

## Balanças: as rotas de uma herança ancestral

Scales: the paths of an ancestral heritage

Balanzas: las rutas de una herencia ancestral

Elenice de Souza Lodron Zuin<sup>1</sup>  

### RESUMO

Neste artigo, faço uma digressão histórica de um instrumento que, ao longo dos milênios, se tornou fundamental para as transações comerciais: a balança. A necessidade de mensurar a massa dos objetos foi posterior às demandas por precisar as medidas lineares e de volume. Desde os seus primórdios na civilização egípcia, com suas finalidades rituais, as balanças percorreram um longo ciclo, atendendo às cerimônias sagradas e às imposições seculares. Este percurso se liga às práticas socioculturais. Com as balanças, também nasceram as unidades de massa, distintas nos diversos núcleos que as gestaram. Balanças justas e pesos justos são também referidos na Bíblia. Foram criados novos tipos de balança e modos de aferição atendendo às necessidades de cada época, lugar e aos avanços tecnológicos. Este longo percurso culmina com a mais recente redefinição do quilograma, estabelecida na segunda década do século XIX, quando o valor da Constante de Planck passou a ser empregado para se calibrar as balanças de precisão.

**Palavras-chave:** Pesos e medidas; Balanças; História das Ciências; História da Matemática.

### ABSTRACT

In this paper, I delve into the historical evolution of an instrument that has been indispensable for commercial transactions across millennia: the balance. The need to measure the mass of objects emerged after the demand for precise linear and volumetric measurements. From its origins in ancient Egyptian civilization, where it had ritualistic purposes, balances have undergone a remarkable journey, serving both sacred ceremonies and secular needs. This journey is closely intertwined with socio-cultural practices. As balances developed, distinct units of mass emerged, varying among different human groups. Concepts of fair balances and just weights are also referenced in historical texts such as the Bible. Innovations in balance types and calibration methods were introduced to adapt to the changing requirements of different eras, regions, and technological advancements. This extensive historical narrative culminates in the recent redefinition of the kilogram, a significant achievement realized in the second decade of the 19th century, when the value of the Planck's Constant began to be employed for the calibration of precision balances.

**Keywords:** Weights and measures; Scales; History of Sciences; History of Mathematics.

### RESUMEN

En este artículo hago una digresión histórica sobre un instrumento que, a lo largo de los milenios, se ha vuelto fundamental para las transacciones comerciales: la balanza. En las comunidades antiguas, la necesidad de medir la masa de los objetos surgió después de la exigencia de crear patrones de medición lineales y de volumen. Desde su nacimiento en la civilización egípcia, con sus fines rituales, las balanzas han pasado por un largo ciclo, sirviendo a ceremonias sagradas e imposiciones seculares. Este camino está vinculado a prácticas socioculturales. Con las balanzas nacieron también las unidades de masa, diferenciadas en los distintos núcleos que las generaban. En la Biblia también se mencionan balanzas y pesos justos. A lo largo del tiempo, se crearon nuevos tipos de balanzas y métodos de medición para satisfacer las necesidades de cada grupo, lugar o debido a los avances tecnológicos. Este largo recorrido culmina con la más reciente redefinición del kilogramo, establecida en la segunda década del siglo XIX, cuando se comenzó a utilizar el valor de la Constante de Planck para calibrar balanzas de precisión.

**Palabras clave:** Pesos y medidas; Balanzas; Historia de las Ciencias; Historia de las Matemáticas.

<sup>1</sup> Doutora em Educação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e Universidade de Lisboa. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Endereço para correspondência: PUC Minas - Av. Itaú, 505 - 3º andar - sala 319 - Dom Cabral - Belo Horizonte - MG, 30535-012. E-mail: elenicezuin@gmail.com

## BALANÇO INICIAL

“Tanto chumbo se encobre” – um me dizia –  
Destas capas sob o ouro que oscilamos,  
Qual balança, que ao peso hesitaria.  
(Dante Alighieri – A divina comédia)

Nossa vida é regida pelo tempo, pesos e medidas. Não há como cogitar sobre o mundo contemporâneo sem pensar nas horas, quilômetros, litros e quilogramas, entre tantas outras medidas, das quais estão totalmente dependentes as indústrias, os laboratórios, a construção civil, o comércio e outros setores – metrologia e globalização amalgamadas para sempre.

Quem pode dizer em que época e lugar se deu a origem dos pesos e medidas neste planeta? O cerne desta prática perdeu-se nos portais do tempo e do espaço, mas, sabemos que, as medidas se constituem parte integrante da vida humana há milênios. Vêm de nossos ancestrais as necessidades intrínsecas de “organizar” o mundo e a busca por métodos para quantificar e medir.

Muito embora, não se possa precisar o(s) tempo(s) e local (ou locais), é fato que, regras e padrões, códigos de convivência, há milênios eram estabelecidos, uma vez que o homem é um ser social; no entanto, “as instituições na sua forma mais desenvolvida parecem ter sido uma realização do período neolítico”, ou Idade da Pedra Polida, um período que vai de 12.000 a.C. a 4000 a.C. (BURNS, 1957). Remontando a essa época distante, é possível inferir que, desde a Pré-história, a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade, o seu modo de vida e suas práticas se alteraram significativamente. Ter uma moradia fixa exigia outros modelos de relações com o mundo ao seu redor. Era preciso entender e interferir nos domínios da natureza; quando semear e quando colher? Engendrando os passos, como pastores e agricultores, os *Homo sapiens sapiens* se deram conta de que, na sua lida diária, era fundamental contar e medir. Fez-se, então, presente a necessidade de observar mais atentamente os céus, as magias do nascer e pôr do sol, da mutação do céu estelar, das fases da lua, dos ciclos das estações – a natureza colocada ao seu favor – e criar um calendário, estabelecer padrões de medidas que os auxiliassem no plantio, colheita e trocas de mercadorias, pilares da sua sobrevivência... Ainda que a observação e a prática, tentativa e erro fossem os principais sustentáculos para construir novas bases para a existência e a preservação da espécie humana, com olhares perscrutadores e passos mais seguros, a vida, na aurora das civilizações, seria diferente sobre o planeta Terra. Mesmo que a visão anímica prevalecesse, o pacto de diálogo com a natureza estava selado através das medidas.

O quê medir? Como medir? Qual a precisão necessária? Qual o padrão a ser fixado? Tudo isto fazia parte de circunstâncias particulares e as respostas a estas perguntas são múltiplas, pois “o conhecimento se dá de maneira diferente em culturas diferentes e em épocas diferentes” (D’AMBROSIO, 2005, p. 102). Desconhecendo os protagonistas dessas muitas histórias, sem registros, sem memória, cada uma das formas de medir o tempo, comprimentos e volumes, irá surgindo paulatinamente devido às necessidades de cada comunidade, estando intimamente relacionadas às atividades humanas, tradições e crenças de cada grupo.

Há todo um contexto espacial, temporal e sociocultural a ser considerado, no qual os saberes são produzidos, compartilhados, assimilados e se transformam.

## **BALANÇA: PARA O SOBERANO E PARA O POVO, UMA LONGA ESTRADA, NEM SEMPRE REAL**

Neste momento, também podemos levantar a questão: quando surgem as balanças? Na Pré-história, provavelmente; porém, não há evidências de que o objetivo fosse utilizá-las no comércio. “Pesar” não fazia parte das necessidades de muitos grupos. Tucci (1995) cita a utilização da contraposição de ambas as mãos para se estimar o peso de um objeto comparando-o com outro já conhecido, todavia, também não se pode precisar quando iniciou esta prática que, intuitivamente ou não, ainda hoje é realizada.

Mensurar a massa de algo ou, popularmente, “pesar” foi uma necessidade que compareceu muito mais tarde na história das civilizações, pois, como já explicitamos, as medidas de volume eram palpáveis e visíveis; portanto, mais concretas e supriam todas as exigências de um comércio primitivo, ainda baseado em trocas – o escambo. No entanto, a materialização de uma unidade de massa exige maior abstração, modos de pensamento mais complexos. Possivelmente, este foi o principal motivo de os padrões de massa serem criados posteriormente, vindo a marcar o seu lugar tardiamente na linha do tempo das civilizações.

Várias comunidades, ao desenvolverem seus padrões, estavam imbuídas de um sentimento místico ou religioso, utilizando-os nos cultos e em rituais de magia. Essas cerimônias seriam as principais responsáveis pela aura divina formada em torno desses aparatos<sup>2</sup>. As simbologias do mágico ou sagrado traduzem concepções que estão relacionadas ao valor dos objetos, atribuindo-lhes poderes sobrenaturais, não evocando, propriamente, suas características de artefatos de uso diário com fins quantitativos para pesar e medir. Símbolos de um grupo, carregando ou não atributos ascéticos, os padrões materiais podem atravessar tempos e espaços, pela supremacia das crenças, costumes e tradições (ZUIN, 2007).

A organização do império egípcio pode ser confirmada nos *Textos das Pirâmides*, indicando que, no terceiro milênio antes de Cristo, já havia sido estabelecidos “de forma coerente, o exato lugar que o faraó, como representante social máximo, ocuparia no cosmo, bem como os demais elementos básicos sem os quais o mundo terreno e celeste inexistiriam” (CÂMARA, 2011, p. 55). Havia também formas de dominação exercida pela aristocracia e o clero. Há evidências de que as primeiras balanças<sup>3</sup> surgiram no Egito e teriam dois pratos.

A medicina egípcia sempre foi considerada avançada para a sua época. O papel de sacerdotes e médicos se confundia; religião, magia e medicina, muitas vezes, se sobrepunham em diversos aspectos. No antigo Egito, alguns objetos, utilizados para se equilibrar os pratos da balança, também podiam ser tomados como amuletos, utilizados como proteção pessoal, para saúde ou encantamentos.

A balança, um símbolo cósmico, era empregada em ritos religiosos pelos egípcios. Nos rituais dos funerais, a balança era utilizada para proteger o morto. Os egípcios.

<sup>2</sup> Em Atenas, os padrões dos pesos e medidas eram dedicados aos deuses e guardados na Acrópole (SILVA, 2004). Os judeus mantinham seus padrões nos templos e, os romanos, no templo de Juno, no Capitólio (KULA, 1998).

<sup>3</sup> Balança (do latim bis - dois e linx - prato).

cios acreditavam que o coração humano era a casa da consciência, nele ficavam gravadas todas as ações terrenas de uma pessoa, “o que configura princípios de ordem moral” (ZUIN, 2019, p. 28). De acordo com as crenças politeístas dessa civilização, após o sepultamento, o morto era levado pelo deus Anúbis-Anupu a Osíris (divindade da mumificação e guardião da necrópole). No Tribunal de Osíris, havia uma balança e, na presença de outras divindades, Anúbis realizava a pesagem do coração do falecido que deveria se igualar a uma pena de avestruz (símbolo da Deusa Maat – deusa da Verdade e da Justiça Cósmica e Universal)<sup>4</sup>. Então, teriam a verdade – a pena – como contrapeso para o coração da pessoa, durante o julgamento das suas ações em vida. Apenas nestas condições aquela alma seria recebida nos domínios celestiais de Osíris, o príncipe da eternidade.

No *Livro dos Mortos* se encontram vários capítulos que tratam das infrações que poderiam ser cometidas. Era comum se colocar, junto ao corpo do falecido, uma balança como prevenção; caso Anúbis não constatasse o equilíbrio entre o peso do coração do morto e a pena de avestruz, a alma teria mais uma balança para se repetir todo o processo e fazer a conferência novamente<sup>5</sup>. Esse “paraíso”, para os egípcios, não era algo a ser auferido, porém “revisitado por aqueles que foram criados da partilha de Rá e que, trilhando o caminho dos valores desenhados por Maat, poderiam reviver a suprema felicidade inscrita na própria essência do homem egípcio” (CÂMARA, 2011, p. 108).

Paralelamente ao contexto apresentado, se faz necessário enfatizar que o julgamento dos mortos poderia “servir como uma janela para entender as tentativas de uma elite em conciliar uma profunda estratificação social, com uma ideologia que pregava o equilíbrio acima de qualquer coisa” (VILELA, 2004).

