

**Ciência e política:
a formação dos sistemas
de pesos e medidas**

A idéia de um sistema coerente e universal de medidas, baseado em grandezas físicas invariantes, é relativamente recente do ponto de vista da história das ciências. Sua difusão no mundo industrial moderno representa uma radical transformação nas relações entre o homem e o mundo.¹ De fato, para o mundo econômico pré-moderno marcado pela preponderância das atividades agrícolas e pelo comércio local, a virtude de um sistema de medidas residia em sua compreensão imediata, garantida pelo caráter antropomórfico e consuetudinário, e em suas divisões computacionais simples. Não é exagerado afirmar que, sob o impressionante número de pesos e medidas em uso até o início do século XIX, vemos a existência de sistemas de medidas específicos para cada tipo de atividade econômica e mesmo para cada região geográfica.² A autoridade política, em suas diversas modalidades, sempre procurou, sobretudo por motivações de índole fiscal, garantir e manter padrões oficiais de medidas, mas sua capacidade de uniformização dificilmente ultrapassava as fronteiras da cidade em que estava sediada ou da região econômica em que predominava.

No contexto cultural do Ocidente europeu, não é de se admirar que, dada tal profusão de medidas, passadas e presentes, agrícolas, mineiras ou comerciais, moedas de vários pesos e distâncias incertas, o primeiro esforço de compreensão se tenha voltado para o problema da conversão das medidas e para o estabelecimento de suas equivalências.

A partir do Renascimento, podem ser registradas duas direções distintas. A primeira é a discussão relativa aos pesos, medidas e valores monetários empregados nos textos da antiguidade clássica e nas Sagradas Escrituras, conduzida pelos círculos intelectuais e humanistas. Como, pelo menos em termos vocabulares, as medidas empregadas à época eram semelhantes às registradas nos textos antigos _ onças, libras, marcos, siclos, minas, etc. _ o problema a ser investigado era sua correlação precisa, fundamental para a compreensão do passado e para a interpretação da Bíblia.

Este tratamento das questões metrológicas pode ser examinado em inúmeros tratados publicados ao longo do século XVI. Entre eles, *Dos pesos e medidas romanos e gregos* (1550), escrito por George Agrícola (1494-1555), médico e metalurgista a serviço da corte do duque da Saxônia e autor do importante *De re metallica* (1556), talvez o mais completo tratado sobre metalurgia publicado durante o Renascimento.³ Ele examina, nesta pequena coletânea de cinco livros, a mesma temática: o problema da equivalência dos pesos e medidas dos textos clássicos (inclusive persas e egípcios) e da Bíblia com as medidas em uso no seu tempo. A técnica empregada variava muito, sendo utilizados indicadores como o peso, em metal, das moedas antigas, comparações antropomórficas ou a medição de construções ainda existentes das quais havia registro nos textos antigos. A mesma linha segue o texto do jurista espanhol Juan de Mariana, em seu *De pesos e medidas*. O texto, publicado em 1599 e oferecido ao rei como parte de uma obra sobre as instituições políticas do reino, é bem completo e sistemático: examina as medidas antigas caso a caso e no final oferece tábuas completas para a conversão de medidas hebraicas para as gregas e para as correntemente usadas na Espanha.

Outro exemplar bastante curioso desta literatura é o tratado do prelado francês Robert Ceneau, *Dos verdadeiros pesos e medidas*, publicado em Paris no ano de 1547. As quinze primeiras páginas são dedicadas a um detalhado panegírico de Francisco I, mas, em seguida, somos introduzidos numa espécie de dicionário de questões práticas, envolvendo a equivalência dos pesos e medidas da antiguidade ou da sagrada escritura com as medidas contemporâneas. Na página 98b, por exemplo, Ceneau abre a polêmica com outro ilustre intelectual da Renascença francesa, Guillaume Budé, acerca do valor, em libras tornesas, dos 30 dinheiros de prata⁴ que Judas recebeu. Segundo Ceneu, tal valor equivaleria a 60 libras tornesas, uma soma razoável, em sua opinião.

