, geralmente apresentam especificações sobre:

- Ajuste (*Calibration*);
- Dimensões da balança;
- Aquisição de dados;
- Condições ambientais de utilização e armazenamento;

- Peso da balança;

As figuras 1 e 2 representam, respetivamente, especificações de vários modelos de balanças fabricadas pelas marcas Ohaus e Sartorius. Observando, por exemplo, a informação que consta na figura 1 para o modelo “EX1103”, é possível efetuar a seguinte interpretação das características e propriedades metrológicas desta balança:

Quadro 1 – Características e propriedades metrológicas da balança modelo EX1103, marca Ohaus

Característica/Propriedade Metrológica	Designação da Especificação	Valor (g)
Capacidade	Capacity	1100
Resolução	Readability	0,001
Repetibilidade	Repeatability	± 0,001
Exatidão	Linearity	± 0,002

Esta balança possui uma função de autoregulação (*AutoCal*) que é efetuada automaticamente pela balança de 11 em 11 horas ou quando a diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura da última regulação da balança for superior a 1,5 ° C.

Specifications

Model	EX124	EX224	EX324	EX223	EX423	EX623	EX1103	EX2202	EX4202	EX6202	EX10202	EX6201	EX10201
Capacity (g)	120	220	320	220	420	620	1100	2200	4200	6200	10200	6200	10200
Readability (g)	0.0001			0.001			0.01			0.1			
Repeatability std (g)	±0.0001			±0.001			±0.01			±0.1			
Linearity (g)	±0.0002			±0.002			±0.02			±0.1			
Stabilization Time (sec)	≤2	≤3		≤1.5			≤1						
Weighing Applications	Weighing, Percent Weighing, Parts Counting, Check Weighing, Dynamic/Animal Weighing, Filling, Totalization, Formulation, Differential Weighing, Density Determination, Peak Hold, Ingredient Costing, Pipette Adjustment, SQC												
Weighing Units	Gram, Milligram, Kilogram, Carat, Ounce, Ounce Troy, Pound, Pennyweight, Grain, Newton, Momme, Mesghal, Hong Kong Tael, Singapore Tael, Taiwan Tael, Tical, Tola, Baht, 3 Custom Units												
Calibration	AutoCal™ on Δ1.5°C temperature change, 11 hours, and external calibration												
Tare Range	To capacity by subtraction												
Power Requirements	AC Adapter Input: 100-240 VAC 0.6A 50-60 Hz												
Display Type	Full-color VGA graphic display, 4-wire resistive touch screen												
Display Size	145 mm (diagonal)												
Display Housing Dimensions (W x H x D)	195 x 90 x 154 mm												
Base Housing Dimensions (W x H x D)	230 x 350 x 393 mm						230 x 98 x 393 mm						
Communication	RS232, USB												
Operating Temperature Range	10°C to 30°C												
Operating Humidity Range	15% to 80% at 31°C decreasing linearly to 50% at 40°C, non-condensing												
Storage Conditions	-10°C to 60°C at 10% to 90% relative humidity, non-condensing												
Pan Size	Ø 90 mm			Ø 130 mm			190 x 200 mm						
Net Weight	6.9 kg						4.3 kg			5 kg			
Shipping Weight	9.6 kg						6.8 kg			7.4 kg			
Shipping Dimensions	55 x 38.5 x 55.1 cm						55 x 38.5 x 29.1 cm						

Fig. 1 – Especificações do fabricante OHAUS para vários modelos de balanças



M-Prove Model	Capacity [g]	Resolution [mg]	Windshield	Load plate (mm)	Response time [s]	Repeatability [±g]	Linearity [±]	Calibration
AY123	120	1	Glass ring	∅ 97 mm	2,5	0,002 g	0,002 g	External
AY303	300	1	Glass ring	∅ 97 mm	2,5	0,003 g	0,003 g	External
AY212	210	10	No	∅ 97 mm	2	0,02 g	0,02 g	External
AY412	410	10	No	145×130	2	0,01 g	0,01 g	External
AY612	610	10	No	145×130	2	0,01 g	0,01 g	External
AY511	510	100	No	145×130	1,5	0,1 g	0,1 g	External
AY711	710	100	No	145×130	1,5	0,1 g	0,1 g	External
AY1501	1500	100	No	145×130	1,5	0,1 g	0,1 g	External
AY3101	3100	100	No	145×130	1,5	0,1 g	0,1 g	External
AY5101	5100	100	No	145×130	1,5	0,1 g	0,1 g	External
AY4000	4000	1000	No	145×130	1,5	1 g	1 g	External
AY6000	6000	1000	No	145×130	1,5	1 g	1 g	External
AY10000	10000	1000	No	145×130	1,5	1 g	1 g	External