**Figura 1.** Trecho do Livro dos mortos mostrando Anubis na “Pesagem do coração”



**Fonte:** British Museum - Londres - Inglaterra

Alguns estudiosos julgam que, instrumentos como as balanças, encontradas no Egito, uma do período Neolítico e outra de 2400 a.C., não eram objetos de uso diário, ficando,

4 De acordo com Krebs (1982), nesse ritual, a alma devia declarar, diante dos 42 assessores de Osíris, que não havia cometido nenhum dos 42 pecados capitais. No capítulo 125 do *Livro dos Mortos*, do Antigo Egito, se encontra a *lei de Maat*, também conhecida como as “42 leis de Maat”, a “declaração de inocência” ou as “confissões negativas”. Entre as declarações, pode-se ler: “não cometi injustiça contra os homens”; “não matei”; “não mandei matar”; “não roubei”; “não fiz o que Deus abomina”; “não diminuí a medida do campo”; “não fiz chorar ninguém”, etc. Um termo utilizado para se referir à crença do Antigo Egito, da existência do Tribunal de Osíris e a pesagem da alma, é derivado do grego, *Psicostase* – peso do espírito ou a luta da alma pela sua condenação ou salvação eterna, que também se estabelece como parte do ciclo iconográfico do Juízo Final para os cristãos.

5 Para Schwarz (1998), “o sistema egípcio se revelou eficaz, não somente para governar, senão para construir uma sociedade habitável, com respeito aos homens e à natureza. (...) a sabedoria egípcia, através do conceito de Maat, soube propor uma visão profunda, fundamento de um mundo humano.” (p.81). A Deusa Maat se reveste de um aspecto jurídico e moral. Ela determinaria a vontade do rei e dos homens. Câmara (2001) afirma que Assmann, “em sua análise, crê que essa concepção de ordenamento social, por meio dos preceitos ligados à Maat, não foi difundida somente a partir do Reino Médio, mas abraçou toda a história egípcia” (p. 98).

provavelmente, restrita a sua utilização a altos funcionários ligados ao faraó para pesagem de bens valiosos. Na Mesopotâmia, entre assírio-babilônios, as balanças também não eram de uso corrente. Vem corroborar essa hipótese o fato de que, até “a helenização do Oriente”, eram mais comumente utilizadas, como meio de troca, a cevada, que não era pesada, mas medida, geralmente, pelo seu volume (ARNAUD *apud* TUCCHI, 1995, p. 236). Outros produtos eram comercializados através do seu volume, tanto líquidos como secos. Essa prática continuaria vigente, muitos séculos depois. É oportuno ressaltar que, pela proximidade do Egito com a Mesopotâmia, não se pode afirmar como se deram as trocas culturais, como a balança e padrões de massa foram assimilados e difundidos por esses povos. As influências de um e outro podem ter sido invisibilizadas pelo tempo e pela falta de registros.

Os ponderais são os pesos que se utilizavam para equilibrar a balança. Ao longo do tempo, para os ponderais, formas, tamanhos e materiais variavam muito. Entre os estilos, os mais comuns eram formatos esféricos, semiesféricos e prismáticos. Às vezes, traziam marcas que expressavam seu peso ou para indicar sua origem de fabricação (GONZÁLEZ, 2010).

Através de registros arqueológicos, foram catalogados alguns cilindros de base côncava, com cerca de treze gramas, descobertos em túmulo pré-dinástico de El Amrah, próximo de Abidos, Egito<sup>6</sup>. Por serem tão leves, talvez, sua utilização estivesse vinculada à mensuração da massa de pedras e metais preciosos ou à manipulação de medicamentos.

Em relação ao sistema de massa egípcio, a unidade de peso fundamental era o *deben*, equivalente a 91g, durante o Império Médio (CLAGETT, 2009). Na opinião de alguns pesquisadores, as balanças só se tornariam populares no Egito na época da vigésima ou vigésima primeira dinastia (1200 a.C. – 950 a.C.). No Papiro Rhind, datado de 1600 a.C., o problema de número 62 envolve proporções, metais preciosos e os seus pesos, donde inferimos que, nesta época, havia o uso da balança e dos ponderais com finalidades práticas<sup>7</sup>. Por sua vez, os sumérios e o povo que habitava o vale do rio Indo, na Ásia, por volta de 2500 a.C., introduziram as medidas de peso no comércio (RONAN, 1987).

Em torno de 1500 a.C., verificou-se a existência das “balanças de dois pratos” no antigo Egito, com evidências da sua utilização na metalurgia do ouro (AFONSO & SILVA, 2004). O emprego das balanças, entretanto, pode ser anterior a esse período, porque os egípcios já tinham bem desenvolvidas a extração e a manipulação do ouro e do cobre. Desenhos, pintados nos túmulos, datados como sendo da XVIII dinastia (1500 – 1295 a.C.), mostram cenas nas quais eram retratados, freqüentemente, os artesãos de posse de uma balança e a utilização de metais em obras de arte. De uma época posterior, do período ptolomaico (305-30 a.C.), foram encontrados pratos de balança fundidos em bronze e prata.

Na tumba dos escultores egípcios Nebamun e Ipuky<sup>8</sup>, em Tebas, foram encontradas pinturas que refletiam a vida cotidiana dos egípcios. São mostradas cenas de artesãos em

6 Numerosos sítios, datados de cerca de 3600 a.C., têm sido escavados nesta região (KIPFER, 2000, p. 19).

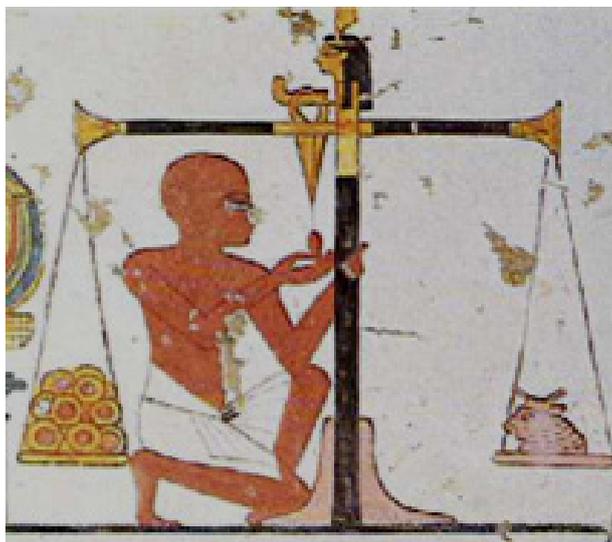
7 *Shaty* é uma unidade de massa que aparece no problema 62 do papiro Rhind – 1 *shaty* equivaleria a 1/12 de um *deben* de ouro, ou a 1/6 de um *deben* de prata, ou 1/3 de um *deben* de chumbo. O enunciado do problema 62 é o seguinte: Uma bolsa contém [o mesmo peso] de ouro, prata e chumbo. O valor total é igual a 84 *shaty*. Dá-se o valor por *deben* de cada um dos metais, sendo o ouro igual a 12 *shaty*, a prata, 6 *shaty* e, o chumbo, 3 *shaty* (ROSSI, 2009).

8 Giovanni d'Athanasí, em 1820, descobriu a tumba de Nebamun e Ipuky. As pinturas das paredes foram retiradas, por ordem de Henry Salt e, atualmente, onze fragmentos estão expostos no Museu Britânico. Henry Salt, artista e colecionador, exerceu o cargo de Cônsul Geral no Cairo. Não há qualquer inscrição na tumba que indique a época que Nebamun e Ipuky viveram. Porém, os especialistas afirmam que o estilo das pinturas leva a crer que sejam da época dos faraós Tutmós IV (ca. 1397-1388 a. C.) e de Amenhotep III (ca. 1388-1351 a.C.).

diversas situações, indicando um grande desenvolvimento técnico para aquela época. São representados ourives, carpinteiros, escultores, entre outros profissionais.

Na figura 2, constata-se a representação da utilização da balança de dois pratos para medir a massa de determinado material. No contrapeso, um objeto que tem a forma de um animal. Segundo Baines e Malik (2008), a ilustração representa um ourives pesando ouro.

**Figura 2.** Pintura da tumba de Nebamun e Ipuky Antigo Egito - XVIII Dinastia (c. 1550 a 1307 a.C.)



**Fonte:** <https://www.metmuseum.org/collection/the-collection-online/>

Pode-se verificar, ainda nessa pintura, uma linha de prumo amarrada paralelamente à escora da balança, que possibilitava fazer a medida com maior precisão, ao se nivelar o prumo com o pedaço de madeira fixado ao braço da balança, formando um ângulo de 90°.

Na Suméria, a partir de um fator-padrão de redução, fundamentado no número 60 ou seus múltiplos, foi construída uma série bem padronizada de medidas dois milênios antes de Cristo. Como unidade básica de peso, o *siclo* – equivalente a 8,36 gramas – outra unidade, a *mina*, correspondia a sessenta vezes o *siclo* ou a 502 gramas. Para o volume, a unidade básica era o *log* – igual a 541 cm<sup>3</sup> – este, “com variações foi adotado na Fenícia, assim como por israelitas e judeus, e, por volta de 1400 a.C., foi introduzido no Egito” (RONAN, 1987, p. 39).

Entre os egípcios, a balança, envolta em sua aura, conectada aos elementos religiosos, como já foi citado anteriormente, era considerada um objeto místico. Para os povos da Babilônia, com seus avanços na área da astronomia e astrologia, a balança tinha uma função especial, representava a igualdade dos dias e das noites, no equinócio<sup>9</sup>, ou seja, quando os tempos de luz e escuridão sobre a Terra têm a mesma duração. Esta simbologia estava associada às suas observações e constatações de que o Sol entrava na constelação de Libra no equinócio de outono; e é por isso que o signo de Libra é o único sem ligações com um ser vivo ou com a água, fonte da vida, sendo representado por um objeto: a balança<sup>10</sup> (AFONSO; SILVA, 2004, p.1022). Essa é a balança celestial, que equilibra a duração mágica das luzes e das trevas no planeta. Vinte e quatro horas, divididas igualmente, unidas por uma “varinha

<sup>9</sup> O termo equinócio é derivado do latim “aequinoctium”, significando “noite igual”.

<sup>10</sup> Na Babilônia, utilizava-se o termo *Tashritu*, “a balança”, *Libra*, em latim.

de condão” para um acontecimento a ser celebrado, o equinócio de outono – Sol atingindo o grau zero em Libra no hemisfério norte.

Os fenícios tornaram-se grandes navegadores e comerciantes e, naturalmente, seus sistemas de pesos e medidas tinham influências das civilizações babilônica e egípcia. Tanto os fenícios como os hebreus “avaliavam os bens de consumo, as punições e os impostos, numa balança utilizando um peso padrão chamado *siclo* ou *shéquel* (que significa ao mesmo tempo ‘contagem’ e peso).” (IFRAH, 2013, p. 75 ). O *siclo* fenício equivalia a 14,5g e o *shéquel*, dos hebreus, a 11,4 g, ou 220 grãos de cevada.

A grandiosidade e o poder da civilização egípcia eram notórios e, como era de se esperar, muitos de seus costumes foram incorporados por outros povos. É certo que esse vasto império também tenha se nutrido de influências externas<sup>11</sup>. Muito embora não haja registros de como foram sendo absorvidos, transportados e assimilados, constata-se que elementos da cultura egípcia vão brotar aqui e ali, estando, entre eles, o sistema de pesos e medidas. Este, ao que tudo indica, chega à vizinha Ásia Menor, como também entra na Judéia e na Grécia, vindo a atingir igualmente as colônias helênicas localizadas na península itálica.

É sabido que, mercadores saíam da Grécia, atravessavam o norte do continente africano e chegavam até a Ásia, transportando suas mercadorias. Esses homens traziam seus conhecimentos e, igualmente, se apropriavam dos saberes, tradições e costumes de outros povos em suas andanças.

Os romanos conquistaram muitas terras e também chegaram até ao Egito. Destarte, partindo do vale do Nilo, o sistema egípcio será assimilado por outros povos. Fácil vislumbrar que, a partir daí, os romanos tenham apreendido e difundido os padrões de medidas egípcios para as diversas regiões da Europa, alvo de suas conquistas. Não há uma assimilação total do sistema introduzido pelos conquistadores, mas uma mescla com os sistemas locais, levando a um tipo de sistema diverso com outras peculiaridades. O valor da libra mudou ao longo dos anos, variando em diversos locais: 327,45 g, que era o original, ou ter outros valores.