O problema da equivalência de pesos e medidas, contudo, não se restringia a disputas eruditas. Com a expansão do comércio internacional, além da questão do câmbio, vinha também à cena a dificuldade em lidar com as inúmeras unidades de medida em que eram expressas as mercadorias comercializadas em dezenas de portos no Mediterrâneo, no Oceano Índico e na América. Uma das formas mais interessantes de dar conta deste problema prático pode ser contemplada no pequeno volume de Bartholomeo di Pasi, *Valores dos pesos e medidas correspondentes do Levante ao Poente*, publicado em Veneza no ano de 1540, em formato prático, apropriado para uso em viagem,⁵ contendo dezenas de tabelas de conversão de medidas correntemente usadas.

Com o tempo, mesmo esta distinção entre temas clássicos e assuntos comerciais foi desaparecendo, como atesta o *Diccionario universal das moedas assim metallicas, imaginarias ou de conta que se conhecem na Europa, Ásia, África e América. Ao que se ajunta uma notícia das moedas dos judeus, gregos e romanos, dois mapas dos pesos das principais cidades de commercio, das medidas de extensão reduzidas a palmos, guados e varas*, publicado em Lisboa, no ano de 1793.

O debate intelectual nos círculos humanistas ou as necessidades comerciais mais imediatas não constituiriam, entretanto, o substrato de onde viriam a surgir a primeira formulação de um sistema universal de medidas e a possibilidade de seu emprego generalizado pela sociedade. Tal substrato seria formado, na verdade, pela associação

entre os projetos de uniformização do uso de pesos e medidas, formulados pelas monarquias européias, e as formas nascentes da comunidade científica.

As monarquias absolutistas já haviam sentido, em termos bastante práticos, os efeitos positivos da simples conversão de medidas, com padrões fixos e constantes, na construção de armamentos e de navios de guerra. Contudo, o esforço que obtinha rápido resultado na padronização da dimensão das armas e outros equipamentos bélicos,⁶ esgotava-se em vão na padronização das medidas de uso agrícola e comercial, com as mais desagradáveis conseqüências para o tesouro real.

Por outra parte, o progresso da ciência experimental já exigia o estabelecimento de uma linguagem comum como condição básica para o intercâmbio de resultados e descobertas.

No contexto específico da história francesa, esta associação daria origem às técnicas científicas que tornariam realidade o sistema métrico decimal e mostraria o caminho político para seu estabelecimento e difusão.

As tentativas de uniformização e a idéia de um sistema de medidas

Na história das monarquias francesa e inglesa, as tentativas de uniformização dos pesos e medidas foram registradas de forma recorrente, como parte do esforço de centralização administrativa e fiscal.

Na Inglaterra, ao longo do século XVII, o *Exchequer* manteve o procedimento inaugurado no reino de Elizabeth I para a melhoria da qualidade dos padrões de medida usados na calibração dos instrumentos de medição comerciais em Londres e nas regiões próximas. Assim, foram confeccionadas a jarda e o galão de 1634, o *wine pottle* e o *grain quart* de 1641.⁷ Contudo, as medidas legais destinadas a regular o emprego dos padrões, a fiscalizar as atividades dos aferidores e a combater fraudes, tentadas em 1607, 1617, 1640, 1661, 1681 e 1715 jamais tiveram a precisão adequada ou foram efetivamente cumpridas pelas autoridades reais.⁸

Na França, desde 1614, os Estados Gerais pediam a unificação dos pesos e medidas e, em 1668, Colbert patrocinou a fundição de novos padrões para a cidade de Paris. Por duas vezes, em 1754 e 1764, foram realizadas consultas junto aos intendentés de finanças sobre a conveniência ou a viabilidade de uma unificação das medidas, com resultados desanimadores. Não se tratava, evidentemente, de fixar uma constante física como base do sistema ou uma relação numérica entre suas unidades, mas apenas de aplicar um padrão único, convencional, em todo o reino. As resistências de senhores feudais, comerciantes e da população em geral em alterar regras e costumes seculares fizeram-se sentir e, a partir de 1766, a burocracia real finalmente desistiu de uma unificação completa, passando à elaboração de tabelas de conversão e equivalência.⁹

Contudo, ao mesmo tempo em que os governos absolutistas fracassavam em suas tentativas de uniformizar o uso de pesos e medidas, criavam também as condições para o envolvimento da comunidade científica no assunto.