Fig. 2 – Especificações do fabricante SARTORIUS para vários modelos de balanças

6. Método de seleção de balanças

A seleção da balança mais adequada às necessidades dos ensaios a realizar pelo utilizador deve ser efetuada de acordo com os passos seguintes:

- Determinar, a partir das normas de ensaio relevantes, as exatidões necessárias para as medições da grandeza massa;
- Se a norma de ensaio não referir a exatidão, definindo apenas a resolução necessária, então calcular a exatidão a partir da seguinte expressão:

$$\text{Exatidão} = 10 \times \text{Resolução} \quad (2)$$

- Caso se pretenda utilizar a balança em mais de um ensaio, selecionar a exatidão mais conservadora (exigente);
- Determinar os extremos da gama de medição onde a balança será utilizada;
- Calcular os valores absolutos de exatidão para os extremos da gama de medição necessária, caso os requisitos de exatidão venham expressos em percentagem do patamar de massa ou alcance da balança;
- Determinar o Erro Máximo Admissível (EMA) para os extremos da gama de medição, de acordo com a expressão seguinte:

$$\text{EMA} = \frac{\text{Exatidão}}{2} \quad (3)$$

Se a norma definir, de forma direta, a exatidão da balança, então o EMA será igual ao valor desta exatidão, pelo que a expressão (3) não será aplicável neste caso;

- g) Determinar a resolução da balança a partir da expressão (2), caso esta não seja definida na norma de ensaio;
- h) Efetuar uma pesquisa, em pelo menos duas marcas (Exemplo: Ohaus e Sartorius), de balanças com a capacidade requerida (extremo máximo da gama de medição definida na alínea d));
- i) Efetuar uma análise às balanças resultantes da pesquisa anterior, de modo a verificar as que cumprem os valores de EMA e Resolução necessários, de acordo com as expressões seguintes:

$$(Exatidão + Repetibilidade)_{Balança} \leq EMA \quad (4)$$

$$(Resolução)_{Balança} \leq (Resolução)_{Necessária} \quad (5)$$

- j) Efetuar a análise e seleção final da balança, tendo em conta os seguintes critérios:
- Preço;
 - Dimensões do prato;
 - Tempo de estabilização das leituras;
 - Regulação (interna ou externa);
 - Condições ambientais de operacionalidade;
 - Peso;
 - Outros fatores considerados relevantes pelo utilizador.

7. Caso prático

Este exemplo refere-se à aquisição duma balança de 5 kg para o ensaio de determinação de propriedades de agregados. A norma que contém as especificações técnicas do equipamento a usar neste ensaio (onde se incluem as balanças) é a “NP EN 932-5:2003”. A seleção da balança mais adequada, de acordo com o método apresentado no ponto 6, é efetuada nos passos seguintes:

- a) A partir da análise da norma “NP EN 932-5:2003”, verifica-se no ponto 5.5.1 que *“As balanças devem ser verificadas, afinadas e calibradas dentro da sua gama de medição, utilizando pesos de referência certificados, pelo menos uma vez por ano, ou em intervalos menores se necessário de modo a evitar que os erros máximos”*

- de leitura excedam os valores especificados em 4.2.1*”. No quadro 1 do ponto 4.2.1, verifica-se que o desvio máximo admissível (exatidão necessária) em relação ao valor indicado, para uma balança com capacidade de 5 kg, é de 1g;
- b) Neste caso, esta alínea não é aplicável;
- c) Neste caso, pretende-se utilizar a balança apenas nos ensaios das propriedades gerais dos agregados, pelo que a única exatidão requerida é de 1 g;
- d) A balança será utilizada na gama de medição de 500 a 5000 g;
- e) Neste caso a exatidão (1 g) já vem expressa em valor absoluto e único para a gama de medição de 500 a 5000 g;
- f) Neste caso, a norma define de forma direta a exatidão da balança, pelo que o EMA é igual 1 g;
- g) A resolução da balança é definida na norma, sendo o seu valor igual a 0,5 g;
- h) Observando as figuras 1 e 2, verifica-se que os modelos de balanças com capacidade próxima da pretendida (5000 g) são os seguintes:
- Modelo EX6202 (marca OHAUS, Figura 1);
 - Modelo AY5101 (marca SARTORIUS, Figura 2).
- i) A análise das balanças selecionadas no ponto anterior é efetuada no quadro 2.