Na África Ocidental, desde pelo menos, 2000 a.C., vive a etnia Akan, em uma região onde hoje se localiza Gana, Costa do Marfim e Togo. Utilizava-se o *mithqal* de pó de ouro, equivalente a 4,5 gramas. Depois do contato com os muçulmanos, para facilitar as transações comerciais, uma medida islâmica também foi adotada. A região ficou conhecida como “Costa do Ouro”, pela utilização de pó de ouro como moeda e os akan faziam uso de balanças. O ouro era tirado dos leitos dos rios e, posteriormente, adotaram a mineração desse metal (CREASE, 2013).

Entre os ponderais do povo Akan, encontram-se os que eram feitos de madeira, pedra, estanho, bronze, cobre e ouro, relacionados à avaliação do dinheiro, dentro de um sistema complexo. Pesos figurativos representavam um valor monetário que correspondia a uma determinada quantidade de ouro em pó de igual valor de massa. Os objetos também

<sup>11</sup> “Para onde quer que nos voltemos, para oeste ou leste, norte ou sul, vemos que o Egito recebeu influências externas. No entanto essas influências nunca afetaram profundamente a originalidade da civilização que foi aos poucos tomando forma às margens do Nilo, antes de influenciar, por seu turno, as regiões vizinhas.” (UNESCO, 2010, p. LX).

tinham várias formas geométricas, como estrelas, cubos, etc. “Sobre as peças estão gravados sinais que evocam as mais antigas escritas humanas e também os elementos de base da geometria.” (GAHI; ALMEIDA, 2010, p.35).

Para o povo Akan,

As figuras do dja (coleção de pesos) representam uma instituição sem igual no continente africano. Elas pontuam o ritmo da vida dos povos Akan, são verdadeiras correntes de transmissão do saber e iluminam o passado prestigioso da civilização Akan. Os dja simbolizam a soma dos conhecimentos humanos e cada peso uma parcela do conhecimento total. Cada família conserva os dja que fazem parte do tesouro familiar. Para marcar o fim da sua tutela, o pai dá ao filho que se tornou adulto uma parte do dja da família, juntamente com uma balança, os pesos, uma colher e um pouco de ouro em pó (GAHI; ALMEIDA, 2010, p.35).

Os objetos utilizados como pesos figurativos, para a etnia Akan, também carregavam consigo outras conotações, eles eram

[...] autênticos repertórios dos elementos naturais, plantas e animais, [que] servem para glorificar a força criadora de Deus e também para inculcar os conhecimentos mais ou menos aprofundados de botânica, de farmácia, de medicina, de zoologia, de astronomia e, evidentemente, de matemática. As armas, vestimentas, instrumentos musicais, móveis, permitem toda sorte de combinações narrativas, incluindo filosofia, direito, literatura e religião, através das quais a união da comunidade e sua harmonia social não são possíveis (BATTESTINI *apud* GAHI; ALMEIDA, 2010, p. 36).

Os intrincados significados dos pesos, atribuídos pela cultura Akan, não poderiam ser absorvidos, nem entendidos pelos europeus, quando invadiram os seus territórios. Pesos e balanças simbolizavam muito mais do que a cultura ocidental pudesse vislumbrar.

Na África, há registros de que, nos túmulos de Yeba, foram encontrados pratos de balança, bem como em Axum<sup>12</sup> (UNESCO, 2010).

A balança, denominada “romana”, de braços desiguais foi desenvolvida por volta do ano 200 a.C.; nela, o braço que sustenta o material, ao qual deve se medir a massa, era de comprimento fixo, enquanto, o outro, em que se apoiava a massa-padrão, possuía um cursor móvel. A balança tipicamente romana, a *statera* ou *trutina*, era também denominada

[...] “campana”, pela região da Itália, onde parece que se iniciou a empregá-la, consta de uma barra horizontal dividida por um anel de suspensão em dois braços desiguais. O braço menor estava provido de uma série de ganchos, uns destinados ao prato da balança e outros à suspensão da mercadoria. O braço maior, habitualmente de seção circular ou prismática, estava dividido por traços numerados ou graduados com pequenas incisões que, em função do tamanho da balança, fazem referência a libras, onças ou meia onça. Neste braço corre um peso cursor ou contrapeso (*aequipondium*), que equilibra a balança e permitiria obter a massa do que se queria pesar. (GONZÁLEZ, 2010).

Embora a utilização da balança romana reduzisse a necessidade de se utilizar vários tipos de padrões de massa, demandava um maior controle na aferição (SILVA, 2004). A balança romana é uma aplicação útil e muito elementar das leis da alavanca, estudadas no século III a.C. por Arquimedes de Siracusa.

---

<sup>12</sup> Por volta de 330, o reino de Axum se desenvolveu em um de planalto, em uma região da atual Etiópia. É de lá a referência de ser o primeiro estado da África tropical a cunhar moedas (UNESCO, 2010, p.290, p.405).

A “balança do signo de Libra” foi utilizada pelos romanos, associando essa imagem com Astréia, a deusa da Justiça. Os cristãos assimilaram a figura da balança também ligada à religiosidade. A Bíblia traz o Arcanjo Miguel com uma balança nas mãos no dia do Juízo Final. Entre suas iconografias, uma de suas funções tem muita similaridade com a Deusa Maat, quando ele procede à pesagem da alma. Como o único santo que tem o poder de abrir as portas do purgatório, São Miguel Arcanjo é aquele que liberta as almas que passaram pelo processo de purificação para serem conduzidas ao Reino dos Céus.

Na Bíblia, tanto no Velho como no Novo Testamento, são citadas inúmeras medidas, de comprimento (*palmo, palmo menor, côvado, vara, cana, passo, estádio, jornada de um dia*); de superfícies (*jeira*); de massa (*siclo, gerah, beca, libra de prata, mina, talento*); de capacidade para secos (*efah, cabe, gômer, alqueire*) e de capacidade para líquidos (*him, bato, coro, ômer*).

É, também, na Bíblia que encontramos as seguintes referências:

A balança fraudulenta é abominada pelo Senhor, mas o peso justo lhe é agradável. (Provérbios - 11:1). Ter dois pesos e duas medidas é objeto de abominação para o Senhor. (Provérbios - 20:10). Ter dois pesos é abominação para o Senhor; uma balança falsa não é coisa boa. (Provérbios -20:23). Não cometeis injustiça no juízo, nem na vara, nem no peso, nem na medida. Balanças justas, pesos justos, *efa* justo, e justo *him* tereis. Eu sou o Senhor vosso Deus, que vos tirei da terra do Egito. (Levíticos - 19:35-36). Não te envergonhes de usar uma balança fiel e de peso certo, de adquirir pouco ou muito. (Eclesiástico - 42:4). E, havendo aberto o terceiro selo, ouvi dizer ao terceiro animal: Vem, e vê. E olhei, e eis um cavalo preto e o que sobre ele estava assentado tinha uma balança na mão. (Apocalipse - 6:5)

Nestes versículos, podemos verificar que, entre a população, ocorria a utilização de medidas que não estavam condizentes com os padrões oficiais; fica evidente que era costumeira a adulteração no comércio e existe um apelo e, ao mesmo tempo, uma imposição de se ter pesos e medidas como determinantes das justiças social e divina.

Para os muçulmanos, as boas ações devem ser superiores às más no Dia do Juízo. No texto sagrado do Islão, o *Alcorão*, na Surata 101 - Al Cári’a, “A Calamidade”, encontramos uma menção à balança:

A calamidade! Que é a calamidade? E o que te fará entender o que é a calamidade? (Acontecerá) no dia em que os homens estiverem como mariposas dispersas e as montanhas como lâ cardada! Porém, quanto àqueles cujas ações pesarem na balança, desfrutará de uma vida prazenteira. Em troca, aquele cujas ações forem leves na balança, terá como lar um (profundo) precipício. E o que é que te fará entender isso? É o fogo ardente! (Alcorão 101:1-11).

Essas evidências conferem à balança outro *status*, ultrapassando o seu papel como um objeto utilitário para a área comercial, tomada como um elemento de julgamento das ações humanas, ela terá um lugar de destaque, quer seja no Antigo Egito, na mitologia grega, no cristianismo ou islamismo. Esses são traços comuns, os classificamos como transculturais.

Antropólogos estabelecem, às vezes, o avanço de uma determinada comunidade, tomando como base a utilização ou não de práticas metrológicas e as formas como essas atividades foram particularizadas. Esse critério se respalda na crença de que o uso de medidas é “uma característica inconfundível dos povos mais evoluídos no sentido sócio-político. (...) A medida implicava, em todo o caso, a aplicação da aritmética mesmo que em nível ele-

mentar” (TUCCI, 1995, p. 233). Estabelecer parâmetros para aplicar, no cotidiano, padrões de medidas com menor ou maior complexidade, revelaria o grau de desenvolvimento de um grupo social.

A utilização e popularização gradativas das balanças indicam como as sociedades vão se modificando, dentro de uma história econômica, social, em relação às exigências comerciais e mesmo políticas, da real necessidade de se estabelecer uma quantificação justa das medidas de massa (ZUIN, 2009).

A história demonstra que a balança foi empregada nos setores comerciais de várias civilizações – egípcia, babilônica, grega, etrusca e romana. Apesar dessa certificação, as balanças não eram objetos tão disseminados como se pode pensar. Pardo (1998) lembra que, as balanças, exceto a romana, eram pouco utilizadas por sua falta de precisão. Ademais, elas tinham um alto preço, inviabilizando sua aquisição de uma forma generalizada; as pessoas não sabiam manejá-las corretamente e não se encontravam balanças em cada esquina, as mesmas eram raras. Estes objetos não eram dignos de confiança, sendo muito mais utilizados e difundidos os padrões de medidas de volumes populares, de fácil manuseio; ainda que não tivessem a precisão necessária, o comprador podia ver e regular o que estava sendo medido. Por esses motivos, comprar, utilizando-se as medidas de capacidade, era algo mais seguro.

Entre os gregos, Sólon (638 a.C. – 558 a.C.), legislador, poeta e jurista, considerado um dos sete sábios do mundo grego antigo, foi o responsável por uma reforma no sistema de pesos e medidas. Por volta de 500 a.C., Atenas tinha o seu próprio sistema mensuração. Em relação aos padrões das medidas de massa, há hipóteses de que tenham origem no Oriente e até alguns de seus nomes foram assimilados. O *Talanton* – balança ou peso – foi uma unidade monetária da Babilônia, com ampla utilização no Mediterrâneo. Na Grécia, o *talanton* era dividido em 60 *mna*; cada *mna* em 100 *drachmas* e cada *drachma* em 6 *oboloi*. Estas eram as mais utilizadas no comércio, segundo as leis áticas<sup>13</sup>.

A menor unidade de massa dos romanos era o *scrupulum* (escrúpulo), que significa pedrinha. Os romanos tinham a *libra* como unidade de peso e, sua divisão, seguia a base duodecimal<sup>14</sup> – a maior unidade era o *As* (0,3 kg) e, a menor, *uncia* (onça), que se dividia em 24 escrúpulos. Existiam também outras medidas intermediárias entre a *libra* e a *uncia*<sup>15</sup>. O termo *libra*, em latim, significa balança, ou objeto para pesar. Assim os romanos, que também inventaram sua própria balança, batizaram sua unidade de massa como “libra” associando diretamente ao equipamento utilizado por eles.

Gonzalez (2010) informa que

Os instrumentos de medidas utilizados pelos romanos são bem conhecidos ao longo da história. Sobretudo desde que Augusto, para facilitar as relações comerciais, tomou a decisão de impor em todo o império o sistema romano de pesos, medidas e moedas.

---

13 Na Odisséia e na Ilíada, obras de Homero, há passagens que se referem a *talentos* de ouro.

14 Existe uma suposição de que o sistema duodecimal, utilizado pelos mesopotâmios, tenha vindo do costume de fazer contagem utilizando as falanges dos dedos da mão ou pela ligação desse povo com os céus; haveria uma associação do sistema duodecimal aos doze ciclos lunares no ano. Utilizar a base 12 para o sistema de medidas seria mais conveniente do que utilizar a base 10 porque 12 é divisível por 2, 3, 4 e 6, possibilitando mais subdivisões que a base decimal.