As primeiras formulações de um sistema universal de medidas são típicos produtos das formas incipientes de organização do trabalho científico constituídas pelas academias e sociedades de sábios da segunda metade do século XVII, contemporâneas da descoberta da pressão atmosférica e da eletricidade natural.¹⁰ A Royal Society, de Londres, cujo regimento foi estabelecido em 1662, e a Académie des Sciences, cujo patrocínio real permitiu o início de sessões formais em 1666, congregavam os cientistas de maior prestígio em cada país e proviam um ambiente propício ao debate de idéias e à realização de programas experimentais.¹¹

Foi neste contexto específico que se publicou a primeira exposição sistemática de um sistema de medidas composto por uma base numérica decimal, pela fixação do inter-relacionamento das unidades de massa e comprimento e pelo estabelecimento de seus valores em acordo com constantes físicas. Em suas *Observações sobre o diâmetro do sol e da lua seguidas por breve dissertação sobre a idéia de novas medidas geométricas*, publicada em Lyon, em 1670, o abade Gabriel Mouton, vigário da igreja de São Paulo, criou um sistema cuja unidade básica seria constituída por uma fração da circunferência da Terra.¹² A partir desta unidade básica, Mouton deduziu um conjunto de medidas lineares, sujeitas a relações decimais.

No sistema criado por Mouton, a unidade básica seria o *milliare*, equivalente ao comprimento de um arco de 1 minuto da circunferência máxima da Terra. As demais unidades seriam a *centuria*, a *decuria*, a *virga*, a *virgula*, a *decima*, a *centesima* e a *milesima*. A *virga* e a *virgula* corresponderiam às frações 1/1.000 e 1/10.000 do *milliare* respectivamente, e seriam equivalentes à *toesa* e ao *pé*.

A fração do meridiano terrestre, porém, não foi a única opção considerada. A utilização do pêndulo foi proposta como unidade fundamental, em 1671, pelo matemático Jean Picard, que, ao examinar as antigas *toesas* em uso na França, propôs associar seu valor à medida da extensão do pêndulo que bate 1 segundo em Paris. A escolha da oscilação do pêndulo foi entusiasticamente endossada pelo físico Christian Huygens, em 1673.¹³

Retomado o exame da questão no início do século XVIII, o matemático Cassini, chefe do Observatório de Paris, voltaria a propor, em 1720, um padrão de medidas constituído pela fração do meridiano terrestre. Sua unidade, o *pé geométrico*, seria equivalente a 1/100 do arco de 1 segundo do meridiano terrestre; a *toesa* de 6 pés seria contida 1.000 vezes no arco de 1 minuto e o grau teria 60.000 *toesas*.

Entretanto, àquela altura, tanto o problema prático da medição dos meridianos terrestres, como a variação na oscilação do pêndulo provocada pelas variações na gravidade terrestre¹⁴ já haviam se tornado obstáculos concretos na configuração do sistema de medidas, uma vez que as sociedades científicas estavam longe de dispor dos meios para a condução das rigorosas medições.

Assim, a primeira ligação concreta entre as discussões científicas e os recursos governamentais seria constituída quando, em seus esforços de unificação dos padrões de medidas, o governo francês resolveu patrocinar o trabalho de definição da equivalência das medidas tradicionais com constantes físicas, no caso específico, a *toesa* de Paris. Encarregada oficialmente do problema, a Academia de Ciências de Paris organizou então duas expedições para a medição de dois arcos do meridiano, um próximo à linha do equador e outro na região polar. A comissão do equador partiu para o Peru em 16 de maio de 1735, estendendo seus trabalhos até 1744. A comissão da região polar dirigiu-se à Lapônia, no verão de 1736. A medida de 1 grau da primeira expedição resultou em 57.074,5 toesas e a medida da expedição polar para o grau foi de 57.438 toesas.

Ao fim, as medições realizadas no Peru dariam origem ao padrão de ferro da *toesa* de Paris, chamada então *toesa do Peru*, que deveria ser utilizada, a partir de maio de 1766, por determinação de Luís XV, como padrão a ser reproduzido e enviado às províncias francesas. Como já se discutiu anteriormente, mais este esforço de uniformização foi inviabilizado pela resistência de comerciantes e senhores feudais, que temiam a interferência real na determinação de suas rendas e contavam com o conservadorismo da própria população. Entretanto, um passo adicional havia sido dado tanto na experiência concreta das medições, como no relacionamento entre governo e cientistas.

Uma nova oportunidade para a associação entre ciência e a reforma das instituições governamentais só surgiria quando a concepção do sistema universal de medidas fosse associada às transformações políticas e sociais deflagradas pela Revolução Francesa.