Quadro 2 – Análise das balanças selecionadas

Balança		Capacidade	Exatidão	Resolução	Repetibilidade	(Exatidão + Repetibilidade)	(Exatidão + Repetibilidade) ≤ EMA	(Resolução) ^{Balança ≤} (Resolução) ^{Necessária}
Modelo	Marca	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	C- Conforme; NC – Não Conforme.	C- Conforme; NC – Não Conforme.
EX6202	OHAUS	6200	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03 ≤ 1,0 → C	0,01 ≤ 0,5 → C
AY5101	SARTORIUS	5100	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2 ≤ 1,0 → C	0,1 ≤ 0,5 → C

Verifica-se que ambas as balanças cumprem os requisitos necessários.

- j) A análise final das balanças é efetuada no quadro 3.

Quadro 3 – Análise final das balanças

Critério	Balança	
	Modelo / Marca	
	EX6202 / OHAUS	AY5101 / SARTORIUS
Preço ^(a)	€ 2100	€ 958
Dimensões do Prato	190 x 200 mm	145 x 130 mm
Tempo de estabilização das leituras	≤ 1 s	1,5 s
Regulação	Interna e Externa	Externa
Condições ambientais de operacionalidade	10 a 30 °C / 15 a 80 % (31 °C)	10 a 30 °C
Peso	5 kg	1,1 kg

^(a) Preço estimado;

8. Considerações finais

Na sequência do exemplo apresentado no ponto 7, é possível tecer as seguintes considerações finais:

- Ambas as balanças cumprem os requisitos exigidos, pelo que a balança a adquirir seria a AY5101 da Sartorius por ser a solução economicamente mais viável;
- A balança EX6202, embora mais cara que a AY5101, é a que apresenta as melhores características de exatidão, repetibilidade e resolução, pelo que seria uma solução mais fiável a longo prazo;
- A balança EX6202 possui uma função de regulação interna, o que poderá ser útil na correção de erros de leituras de massa devido à variação da temperatura da sala de ensaio. Esta função é desvantajosa em salas com variações bruscas e contínuas de temperatura ambiente, como por exemplo salas onde ocorrem correntes de ar exterior, porque a balança poderá entrar num ciclo quase contínuo de regulação interna, impossibilitando a sua utilização.

No processo de aquisição, o utilizador deverá ter em consideração a calibração da balança, a qual deverá ser efetuada no local de instalação por causa do nivelamento da balança aquando da instalação. Para balanças com resolução igual ou melhor do que 0,01 g, o utilizador deverá escolher uma bancada rígida de modo a não permitir deformações que poderão provocar o desnivelamento da balança. Por exemplo, se a balança for instalada numa bancada de madeira, o operador poderá notar oscilações nas leituras efetuadas à balança, sem se aperceber que as mesmas ocorrem quando se debruça sobre a mesa ou até mesmo quando coloca um determinado objeto próximo da balança, que tenha peso suficiente para provocar a deformação não visível da mesa.

Ponta Delgada, Laboratório Regional de Engenharia Civil, Dezembro de 2012

AUTORIA

Emanuel Paquete Correia

VISTO

O Director da DSEMC

José Carlos da Conceição Oliveira

VISTO

O Director do LREC

Francisco de Sousa Fernandes

Referências Bibliográficas

OIML, “Non-automatic weighing instruments, Part 1: Metrological and Technical requirements - Tests” – OIML R 76-1, Paris, 2006;

IPQ, Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), Conceitos fundamentais e gerais e termos associados, Caparica, 2012;

CEN, “Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 38: Common equipment and calibration” - EN 12697-38, Bruxelas, 2004;

Sartorius AG, “M-prove Electronic Precision Scales/Balances”, Alemanha, 2010;

Ohaus, “Explorer balances instruction manual”, Estados Unidos da América, 2012.