15 González (2010) indica que, no sistema ponderal romano, os estalões de peso básico eram: a *libra* e seus divisores, *uncia*, 1/12 de libra, *semiuncia*, 1/24, *sicilicus*, 1/48, *scrupulum*, 1/228, ou o mesmo que 1/24 de *uncia*.

A presença destes instrumentos não é rara no panorama arqueológico, mas é difícil encontrar algum exemplar completo e sua fragmentação e descontextualização dificulta enormemente seu estudo.

Como vimos, a balança romana, *statera* ou *trutina*, também era denominada “campana”. A medida de massa dos itálos aparecia na *Lei das Doze Tábuas*, datada de 450 a.C.<sup>16</sup>.

No Antigo Testamento, um *talento*, equivalia a aproximadamente 34 kg e, no Novo Testamento, a 6000 *dracmas*, ou 21,6 kg de prata. O talento ático (grego), cerca de 26 kg, seria o peso aproximado do volume de água necessário para encher uma ânfora. Houve alguma concordância entre a medida de massa grega e romana, pois, foi tomada 3 *minas* áticas equivalentes a quatro *libras* romanas.

Na maior ilha grega do mar Egeu, Creta, com indícios entre os séculos XXX-XV a.C., estão os primeiros resquícios do que seria a civilização minóica. Na Era do Bronze de Creta, por volta de 2700 a.C., a civilização minóica teria desenvolvido um sistema de pesos e medidas utilizando objetos de metal.

Segundo Vilaça (2011), pequenos pesos de bronze, datados do século XI-IX a.C., foram encontrados, no centro de Portugal, na Beira Interior. Além desses, diversos registros confirmam que havia um sistema de pesos e medidas, nas terras portuguesas da península, elaborados pelas povoações primitivas. A autora conclui que, no período entre séculos XI-IX a.C., haveria um “padrão internacional” – o *siclo sírio*, equivalente a 9,3/9,4 g – que seria utilizado no Ocidente peninsular, na qual a unidade em estudo “foi identificada, com múltiplos e divisores. Mas outros padrões de referência poderão ter co-existido.” (p. 164).

As descobertas arqueológicas nos trazem dados novos a cada investigação e algumas descobertas, presentes e futuras, podem nos revelar elementos originais que vão confirmar ou refutar dados já estabelecidos em pesquisas anteriores.

Sobre os pesos e medidas na China, temos poucas informações, embora sua cultura seja milenar e haja evidências de um sistema de medidas no terceiro milênio antes de Cristo. Os primeiros padrões também se baseavam em partes do corpo humano. Existia o *chi*, a unidade básica de medida linear, fundamentada no comprimento do pé, com variações de 16 a 24 centímetros, sendo, posteriormente, materializado em uma régua de bronze. Foi na dinastia Han (206 a.C.-220 a.C) que as balanças foram criadas e determinações oficiais para os pesos começaram a circular (CREASE, 2013).

A grande profusão de medidas na Europa é avaliada por Tomás Antonio de Marrien y Arróspide, em seu *Tratado general de monedas, pesas y câmbios de todas las naciones*:

A diversidade que reina nas medidas, pesos e moedas são inerentes a cada Domínio; se originou da confusão que reinava nos governos e nas revoluções que vitimaram nos tempos de barbárie, que precederam ao século XVI. Quando os Romanos dominaram a Europa, não se conheciam, em quase toda ela, outras medidas, pesos e moedas que aqueles que os próprios romanos haviam introduzido. Com a vinda dos Bárbaros, que se apoderaram das Províncias Ocidentais do vasto Império Romano, se alteraram

16 A Lei das Doze Tábuas (*Lex Duodecim Tabularum*) tratava-se de uma antiga legislação, a qual está na origem do direito romano. A referência à libra é encontrada na Tábua III, “Normas contra os inadimplentes”.

aquelas, de maneira que foram perdendo até os nomes que tinham anteriormente (MARRIEN; ARRÓSPIDE, 1739, p. III-VI, tradução nossa).

Os romanos difundiram, pelos seus domínios, não só seus pesos e medidas, bem como suas balanças, ainda que elas não fossem utilizadas por todos. Porém, uma padronização estava longe de acontecer, a mescla de padrões romanos com os utilizados pelas populações era algo que ocorria frequentemente. Em diversas situações, havia a adoção de algumas medidas romanas ou mesmo a manutenção das medidas locais, que vão alterar apenas as suas designações, rebatizando seus próprios padrões com os nomes das medidas romanas. Estes fatos poderiam induzir a uma interpretação errônea de que havia certa homogeneidade dos pesos e medidas nos territórios de domínio romano. Conquanto, não se pode negar a influência romana em relação ao seu sistema de medidas, ainda que ele não fosse tomado integralmente. Na Idade Média, constata-se que unidades de massa na Europa eram derivadas da libra, como a *libra inglesa* e, em Portugal, a *libra ibérica*, também denominada *arrátel*.

Em toda a Europa medieval, até o século XIX, eram habituais as medidas distintas para os gêneros “secos” e para os “líquidos” em diversos locais, que se valiam de recipientes próprios estabelecidos por normas legislativas. Em algumas comunidades, as medidas regionais ou específicas de uma fazenda eram utilizadas sem muitas fiscalizações, mesmo que houvesse multas e prisões para aqueles que infringissem as leis. Nos feudos, era frequente a utilização de padrões e medidas próprios. O costume de se ter diferentes protótipos para os volumes persistiu ao longo dos séculos. Em vários países, como em Portugal, havia padrões de medidas distintos para secos e líquidos, sendo estes não padronizados e com diferenças, mesmo em regiões vizinhas (ZUIN, 2007).

Em terras lusitanas, do ano de 1575, encontramos a *Reforma de Dom Sebastião* com a publicação da *Carta da Lei de Almerim*, a qual

[...] reconhecia que a diferença existente entre medidas que havia no reino era prejudicial ao comércio e à agricultura, mandando, em primeiro lugar, que em todo o reino passasse a medir de rasour<sup>17</sup> e que todas as medidas passassem a ser iguais entre si. E em segundo lugar mandava que as Câmaras adoptassem os novos padrões das medidas de secos, aqui expostas, que eram o alqueire o meio alqueire, a quarta, a oitava e a meia oitava, usados na cidade de Lisboa, e ali fabricados<sup>18</sup>.

Anteriormente, de acordo com as *Ordenações Manuelinas*, os padrões de medida para o vinho eram distintos daqueles utilizados para o azeite. Com a Reforma de D. Sebastião, para a qual colaborou Pedro Nunes, estabeleceu-se um único padrão para os produtos líquidos – *almude* – e um único padrão para os produtos secos – *alqueire*. Essa foi uma determinação que visava simplificar as medidas. A utilização do *cogulo* ficou proibida. Os padrões que se mandaram adotar eram os mesmos utilizados em Lisboa (TRIGOZO, 1815).

Da multiplicidade de padrões, surge a premência por uma standardização, impondo que existissem aferidores para conferir os estalões. Muitas vezes, a legislação dos países

---

<sup>17</sup> Para se entender o termo “medir de rasoura”, é necessário saber que rasoura era um cilindro de madeira com qual se tirava o cogulo às medidas. Cogulo é a porção que ultrapassa as bordas da medida de volume para os gêneros secos.

<sup>18</sup> Das Medidas no Reinado do Senhor D. Sebastião. In: Anuário de Pesos e Medidas, n. 1, 1940, p. 25-30.

previa multa e prisão para aqueles cujos padrões não estivessem dentro das especificações e mesmo o fabricante dos padrões também poderia ser aprisionado.

Empenhando-se por uma uniformização mais efetiva das medidas em terras lusitanas, o Alvará de D. Afonso V prescrevia, a partir de 7 de agosto de 1460, que a *Confraria de Santo Eloy*<sup>19</sup> dos ourives de prata fosse responsável pela aferição dos pesos e balanças “da cidade de Lisboa e seu termo”. A Confraria cumpriu esse papel por quase quatrocentos anos.

Era mais comum do que se imagina, haver pessoas que não confiavam nas balanças e as que nunca tinham visto este artefato na sua frente. Kula (1998), baseado em Sochaniewicz, afirma que, em pleno século XVI, nas aldeias de Podólia, na Ucrânia, a balança era um objeto praticamente desconhecido.

Mesmo no século XIX, na Polônia, em Varsóvia, o chefe da polícia se declara contra as balanças porque podiam ser adulteradas e não eram reconhecidas pelos camponeses e pela maior parte da população. O costume de pesar os cereais, no país, foi se generalizando, lenta e gradualmente, não sob o controle policial, mas instituído pelos comerciantes (KULA, 1998).

Em muitas cidades e povoados, as medidas de capacidade, frutos da tradição e dos costumes, vão prevalecer no comércio, não permitindo e mesmo abominando as balanças.

Na Idade Média, ainda que se propusessem padronizações dos pesos e medidas, constata-se que, ao final do século XIII, havia centenas de pesos distintos, muitas vezes, baseados em uma quantidade fixa de determinado tipo de grãos, porque o grão era confiável, tinha pouca variação. Na Inglaterra, a *libra* era uma das heranças do império romano, equivalente a 12 *onças* ou a 437 grãos de cevada. No reinado de João-sem-terra, da Inglaterra, leis contidas na Carta Magna – *Magna Charta Libertatum* – do ano de 1215, determinavam:

Haverá padrões de medida para o vinho, a cerveja e os cereais, a saber, “a *arroba* do Londres”, em todo o Reino; e haverá também um padrão para a largura dos tecidos tingidos, *russets* e para as cotas de malha<sup>20</sup>, *haberjects*, a saber: dois *ells* entre as bordas; e com os pesos será igualmente como as medidas.

Mesmo com as instituições de leis, fiscalização, multa e detenção para os infratores, esta e outras iniciativas de uniformização do sistema de medidas em outras regiões não tinham muito sucesso. As medidas não oficiais, utilizadas pelas populações e em grupos isolados, amalgamadas à tradição subordinada aos padrões consuetudinários, sempre foram mais fortes. Com as grandes navegações, ocorre uma ampliação do comércio entre as nações, que vai se instituindo, aqui e acolá, e será a mola propulsora para que se tomem decisões para negociar os diversos produtos, forçando a promoção de uma padronização.

Marrien e Arróspide (1739) informam que o peso da cidade de Colônia – *marco de Colônia* – permaneceu inalterado por mais de cinco séculos, desde que foi levado à Espanha. Quase todas as cidades alemãs e suíças, especialmente Frankfurt, Wirtemberg e Manheim,

19 A Confraria de Santo Eloy esteve diante das aferições até o ano de 1852, quando Portugal oficializou o sistema métrico decimal (Anuário de Pesos e Medidas, n. 3, Repartição de Pesos e Medidas, 1942).

20 Vemos, na Carta Magna, uma preocupação com a cota de malha – esta denominação é uma adaptação do francês, *cotte de maille*, que significa túnica de argolas. A cota de malha era uma espécie de blusa ou túnica larga para proteger o corpo, formada por pequenas argolas de metal entrelaçados, que podiam ser de ferro, bronze ou mesmo de aço ou ouro; cada argola se unia a várias outras.

preservaram o *marco*. Em outras cidades, a alteração foi mínima, não passando de três a quatro grãos por *marco*. Principalmente, para as medidas de ouro e prata, equivalente a 8 onças ou meia libra, o *marco de Colônia* se estabeleceu como um padrão de massa. Tornou-se comum em alguns países, durante a Idade Média, na Europa Ocidental, ainda que houvesse diferenças entre os padrões<sup>21</sup>.

Havia grande interesse em pesar metais porque as moedas eram confeccionadas se empregando cobre, ferro, estanho, bronze e chumbo, em um primeiro momento, depois, também, ouro e prata. Na Europa, tornou-se comum pesar ouro, prata e outros gêneros se servindo da libra de 12 onças. No entanto,

[...] depois que o marco se destinou a pesar os metais, se formou a libra de 2 marcos ou 16 onças para pesar as demais coisas; e esta prática foi quase geral na Europa. Não obstante, em algumas partes se conservou o antigo costume de pesar os metais pela libra de 13 onças, singularmente na Cataluña, Aragón, Valencia; como também na Inglaterra e Itália; e em outras partes foram introduzidas libras de 18, 20, 24 e um maior número de onças. Em muitos comércios se dá aos pesos os nomes das coisas, para o que estão única ou principalmente destinadas, como peso de comércio, peso de ouro, de prata, de ferro, de minas, de arsênico, de boticários, de açougue, peso de vila, de campo, etc. Esta diversidade de nomes e as desproporções que reinam entre os pesos de um mesmo país, causa bastante confusão no Comércio e obriga aos comerciantes a fazer um estudo particular dos mesmos. (MARRIEN; ARRÓSPIDE, 1739, p. LI, tradução nossa).