O sistema métrico e a Revolução Francesa

Em 4 de agosto de 1789, os privilégios e rendas feudais, assim como os sistemas de pesos e medidas a eles associados, foram suprimidos de um só golpe.¹⁵

Em maio de 1790, para preencher o vazio legal criado, o bispo de Autun e delegado do clero aos Estados Gerais, príncipe de Talleyrand-Périgord, entre outras propostas liberais,¹⁶ encaminharia à Assembléia Nacional uma nova legislação metrológica estabelecendo como base do sistema universal de medidas o comprimento do pêndulo que bate à latitude de 45°. A nova lei determinava ainda o envio de mensagem ao Parlamento Britânico para que a Sociedade Real de Londres colaborasse com a Academia de Ciências de Paris na elaboração deste novo sistema de medidas.¹⁷

A Assembléia Nacional Francesa aprovaria a proposta de Talleyrand e encarregaria o Comitê de Agricultura e Comércio de apresentar um relatório sobre tal proposição. Transformado em projeto de lei, seria levado à sanção real em 8 de maio de 1790. Pelo decreto então firmado, os administradores dos diversos departamentos franceses enviariam a Paris modelos exatos das unidades de pesos e medidas utilizadas em suas comarcas. Caberia à Academia de Ciências de Paris estabelecer o quadro de relações das antigas medidas, ficando a abolição destas últimas prevista para o prazo de seis meses após a substituição legal pelo novo sistema.¹⁸

A Academia Francesa nomeou uma comissão composta, entre outros, pelos matemáticos Borda¹⁹ e Louis Joseph Lagrange, o químico Antoine Laurent de Lavoisier e o marquês de Condorcet. Ficaram eles incumbidos de estudar os problemas e estabelecer os passos concretos a tomar. O marquês de Condorcet,²⁰ também eleito para a Assembléia, cumpriria o papel chave, junto com Talleyrand, na associação entre as transformações políticas da Revolução e a adoção do sistema métrico.

Um primeiro relatório foi apresentado em 27 de outubro de 1790. Apesar de recomendar a relação decimal para todas as unidades, reconhecia as vantagens de cálculo no sistema duodecimal, sugeria a oscilação do pêndulo como medida fundamental e expressava mais dúvidas que medidas concretas. Na prática, voltava à estaca zero. Julgado insatisfatório pela Assembléia Nacional, foi então convocada uma segunda comissão.

O novo relatório foi apresentado pelo marquês de Condorcet em 26 de março de 1791, e a fração do meridiano terrestre voltou a ocupar sua posição de medida fundamental.²¹ Decidiu-se então tomar por base o meridiano de

Dunquerque até Barcelona, cuja medição já havia sido anteriormente realizada, necessitando apenas de verificação. A comissão sugeriu os seguintes procedimentos para uma proposta completa de sistema de medidas: determinação da diferença de latitude entre Dunquerque e Barcelona; fixação da extensão do pêndulo que bate o segundo; observação do peso de um volume conhecido de água destilada a 0° e o estabelecimento das relações entre antigas e novas medidas.

Aprovado o relatório, a Academia de Ciências foi autorizada pela Assembléia Nacional a nomear novas comissões para dar prosseguimento ao projeto. O diretor do Observatório de Paris, Cassini,²² o astrônomo Pierre Méchain²³ e Legendre²⁴ foram encarregados da triangulação e determinação de latitudes; Gaspar Monge e De Meusnier pelas medidas das bases; e Borda e Coulomb pelo estabelecimento do comprimento do pêndulo. A determinação do peso de um volume de água foi atribuída a Lavoisier e Häüy. A coordenação dos trabalhos cabia a Borda, Condorcet, Lagrange e Lavoisier.

As realidades práticas, contudo, não podiam aguardar a conclusão dos trabalhos científicos e, com a subida dos girondinos ao poder, em março de 1792, o ministério pediria providências para uma rápida conclusão dos trabalhos ou que se providenciasse uma tábua provisória de medidas, tendo em vista a necessidade de facilitar a livre circulação de mercadorias no reino e para evitar os distúrbios e *jacqueries* que já se registravam em função do vácuo metrológico gerado pela supressão dos privilégios feudais em 1789. Em 25 de novembro de 1792, uma comissão da Academia compareceu à Convenção Nacional, que substituiu a Assembléia em setembro, para prestar conta dos trabalhos. Borda e Lalande²⁵ apresentaram o relatório e entregaram a íntegra dos trabalhos preparados e publicados pelas comissões, considerado satisfatório pela Convenção.