Para as demais medidas de comprimento e volume, a variação e a confusão eram muito maiores do que para as medidas de massa.

A balança vai se impondo como um objeto imprescindível na área comercial, principalmente a partir da Revolução Industrial, demarcando a sua importância em várias partes do mundo. A exportação de produtos era dificultada, havia entraves para o intercâmbio comercial pela grande diversidade de unidades. Medir com unidades distintas se converte em um grande problema; um dos mais graves era tornar incompatíveis tecnologias similares ou complementares, permitindo que uma delas alcançasse a primazia (PARDO, 1998, p. 45). Tanto para os ourives, como na preparação de medicamentos, a balança, que já era muito utilizada, converte-se em um item obrigatório e sem o qual não se podia trabalhar. Na Química, sobretudo, as balanças se tornam vitais para as pesquisas, em várias áreas, a partir do século XIX. Podemos dizer que o comércio entre as nações será o elemento mais forte a demandar a necessidade de uma padronização.

Por variadas instâncias, historicamente, as balanças se tornaram um símbolo de honestidade e poder. Ficou, assim, particularizado, outro arquétipo para a balança, vinculado ao peso ético e moral no seio da sociedade.

## MUITOS SÉCULOS PARA SEREM CRIADAS OUTRAS BALANÇAS

Durante muito tempo, a balança egípcia e a balança romana foram as únicas que se mantiveram em circulação. Há que se fazer jus a Arquimedes de Siracusa (282-212 a. C.) – o primeiro a explicar cientificamente os princípios das alavancas e das polias. Foi preciso esperar pelo século XVII, quando Sir Isaac Newton percebeu as variações sofridas em relação

---

21 O *Marco de Colônia*, de 233,856 g, era diferente do *Marco de Viena*, este equivalente a 280,66 g. Mais próximos do *Marco de Colônia*, estava o *Marco de Valência*, com 234 g, e o *Marco de Castilha*, com 230g. Já, o *Marco Português*, diferia ligeiramente, tendo 229,50 g.

ao peso de um objeto, quando a medida era realizada em lugares distintos. Com sua lei da gravitação universal, foi possível atestar essas alterações e evidenciar a distinção entre *peso* e *massa*. Enquanto a massa é invariável, o peso se modifica de acordo com o local. A massa será definida como a magnitude com a qual se mede a inércia dos sistemas materiais. O peso, como a magnitude que fornece a força com que a Terra, ou qualquer outro corpo celeste, atrai os sistemas materiais. Não obstante, a medida da massa vai ser estabelecida apenas no final do século XVIII, no período da França Revolucionária.

Em sua múltipla genialidade, Leonardo da Vinci (1452-1519), por volta do ano 1500, desenhou uma balança inovadora para a época. A sua diferença e grande inovação era a indicação da massa do objeto em um quadrante semicircular graduado. Deste modo, tudo leva a crer que, no dealbar do século XVI, surgia a primeira balança automática.

Leonardo da Vinci criou o higrômetro, uma balança em equilíbrio que tem, como contrapeso, em um dos pratos, uma substância higroscópica como algodão, que absorve a umidade do ar, e uma bola de cera (impermeável), em outro prato, que não absorve água. O aparelho é utilizado, como escreveu Leonardo da Vinci, “para conhecer a qualidade do ar quando vai chover” já que, nestas condições o algodão se encharca da umidade ambiente e a balança se desequilibra. Usa-se uma haste horizontal graduada para se fazer esta medição (NADAL; MUÑUZURI, 2006, p. 17).

Kemp (2001) discorre sobre as contribuições de Leonardo da Vinci (1452-1519); para este autor,

A “ciência dos pesos” medieval (mais ou menos equivalente a que, agora, chamamos estática) estava dominada por considerações proporcionais em um grau ao menos tão grande como a dinâmica medieval, com a vantagem de que a proporcionalidade estática podia se entender de modo mais simples em termos visuais. Em suas investigações sobre balanças, alavancas, polias, pivôs<sup>22</sup> e planos inclinados, Leonardo se voltou novamente a fórmulas proporcionais da ciência clássica e medieval. Em não poucos destes casos, as fórmulas eram de uma exatidão absoluta, ao menos nos termos teóricos de um universo sem atrito e sem complicações derivadas da materialidade da montagem. A lei básica das balanças deduzida por Euclides e Arquimedes havia sido confirmada em muitas ocasiões, por exemplo, por Jordanus<sup>23</sup> no século XIII: “Se os braços de uma balança são proporcionais aos pesos suspensos de tal modo que o peso maior se suspenda do braço mais curto, os pesos terão uma gravidade posicional igual”. Esta lei foi fielmente reformulada por Leonardo e constituiu a base de numerosas variações sobre o equilíbrio simples e composto, utilizando a fórmula segundo a qual  $W_1 \times L_1 = W_2 \times L_2$ . Suas fontes incluíam *De ponderibus* de Pelacani e, quase com toda certeza, um tratado de Jordanus com o mesmo título. As polias se regiam por uma regra proporcional similar: “seja qual seja a proporção entre o número de cordas colocadas nas polias, que levantam o peso e as que sustentam o peso, é a mesma que se dá entre o peso que se move e o peso que é movido” (KEMP, 2011, p. 137).

<sup>22</sup> Pivôs, em mecânica, são pinos esféricos de suporte de suspensão e de outros componentes.

<sup>23</sup> Jordanus Nemorarius, ou Jordanus de Nemore ou, ainda, Giordano of Nemi, foi um matemático do final do século XII. Pouco se sabe da sua vida, todavia, Jordano de Nemore, ao que parece, seria de origem italiana. Sua obra *Elementa super demonstrationem ponderum* ou mais conhecida como *De ponderibus*, consiste em tratado sobre estática com sete axiomas e nove proposições, acredita-se que seja uma introdução a um fragmento sobre a balança romana que é atribuído a Charistion (século II a. C.). Sua principal obra é *Liber De Numeris Datis*, em 4 tomos, um manual universitário que trata da Álgebra, equações lineares equações do primeiro e segundo grau, publicado no ano de 1879.

Encontramos grande importância atribuída à balança, e menção a três tipos, na famosa obra clássica da Renascença, *De Re Metallica* (1556), do alemão, considerado “pai da mineralogia moderna”, Georg Pauer (1494-1555) – latinizado por Georgius Agrícola.

Entre os joalheiros da Europa, pesar metais preciosos na água era uma prática frequente e Galileo Galilei (1564-1642) tinha algumas idéias para aprimorar esta prática. Aos 22 anos, Galileo escreveu um breve tratado intitulado “*La Bilancetta*” – A pequena balança. Neste livro, descreveu o famoso experimento hidrostático realizado para determinar a quantidade de ouro e prata empregada na confecção da coroa de ouro do rei Herón, de Siracusa – experimento que Arquimedes teria realizado. Galileo também propõe um método muito melhor para determinar as proporções dos distintos metais, empregando uma balança hidrostática, *la bilancetta* (ARRIBAS, 2011, p. 24).

Séculos antes de Galileo Galilei, a balança hidrostática já era utilizada. Merece destaque um intelectual persa, o muçulmano Abú Rayhán Muhammad Ibn Ahmad Al-Biruni (973-1048), que atuou nas áreas de astronomia, antropologia, geodésia, geologia, química e física. Nasceu em Khwarazm, que hoje pertence à República do Uzbequistão. Entre as suas 146 publicações científicas, interessa-nos mais de perto o livro “*Gemas*”, no qual deixou registrada a propriedade de uma centena de minerais conhecidos e rochas associadas. Também incluiu a determinação da densidade, com dados referentes a 18 minerais, com a utilização de uma balança hidrostática; uma precisão que só foi alcançada na Europa oito séculos mais tarde (SUREDA, 2008).

Depois de Leonardo da Vinci e Galileo, na Europa, é necessário mencionar o trabalho do matemático e físico francês Gilles Personne de Roberval<sup>24</sup>, que desenvolveu, em 1669, uma de balança diferente das utilizadas até então, e a apresentou na Academia Francesa de Ciências. Essa balança é composta de dois pratos sustentados por uma haste. A medida da massa é realizada por comparação, colocando-se em um dos pratos um objeto de massa conhecida e, no outro, o objeto ou produto a ser avaliado; caso ocorra equilíbrio, as massas serão equivalentes. Para a época, foi uma inovação, porém, se comparadas às atuais balanças eletrônicas, sua sensibilidade e precisão são menores. A despeito disso, o equipamento ainda é utilizado, nos dias de hoje, na culinária e algumas farmácias de manipulação.

Um novo modelo de balança só seria desenvolvido por volta de 1680, como um instrumento inovador naquela época. De acordo com Silva (2004, p. 71), esta balança “tinha por base a elasticidade dos metais e dispensava, por isso, o uso de padrões de massa materializados”, sendo que o peso era indicado “pela deformação de uma mola ou pela flexão de uma barra de metal calibrada”. Pelos fins do século XVIII e, a partir daí, no que diz respeito às balanças, “as únicas inovações que ocorreram foram nos detalhes construtivos e melhoramentos da qualidade”.

A expansão da metalurgia, a partir de meados do Setecentos, criou uma demanda por balanças mais sensíveis a pequenas variações de massa. Os sistemas de massa foram regulamentados e surgiram diversos trabalhos de química quantitativa, baseados no emprego da balança, a partir de 1760.

---

<sup>24</sup>Gilles Personne de Roberval (Roberval, França, 9/9/1602 – Paris, 27/10/1675).

A melhoria da sensibilidade da balança teve capítulo especial no desenvolvimento da análise quantitativa orgânica. A partir do método da combustão controlada, desenvolvido por Justus von Liebig (1803-1873), que requeria uma quantidade de 0,5 a 1,0 g de material para análise, às vezes impraticável quando do isolamento de um produto natural. Fritz Pregl (1869-1930) introduziu um processo de microanálise em 1911, melhorando os instrumentos e acessórios envolvidos, especialmente a sensibilidade da balança. Com isso a massa necessária passou para a faixa 3-4 mg, sendo ele premiado com o Nobel de Química em 1923 (AFONSO; SILVA, 2004, p. 1024).

**A importância que se atribuía ao “peso dos corpos” e às balanças no Oitocentos, vai estar registrada por Leonard Euler, em uma de suas cartas para a princesa da Alemanha, datada de 25 de agosto de 1760, quando escreve:**

Temos um meio muito seguro de comparar os pesos dos corpos e de medi-los exatamente com ajuda de uma balança. Esta tem a seguinte propriedade: se dois corpos são colocado em dois pratos e tem o mesmo peso, a balança se encontra em equilíbrio. Para conseguir esta comparação, se estabelece uma medida fixa que tenha um determinado peso, por exemplo, uma libra; e com uma boa balança se podem pesar todos os corpos e determinar, para cada um, o número de libras que contenha o seu peso. Se um corpo é muito grande para ser colocado no prato da balança, pode ser partido e, depois de pesar cada uma de suas partes, não há mais que somar os [respectivos] pesos. Desta maneira, se poderia falar do peso de uma casa inteira por maior que fosse. Vossa Alteza haverá observado que um pequeno pedaço de ouro pesa tanto como um pedaço muito maior de madeira. De onde se deriva que os pesos dos corpos não se regem sempre por suas dimensões; um corpo muito pequeno pode ter um peso muito grande, enquanto outro, muito grande, pesar muito pouco. (EULER, 1990, p. 173-174).

**Vem da Grã-Bretanha, a balança de mola desenvolvida por Richard e William Salter, patenteada em 1838, a qual se fundamenta na Lei de Hooke<sup>25</sup>. Outro tipo, que podia ser encontrado, a balança de um prato:**

[...] também conhecidas como *balanças de um prato e dois cutelos* ou *eletromecânicas*, tornaram-se conhecidas somente a partir de 1946, quando Erhart Mettler (1917-2000) introduziu o primeiro modelo comercial prático no mercado científico, que se expandia rapidamente após o fim da 2ª Guerra Mundial. Estas balanças eram de custo muito mais alto que as de dois pratos, mas as conveniências por elas apresentadas tornaram-nas cada vez mais populares; as balanças de prato único começaram a substituir rapidamente os modelos de dois pratos a partir dos anos 1960. (AFONSO & SILVA, 2004, p. 1026).

**Em relação aos materiais empregados para a confecção das balanças, houve grande variação até o Oitocentos,**

[...] podendo ser bronze, ouro, prata e mesmo a madeira. Ao longo do século XIX, o latão foi largamente utilizado como matéria-prima, vindo a seguir o cobre, especialmente para pesagens de moedas, metais preciosos e diamantes. Os pesos já eram feitos de metal (latão especialmente) desde os tempos de Georgius Agricola [1494-1555], mas na Antiguidade encontraram-se pesos feitos de outros materiais, como granito, sienito, basalto, gipso e hematita. É evidente que os pesos tinham de ser feitos com materiais estáveis ao ar para que a exatidão dos mesmos não ficasse comprometida com o tempo. Por volta de 1850, a balança já era comercializada por várias firmas, face à expansão da química experimental. A produção, antes artesanal, feita por exímios ar-

<sup>25</sup> A Lei de Hooke relacionada à elasticidade de corpos, que serve para calcular a deformação causada pela força exercida sobre um corpo, tal que a força é igual ao deslocamento da massa a partir do seu ponto de equilíbrio multiplicada pela característica constante do corpo que é deformada. A força,  $F$ , produzida pela mola, é diretamente proporcional ao seu deslocamento do estado inicial (equilíbrio):  $F = K \Delta l$

tesões sob encomenda, não comportava mais a demanda pelo instrumento (AFONSO; SILVA, 2004, 1024).

Também é digno de nota o químico alemão, nascido em Frankfurt, Carl Remigius Fresenius (1818-1897), pela criação de um laboratório para o ensino de Química, sendo o responsável por desenvolver um sistema de análise de cátions, que é utilizado até hoje. Fresenius publicou, no ano de 1885, sua obra *Química Analítica Quantitativa*, na qual destinava um capítulo especial à balança.

A partir de então, passou a ser cada vez mais freqüente, até tornar-se prática corrente, ensinar as técnicas de uso da balança em livros de Química Analítica, sendo geralmente o capítulo inicial desses livros. Na virada para o século XX, toda a teoria da balança analítica já estava plenamente desenvolvida (construção, técnicas de pesagem, etc.)(AFONSO; SILVA, 2004, p. 1024).

Provavelmente, como um pioneiro na abordagem das balanças em um livro de Química, Fresenius deixou sua grande contribuição neste particular.

**Figura 3.** Balanças antigas Casa da Balança – Évora, Portugal



**Foto:** Acervo pessoal da autora

Avançamos vários séculos; contudo, antes de prosseguirmos com nossa história, é imperioso enveredar por outras histórias; retroceder no espaço-tempo e percorrer as trilhas da gestação e nascimento do sistema que buscou um padrão invariável, tomado da natureza, e primou pela facilidade nos cálculos com as unidades e pela sua universalização.

## AS MEDIDAS MÉTRICAS, UM PADRÃO DECIMAL TAMBÉM PARA AS BALANÇAS

Um período de revoluções, em níveis distintos, a Revolução Industrial e a Revolução Francesa. Porém, ambas estavam ligadas por um elemento comum: a medição. Fazer uso de padrões de pesos e medidas universais vai se tornando algo fundamental para as indústrias.

Liberdade, igualdade e fraternidade, lema da Revolução Francesa; os revolucionários também objetivavam unificar o sistema de pesos e medidas no país, com intuito de que este também fosse adotado mundialmente. O antifeudalismo ia ao encontro dos novos padrões, pois estes seriam as estampas da abolição do regime monárquico e da igualdade para todos.

Lynn Hunt considera que a revolução na França ultrapassou o rompimento com a monarquia e a modernização do Estado; as ações, naquele contexto, conduziram a uma estreita relação entre o pensamento social e a política.

A cultura política revolucionária não pode ser deduzida das estruturas sociais, dos conflitos sociais ou da identidade social dos revolucionários. As práticas políticas não foram simplesmente a expressão de interesses econômicos e sociais “subjacentes”. Por meio de sua linguagem, imagens e atividades políticas diárias, os revolucionários trabalharam para reconstituir a sociedade e as relações sociais. Procuraram conscientemente romper com o passado francês e estabelecer a base para uma nova comunidade nacional (HUNT, 2007, p. 33).

No dizer de Hunt, instituiu-se uma “política drasticamente nova”. Novos homens e nova cultura política, surgindo conjuntamente. Fazemos uma complementação: um dos grandes legados, desse período, será o novo e revolucionário sistema de pesos e medidas, fundamentado cientificamente.

Em 1790, a *Assembléia Nacional Francesa*, nomeou um grupo de cientistas da *Academia de Ciências de Paris*, para desenvolver um novo sistema de pesos e medidas. O matemático, astrônomo e cartógrafo, Jean-Charles de Borda (1733-1799) ficou como presidente dos demais cientistas: o Marquês de Condorcet – Jean-Antoine-Nicolas de Caritat (1743-1794); Charles Augustin de Coulomb (1736-1806); Joseph-Louis Lagrange (1736-1813); Mathieu Tillet (1714-1791) e, atuando como secretário, Antoine Laurent de Lavoisier (1743 -1794). Os trabalhos do grupo iniciaram.

Em um relatório, apresentado em 27 de outubro de 1790, foi sugerida a relação decimal entre todas as unidades, tendo como base do sistema o comprimento do pêndulo que oscila à latitude de 45°<sup>26</sup>. Este não foi aceito pela Assembléia Nacional, apesar de ser um experimento fácil e com poucos custos, entretanto, sabia-se que a longitude do pêndulo não era constante em todos os lugares do planeta. Foi, então, convocada uma segunda comissão constituída em 1791, sendo integrados Pierre Simon de Laplace e Gaspard Monge, aos membros do grupo anterior. A proposta de se determinar o novo padrão, baseando-se na medida de um arco do Equador foi preterida pelo fato de apresentar muitas dificuldades.

Em outro relatório, apresentado em março de 1791, foi proposto que:

- as unidades de comprimento existentes, côvado, braça, pé, milha, plegada, entre outras, fossem substituídas pelo metro – definido como uma fração da medida do quarto do meridiano terrestre (que liga Dunkerque, na França, à Barcelona, na Espanha), ou seja, a décima milionésima parte do quarto do meridiano terrestre<sup>27</sup>;  
- as unidades de massa, fossem substituídas pelo grama – definido como a massa de um dm<sup>3</sup> de água a 4°C de temperatura. (ZUIN, 2007, p. 71-72).

Essa seria uma grande empreitada. Outro desafio: todas as medidas deveriam estar interligadas e a relação entre os múltiplos e submúltiplos da unidade de base deveria ser decimal<sup>28</sup>:

26 A proposta da base do sistema ser o comprimento do pêndulo que oscila à latitude de 45° se baseava nas idéias do holandês Christian Huyghens em 1682 (BKOUCHE *et al.*, 1982).

27 Em 1740, a Academia Francesa já havia realizado um trabalho de medida do arco do meridiano situado entre Dunkerque e os Pirineus. No entanto, para estabelecer o padrão de medida de comprimento definitivo, decidiu-se refazer as medidas tomando um arco maior entre Dunkerque e Barcelona (BKOUCHE *et al.*, 1982).

28 É preciso esclarecer que, um sistema de medidas decimal já havia sido proposto no século XVII, na própria França. O abade Gabriel Mouton (1618-1694), matemático, astrônomo e vigário da igreja de Saint-Paul, publicou, em Lyon, no ano de 1670, “*Observações sobre o diâmetro do sol e da lua seguidas por breve dissertação sobre a idéia de novas medidas geométricas*”. Nesta obra, apresentava um sistema de medidas no qual

Os responsáveis por fazer a medida equivalente a  $9,5^\circ$  do meridiano, que passava por Paris, foram Jean Baptist Joseph Delambre (1749-1822) e Pierre François André Méchain (1744-1804). Os trabalhos de medição seriam demorados. A França não podia esperar, não havia tempo a perder, e a Assembléia Nacional autorizou a construção, apenas para uso provisório, de um padrão de comprimento, sendo uma barra de platina pura representando o metro e um padrão de massa, denominado *grave*, na forma de um cilindro reto de cobre<sup>29</sup>. Para a confecção desses primeiros protótipos, foram tomadas as medidas disponíveis efetuadas sobre o meridiano de Paris, por Louis de La Caille, em 1740.

Ao francês Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), considerado o Pai da Química Moderna, ficou a incumbência de pensar a medida de massa;  $1\text{dm}^3$  de água seria equivalente a um quilograma, mas isso não era tão fácil de ser realizado. Dependendo da pureza e da temperatura da água, a massa sofre variações. Em uma época em que eram inúmeros os pesos e medidas, completamente diferentes em cada região, conviviam lado a lado, até dentro do mesmo país, os cientistas não se preocupavam com esses detalhes.

Lavoisier deixou explícitas as suas opiniões em um dos seus livros. É no seu *Traité élémentaire de Chimie* que o encontramos fazendo considerações sobre a utilização de unidades de massa diferentes, nas experiências que eram realizadas, defendendo que a utilização de frações decimais da unidade empregada resolveria os problemas e se atingiria uma linguagem universal nesse pormenor. Lavoisier prega algo que ia ao encontro do sistema decimal pensado para as unidades de pesos e medidas francesas. Uma forma, direta ou indireta, de defender a utilização e universalização do sistema métrico decimal?

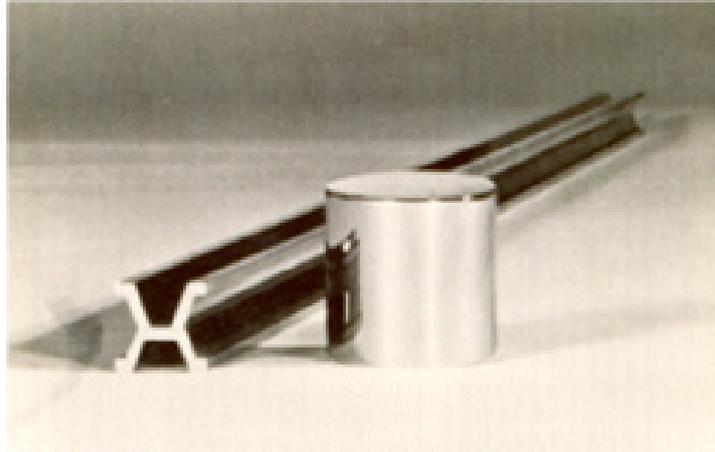
A princípio, a proposta era de se tomar a água no seu ponto mais estável, a  $0^\circ\text{C}$ , porém o quilograma dependia da definição de 1 grama. Isto ocorreu após vários anos de pesquisas do químico francês Louis Lefèvre-Gineau e do naturalista italiano Giovanni Fabbroni. Em 1799, chegaram à conclusão que, para a definição de um grama, deveria tomar-se  $1\text{dm}^3$  de água na sua densidade máxima, ou seja, a  $4^\circ\text{C}$ . O primeiro quilograma, a ser fabricado, era de platina, mas esse material se mostrou inadequado.

As medições do meridiano de Dunkerque a Montjuich, por Delambre e Méchain, foram concluídas apenas em 1798. Os padrões do metro e do quilograma foram fabricados em 1799, sendo legalizados nesse mesmo ano. Henri Édouard Tresca, engenheiro francês e professor do Conservatoire National des Arts et Métiers, em Paris, elaborou o desenho do metro como uma seção em forma de X, para obter o máximo de rigidez com o mínimo de material. Em 1882, o governo francês entrou em acordo com empresa inglesa Johnson-Matthey & Co, que produziu trinta protótipos do metro e quarenta do quilograma-padrão com 90% de platina e 10% de irídio (Figura 4), esta liga se mostrava mais adequada e julgava-se que não sofreria alterações (SMITH, 1973).

---

a unidade básica seria estabelecida baseada em uma fração da circunferência da Terra. O conjunto de medidas lineares proposto estaria vinculado por relações decimais. Foi Simon Stevin (1548-1620), nascido em Bruges, Flandres (hoje, Bélgica), que publicou dois textos tratando dos números decimais, ambos em 1585, primeiramente, um pequeno livreto com 36 páginas, *La Thiende* e, depois, *La Disme*. Seu objetivo era expor uma conta elementar e completa das frações decimais e sua utilização matemática no dia-a-dia. Ele fez uma previsão de que o sistema decimal seria utilizado para os pesos e medidas (AGARWAL; SEN, 2014; REZENDE, 2006).

<sup>29</sup>O padrão de massa, denominado *grave*, foi alterado para quilograma no ano de 1795.

**Figura 4.** Protótipos do metro e do quilograma em platina iridiada

Com novas demandas, primando por mais precisão e, devido aos avanços científicos e tecnológicos, ocorreram redefinições do metro, a definição, em vigor desde 1889, baseada no protótipo internacional em platina iridiada, foi substituída, em 1960, na XI CGPM – Conferência Geral dos Pesos e Medidas. O metro tornou-se equivalente a 165.076.373 vezes o comprimento de onda no vácuo da radiação laranja-vermelho no isótopo 86 do criptônio. O padrão de comprimento deixava de ser um padrão material. Em 1983, o metro foi redefinido como a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo igual a  $1/299.792.458$  de um segundo (XVII CGPM, 1983). Comprimento, luz e tempo, intimamente, relacionados.

Outro tipo de balança, que se tornou muito utilizada, foi a *balança decimal*, ou básculo, destinado a pesar grandes volumes, empregado nos grandes armazéns, nas estações de trem, alfândegas, etc. Colocam-se os pesos num pequeno suporte suspenso por correntes e, o volume que se quer determinar, sobre um suporte maior, denominado *estrado* da balança. Para obter a massa basta empregar a décima parte da massa do corpo no contrapeso. Por exemplo, pesos de 3 kg equilibram 30 kg (CAMPOS, 1913). Ao longo dos anos, outras balanças foram surgindo.

## DESTRONANDO O “LE GRAND K”

Voltamos ao nosso padrão de massa do sistema métrico decimal. Como vimos, um quilograma mais sofisticado foi fundido, o “*Le grand K*” – como é denominado o quilograma-padrão. Foi construído, em 1879, e guardado a sete chaves, em Sèvres, na França, desde o ano de 1889, no BIPM – *Bureau International des Poids et Mesures*. Este objeto tão reverenciado, de platina iridiada, era tido como o quilograma perfeito, o quilograma-padrão, o protótipo internacional.

“*Le grand K*” é guardado sob condições especiais de temperatura e pressão, porém, foi constatado que esta “celebridade das medidas” está diminuindo; perde, aproximadamente, vinte bilionésimos de um grama a cada ano. Isto causou uma inquietação entre os cientistas, num mundo em que a tecnologia avança a passos largos e que a precisão se torna, a cada dia, mais importante. “*Le grand K*” não sofreu modificações na sua definição, como foi o caso do metro. Algumas propostas de se mudar a definição do quilograma foram feitas, já que ele era ainda a única unidade que permanecia como um objeto fixo.

Entre as propostas para redefinição do quilograma estavam:

- a *Constante de Avogadro* – uma relação entre o quilograma e uma massa atômica;
- a *Constante de Planck* – um experimento eletromecânico que relaciona o quilograma a uma constante denominada *Planck h*, importante na física quântica<sup>30</sup>;
- a massa do elétron.

Todos estes experimentos são complexos e demandavam um longo tempo para sua conclusão.

Essa corrida por estabelecer nova definição para a unidade de massa, com os novos avanços tecnológicos, é relevante no mundo científico porque também há outras unidades que dependem do quilograma, como o *ampère* (corrente elétrica), a *candela* (intensidade luminosa) e o *mol* (quantidade de substância).

Atualmente, a *Constante de Avogadro* é definida como sendo o número de átomos de Carbono-12 presentes em 12g de átomos de Carbono-12 puro. O experimento, que teve o objetivo de redefinir a *Constante de Avogadro*, utilizou duas esferas ultra puras de Silício-28 monocristalino, com um quilograma cada uma, para calcular o número de átomos. Porém, o BIPM estabeleceu a redefinição do quilograma tomando como base a constante de Planck, usando uma balança de Watt<sup>31</sup>, que trabalha com levitação magnética.

A balança de Watt se fundamenta em diversos princípios que foram desenvolvidos por cientistas que não estavam preocupados em determinação da massa. A balança de Watt não compara as massas de dois objetos, mas dois tipos de forças, “o peso mecânico de um objeto com a força elétrica de uma bobina condutora de eletricidade colocada num forte campo magnético.” (CREASE, 2013). A balança de Watt define o quilograma associando a força mecânica à potência elétrica. O objetivo do projeto se constituía em verificar qual é a eletricidade necessária para contrabalançar perfeitamente o padrão e redefinir o quilograma se fundamentando na potência elétrica.

O projeto Avogadro, portanto, reestabelece a *Constante de Avogadro* sendo uma medida complementar ao projeto que emprega a balança de Watt.

Entre as propostas mais atuais de alterações do sistema de medidas, a XXIV Reunião da Conferência Geral de Pesos e Medidas, realizada em 2011, adotou a Resolução número 1, que refletia a intenção do Comitê Internacional dos Pesos e Medidas de propor uma revisão do Sistema Internacional de Unidades – SI. O propósito é de que estivessem ligadas as definições do quilograma, ampère, kelvin e mol a valores numéricos exatos da constante de Planck,  $h$ ; à carga elementar,  $e$ ; à constante de Boltzmann,  $k$ , e à constante de Avogadro,  $N_A$ , respectivamente. O intuito era realizar uma revisão na maneira de se definir o SI e de formular a redação das unidades de tempo, longitude, massa corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de substância e intensidade luminosa, de tal modo que as constantes de referência, sobre as que se fundamenta o SI, aparecessem de maneira clara.

---

30 Essa constante foi proposta pelo físico alemão Max Planck (1858-1947), no ano de 1900, equivalente a, aproximadamente,  $6,63 \times 10^{-34}$  joules-segundo.

31 A balança de Watt é assim denominada porque afere a massa de um objeto através da força produzida por uma corrente, medida em ampere e, tensão elétrica, medida em watt.

Na XXV Reunião Conferência Geral de Pesos e Medidas, realizada em Versalhes, entre 17 e 24 de novembro de 2014, adotaram-se cinco resoluções que focalizam assuntos científicos e institucionais, inclusive a redefinição do futuro Sistema Internacional de Unidades. Deliberou-se pela preparação de realizações práticas (*mises-en-pratique*) para as novas definições do quilograma, do ampère, do kelvin e do mol.

Como a balança e o quilograma estão intimamente relacionados, nessa nossa história, deixamos, a seguir, a definição, a qual, na época, estava em aberto, da unidade de massa proposta para o novo Sistema Internacional:

O quilograma, Kg, é a unidade de massa, sua magnitude se estabelece mediante a fixação do valor numérico da constante de Planck, que será exatamente igual a  $6,628.968... \times 10^{-34}$  quando é expressa em  $s^{-1} \cdot m^2 \cdot kg$ , que equivale a expressá-la em Joule por segundo<sup>32</sup>.

Essa definição relaciona a unidade de massa à energia de um fóton, calculada através da *Constante de Planck* com interdependências da medida de massa em relação às definições do segundo e do metro.

Havia uma previsão de que a nova definição do quilograma seria aprovada em 2018, mas tudo dependia dos avanços das pesquisas com a balança de Watt (também denominada balança de Kibble<sup>33</sup> ou balança de potência). Não era certo quanto tempo a antiga definição do quilograma ainda permaneceria, sendo estabelecida como *a unidade de massa igual a massa do protótipo internacional do quilograma* – o cilindro de platina iridiada, que está em Sèvres, desde 1889, sob a guarda do BIPM.

Depois de muitos estudos, em 20 de maio de 2019, exatamente no 144º aniversário da Convenção do Metro de 1875, foi instituída a nova definição do quilograma, através da constante de Planck, a qual pode ser expressa em termos de unidades do metro e do segundo. A constante de Planck foi medida em  $6,626070150 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ , utilizando como padrão o antigo Protótipo Internacional do Quilograma, o "*Le grand K*". Com efeito, houve, igualmente, a redefinição de outras três unidades tendo, por base, constantes universais invariáveis. Seguindo as modificações propostas, para a medida de corrente elétrica, o *ampere*, é calculado em função da carga elementar; a mensuração da temperatura, o *kelvin*, respaldado na constante de Boltzmann<sup>34</sup>; e, para a quantidade de substância, o *mol*, definido baseado na constante de Avogadro.

"*Le Grand K*", afinal, foi aposentado, mas continua sendo uma jóia de platina e irídio que fixou o quilograma por mais de um século.

## BALANÇO FINAL

Práticas científicas e ordenações legislativas suplantam práticas sociais? Mais de dois séculos se passaram da concepção e nascimento do Sistema Métrico Decimal, contudo, sua adoção não é integral. Em todo o mundo, as receitas culinárias, ancoradas na sua milenar

32 As reticências em  $6,628.968... \times 10^{-34}$  se referia a um valor que ainda não havia sido determinado.

33 A *Balança de Kibble* se constitui em um instrumento de medição eletromecânico, assim chamado em homenagem ao físico britânico Bryan P. Kibble (1938-2016). Em 1975, ele propôs que fosse construído um dispositivo (inicialmente conhecido como "Balança de Watt") para realizar a medição da *constante de Planck* de modo preciso, com base no "*Le grand K*".

34 A *Constante de Boltzmann* se constitui em uma unidade relacionada com a agitação térmica das partículas de um corpo.

memória, continuarão a indicar, como medidas padrão, xícaras, copos e colheres. Em alguns povoados e propriedades, ainda é muito comum que antigas medidas tradicionais sejam utilizadas em diversas atividades, sendo exclusivas na comunidade ou convivam com padrões oficiais. As balanças e o quilograma são preteridos e as medidas de capacidade de outrora reinam vitoriosas<sup>35</sup>. Praticidade, costume e tradição, laços ancestrais vivos no século XXI.

Há países arraigados aos seus sistemas antigos, como os Estados Unidos, Libéria e Miammar (Birmânia). O Canadá, pela sua proximidade aos Estados Unidos, também faz uso de outros sistemas utilizados pelos estadunidenses. Em Gana, apesar de todo esforço, o governo não consegue difundir o sistema métrico, em função das medidas tradicionais. No caso da Libéria e Miammar, a utilização das medidas métricas fica quase restrita à área da importação, embora os governos dos dois países tenham a intenção de adotar integralmente o Sistema Internacional de Unidades. Na Colômbia, o sistema métrico é o oficial, entretanto, unidades de medida do século XII permanecem nos títulos de propriedade e outras unidades antigas são mantidas pela população rural. No Reino Unido, apesar de ser oficializado o sistema métrico, este não é adotado integralmente; se mantém a indicação das distâncias nas estradas e a massa de produtos expressas nas antigas medidas imperiais, bem como são utilizadas outras unidades não-métricas de comprimento, volume e superfície.

Agora, quase finalizando, é o momento de retornarmos às balanças, que tiveram sua origem em tempos remotos e foram se modernizando com o avanço da tecnologia. Atualmente, temos as digitais, entre elas, as microbalanças, que utilizam o eletromagnetismo ou as fibras de quartzo; seu princípio de funcionamento tem similaridade ao da balança eletrônica. No Brasil, o primeiro modelo de microbalança, com a capacidade de detectar massas da ordem de  $1 \mu\text{g}$  ( $10^{-6}$  g), foi desenvolvido no Instituto Brasileiro de Pesquisas Físicas.

No Instituto Catalão de Nanotecnologia, na Espanha, Adrian Bachtold e sua equipe conceberam a *yoctobalança*, uma balança muito especial, vibratória, que funciona com uma frequência em torno dos 2 GHz. O dispositivo é um sensor de massa, capaz de medir a massa de um próton. Trata-se de um nanotubo de carbono, com apenas 150 nanômetros de comprimento, que pode detectar alterações da ordem de 1,7 yoctograma – da ordem de  $10^{-24}$  grama. As condições para que sejam feitas as medições são extremamente controladas, é necessária uma temperatura de  $-269 \text{ }^\circ\text{C}$ , num ambiente de ultra-alto vácuo ( $10^{-14}$  bar), com total isolamento de ruídos mecânicos e/ou elétricos.

Mais e mais balanças, projetadas no passado, são mantidas como objetos de decoração ou ocupam as salas dos museus e provocam sentimentos de admiração pela engenhosidade e/ou pela beleza das peças.

---

<sup>35</sup> Em sua pesquisa de mestrado pela PUC Minas, minha orientanda, Nádía Aparecida dos Santos Sant'Ana investigou comunidades que vivem mais isoladas em Minas Gerais e constatou que existe uma comercialização de produtos ainda baseada em antigos padrões de medidas de volume, não sendo utilizados pesos nem balanças. Em Minas Gerais, há o costume de se vender o "litro" da fruta jaboticaba, considerando-se apenas a quantidade de jaboticabas que cabem em uma lata comercial de óleo de cozinha, com capacidade de 900ml. Mesmo nos grandes centros, não é incomum encontrar estabelecimentos nos quais algumas frutas são vendidas por dúzias e, outros legumes e verduras, têm fixado o seu preço por unidade, deixando-se de lado as balanças (ZUIN; SANT'ANA, 2017).

**Figura 5.** Balança Manajós em ferro para pesos até 50 kg

**Foto:** Acervo pessoal da autora

No século XXI, há menos preocupações com a forma estética, voltando-se todos os esforços para as metas de se atingir uma maior precisão. Os avanços tecnológicos propiciam outras formas de mensurar o quê, antes, era impensável e impossível. Novos projetos têm sido desenvolvidos no mundo, outros estão em processo de gestação.

Ficam as indagações:

Qual será a maior e a menor massa que se conseguirá medir?

Qual será o grau de precisão atingido?

Tudo depende das mentes humanas que, a cada dia, ultrapassam limites inimagináveis na Ciência. As respostas? Estão num lugar, talvez não muito distante, chamado futuro, esculpidas por mãos que mantêm sua ancestral memória na *balança de Maat*, sendo amparadas por Khonsu, o deus egípcio do tempo e do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, Júlio Carlos & SILVA, Raquel Medeiros da. A evolução da balança analítica. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1021-1027, 2004.

ALIGHIERI, Dante. **A divina comédia**. Trad. Marques Braga. Lisboa: Sá da Costa, 1958.

ANCIEN GREEK MEASURE. Disponível em: [http://www.anistor.gr/history/Greek\\_Units.pdf](http://www.anistor.gr/history/Greek_Units.pdf). Acesso em: 9 maio 2015.

ALCORÃO Sagrado. Disponível em: <http://www.coran.org.ar/portuges/Indices/indicesuras.htm>. Acesso em: 1 maio 2015.

ANUÁRIO de Pesos e Medidas. Ministério da Economia, Direcção Geral da Indústria. Repartição de Pesos e Medidas, Lisboa, n. 1, 1940, p.25-30.

AGARWAL, Ravi P.; SEN, Syamal K.. **Creators of mathematical and computational Sciences**. New York: Springer, 2014.

ARRIBAS, Manuel Campuzano. **Galileo Galilei, Ciencia contra dogma**. Madrid: Vision Net, 2011.

BAINES, John; MALIK, Jaromir. **Cultural Atlas of ancient Egypt**. London: Andromeda Oxford Limited, 2008.

BKOUICHE, Rudolph *et al.* **Histoire des Mathématiques**. La rigueur et le calcul. Documents historiques et épistémologiques. Paris: CEDIC, 1982.

BURNS, Edward McNall. **História da civilização ocidental**. 2. ed. 5. reimp. Rio de Janeiro: Globo, 1957. v. 1.

CÂMARA, Giselle Marques. **Maat**: o princípio ordenador do cosmo egípcio: uma reflexão sobre os princípios encerrados pela deusa no Reino Antigo (2686-2181 a.C.) e no Reino Médio (2055-1650 a.C.). 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em História) – Instituto de Ciências Humanas e Filosofia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

CAMPOS, Antonio Augusto Machado Monteiro de. **Compendio do sistema métrico decimal em forma de dialogo para uso das escolas de instrução primaria**. 31. ed. Lisboa: Livraria Francisco Romero, 1913.

CLAGETT, Marshal. **Ancient Egyptian Science** – a sourcebook. Ancient Egyptian Mathematics. Philadelphia: American Philosophical Society, 1999. v. 3.

CREASE, Robert P. **A medida do mundo**: a busca por um sistema universal de pesos e medidas. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

D'AMBROSIO, Ubiratan. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n.1, p. 99-120, jan./abr. 2005.

DAS MEDIDAS no Reinado do Senhor D. Sebastião. In: **Anuário de Pesos e Medidas**, Lisboa, n.1, 1940, p.25-30.

EULER, Leonhard. **Cartas a uma princesa de Alemanha sobre diversos temas de física y filosofia**. Trad. Carlos Mínguez Pérez. Zaragoza: Universidade, Prensas Universitarias, 1990.

FRANCE. 25e Réunion de la Conférence générale: 18-20 November 2014. Bureau International des Poids et Mesures, 2014. Disponível em: <http://www.bipm.org/fr/cgpm-2014/>. Acesso em: 8 jun. 2015.

FRANCE. **Resolutions of the CGPM**: 24th meeting. Bureau International des Poids et Mesures, 2011. Disponível em: <http://www.bipm.org/en/CGPM/db/24>. Acesso em: 8 jun. 2015.

FRANCE. **Resolution 1 of the 17th CGPM**. Bureau International des Poids et Mesures, 1983.

GAHI, Aghi; ALMEIDA, Acácio. Contribuições de Georges Niangoran-Bouah ao estudo das tradições orais da Costa do Marfim. **Cerrados**, UnB, v. 19, n. 30, p. 29-47, 2010.

GONZÁLEZ, Xulio Rodríguez. Balanza romana. **Museu Arqueológico Provincial de Ourense**. abr. 2010.

HOMERO. **Odisea**. Ebooks Brasil.com, 2003a.

HOMERO. **Iliada**. Ebooks Brasil.com, 2003b.

HUNT, Lynn. **Política, cultura e classe na Revolução Francesa**. São Paulo: Cia das Letras, 2007.

IFRAH, Georges. **Os números**: a história de uma grande invenção. Trad. Stella Maria de Freitas

Senra. 11. ed. 8. reimp. São Paulo: Globo, 2010.

IMETRO. **Sistema Internacional de Unidades – SI**. 8. ed. Rio de Janeiro, 2007.

KEMP, Martin. **Leonardo da Vinci: las maravillosas obras de la naturaleza y del hombre**. Madrid: Akal, 2011.

KIPFER, Barbara Ann. **Encyclopedic Dictionary of Archaeology**. New York: Kluwer, 2000.

KREBS, Ricardo. **Breve história universal**. Santiago, Chile: Editorial Universitária, 1982.

KULA, Witold. **La medida y los hombres**. Trad. Wiltold Kuss. 3. ed.: México, D.F.: Siglo XXI, 1998.

LAVOISIER, Antoine-Laurent de. **Traité élémentaire de Chimie**. Paris: Che Couchet, Librairie, 1789. Tome 2.

MARRIEN y ARRÓSPIDE, Tomás Antonio. **Tratado general de monedas, pesas y cambios de todas las naciones reducidas a las que se usan en España**. Madrid: Imprenta de D. Benito Cano, 1739.

MORGAN, Lewis Henri. **La sociedad primitiva**. Madrid: Editorial Ayuso, 1975.

NADAL, Irene Sediña; MUÑUZURI, Vicente Pérez. **Fundamentos de Meteorología**. Santiago de Compostela: Universidad Servizo de Publicación e Intercambio Científico, 2006.

PARDO, José Antonio de Lorenzo. **La revolución del metro**. Madrid: Celeste Ediciones, 1998.

PORTUGAL. Ministério da Economia. Direcção Geral da Indústria. Repartição de Pesos e Medidas. **Anuário de pesos e medidas**. Lisboa: Editorial Império, 1942. n.3.

PORTUGAL. Ministério da Economia. Direcção Geral da Indústria. Repartição de Pesos e Medidas. **Anuário de pesos e medidas**. Lisboa: Editorial Império, 1940.

REZENDE, Lisa. **Cronology of Science**. New York: Facts on file, 2006.

RONAN, Colin. **História ilustrada da Ciência**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987. v. 1.

ROSSI, Corinna. Mixing, building, and feeding: mathematics and technology in ancient Egypt. In: ROBSON, Eleanor; STEDALL, Jacqueline (Eds.). **The Oxford Handbook of the History of Mathematics**. New York: Oxford University Press, 2009. p. 407-427.

SCHWARZ, Fernando. **Iniciación y pensamiento simbólico en el Egipto faraónico**. 1. ed. Buenos Aires: Biblos, 1998.

SMITH, F. J.. Standard kilogram weights. A story of precision fabrication. **Platinum Metals Rev.**, n. 17 (2), p. 66-68, 1973.

SILVA, Irineu. **História dos pesos e medidas**. São Carlos: EduFSCar, 2004.

SUREDA, Ricardo J.. **História de la Mineralogía**. San Miguel de Tucumán: Instituto Superior de Correlación Geológica, 2008.

TRIGOZO, Sebastião Francisco de Mendo. Memória sobre os pesos e medidas portuguesas,

e sobre a introdução ao sistema metro-decimal. In: **Memórias econômicas da Academia Real das Ciências de Lisboa**. Lisboa: Academia Real das Ciências, 1815. Tomo V. p. 253-305.

TUCCI, Ugo. Pesos e medidas. In: **Enciclopédia Einaudi**. Lisboa: Imprensa Nacional / Casa da Moeda, 1995. v. 28. p. 233-277.

UNESCO. **HISTÓRIA geral da África, II: África antiga**. Gamal Mokhtar (Ed.). 2 ed. rev. Brasília: UNESCO, 2010.

VILAÇA, Raquel. Ponderais do Bronze Final-Ferro Inicial do Ocidente peninsular: novos dados e questões em aberto. In: GARCÍA-BELLIDO, M.P. et al. (Eds.). **Barter, money and coinage in the Ancient Mediterranean (10th-1st centuries BC)**, Anejos de AEspA LVIII, CSIC, 2011. p. 139-167.

VILELA, Marcelo Miranda. *O julgamento dos mortos do Antigo Egito e os conflitos sociais do Novo Império*. ENCONTRO REGIONAL DE HISTÓRIA, 11, Rio de Janeiro, 2004. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Nacional de História, 2004.

ZUIN, Elenice de Souza Lodron. **Dos antigos pesos e medidas ao sistema métrico decimal**. Belém: Sociedade Brasileira de História da Matemática, 2009.

ZUIN, Elenice de Souza Lodron. **Pelas trilhas históricas do pesar e do medir**. Belém: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2019.

ZUIN, Elenice de Souza Lodron. **Por uma nova Aritmética: o sistema métrico decimal como um saber escolar no Portugal e no Brasil Oitocentistas**. 2007. 318 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

ZUIN, Elenice de Souza Lodron; SANT'ANA, Nádia Aparecida dos Santos. **Pesos e medidas do Brasil Colonial, tradição e cultura nos dias atuais: um novo tema para as aulas de Matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

### Histórico

Recebido: 07 de maio de 2023.

Aceito: 10 de julho de 2023.

Publicado: 23 de setembro de 2023.

### Como citar - ABNT

ZUIN, Elenice de Souza Lodron. Balanças: as rotas de uma herança ancestral. *Revista de Matemática, Ensino e Cultura – REMATEC*. Belém/PA, n. 45, e2023006, 2023. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2023.n45.pe2023006.id545>

### Como citar - APA

Zuin, E. S. L. (2023). Balanças: as rotas de uma herança ancestral. *Revista de Matemática, Ensino e Cultura – REMATEC*, (45), e2023006. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2023.n45.pe2023006.id545>

### Número temático organizado por

Iran Abreu Mendes  

Carlos Aldemir Farias  