Como desdobramento do relatório, a Academia fixaria o metro provisório de 36 polegadas e 11,44 linhas em 29 de maio de 1793, estabelecendo também a escala decimal para múltiplos e submúltiplos. O valor do metro foi atingido a partir do cálculo da décima milionésima parte do quarto do meridiano. Quanto à nomenclatura definitiva hesitou-se ainda entre uma que se denominou *metódica* _ incorporando os atuais nomes das medidas métricas _ e outra simplificada, incluindo os nomes das antigas medidas.

O agravamento das condições políticas, com a ascensão dos jacobinos em abril de 1793, entretanto, não permitiu que os trabalhos científicos tivessem curso tranqüilo. Após a tomada das decisões básicas, várias comissões nomeadas pela Academia de Ciências tiveram sua composição alterada por demissões, perseguições ou, como no caso de Lavoisier, por condenação à guilhotina. Apesar de tudo, o trabalho, afinal completo, seria aprovado pela Convenção Nacional, em 1° de agosto de 1793, dando-se preferência à nomenclatura *metódica* e estabelecendo o prazo de um ano para o uso obrigatório de todo o sistema.²⁶ Autorizava também a construção de padrões e cópias a serem remetidas às municipalidades, recomendando a publicação de livros e folhetos com o fim de disseminar o novo sistema.

Logo a seguir, contudo, a própria Academia de Ciências seria envolvida no processo de destruição do Antigo Regime, sendo considerada, assim como outros institutos, em agosto de 1793, como parasitária, sendo suprimida por decreto. Os membros da Academia que estudavam a implantação do novo sistema métrico viram-se forçados a continuar seus trabalhos como comissão temporária, mas o Comitê de Salvação Pública promoveria, a seguir, novo expurgo nesta comissão, afastando, entre outros, Borda, Laplace²⁷ e Coulomb. Após o expurgo da Comissão, os trabalhos permaneceram suspensos por mais de um ano.

Com o golpe do Thermidor e a execução dos líderes jacobinos, após meados de 1794, a situação política foi se estabilizando e os trabalhos de definição dos padrões foram retomados, assumindo o sistema métrico seus contornos definitivos. Em março de 1795, Pierre Louis Priour apresentaria um relatório à Convenção, votado em 7 de abril, tornando obrigatório o uso do sistema métrico. Após a aprovação da lei, uma anistia também seria votada para os antigos membros da Academia que haviam trabalhado na elaboração do novo sistema.

Em 17 de abril de 1795, seria nomeada uma nova comissão, agora denominada Agência Nacional de Pesos e Medidas, para dar continuidade aos trabalhos interrompidos. Borda e Brisson estabeleceram o metro provisório de acordo com a medida anteriormente definida de 3 pés e 11,44 linhas de toesas, a uma temperatura de 13° R. Apresentado ao Comitê de Instrução Pública, o padrão foi depositado nos Arquivos de França.

A definição da unidade de massa, inicialmente concebida como a massa do decímetro cúbico de água destilada, pesada no vazio e tomada em seu máximo de densidade, não seria tão simples. As dificuldades em se estabelecer as medidas das dimensões interiores de um vaso foram contornadas pela definição da pesagem de um sólido de volume conhecido, no ar e na água. De acordo com os cálculos anteriores de Lavoisier, o peso do quilograma provisório foi de 18.841 grãos do marco médio da *pile* de Carlos Magno. Após a condenação de Lavoisier, caberia a Lefevre-Gineau²⁸ a confecção do cilindro padrão para o peso do quilograma de água, também depositado no Observatório de Paris.

A medição dos meridianos foi retomada. Coube a Pierre Méchain a medição de Barcelona a Rodez, e a Delambre²⁹ a medição de Rodez a Dunquerque. Em 20 de maio de 1799, Méchain apresentou relatório de seu estudo da

comparação das réguas utilizadas como padrões, afirmando que a medida da toesa do Peru permanecia sem variações. Com as novas medições, os padrões provisórios foram sendo aperfeiçoados. Em 25 de maio de 1799, foi apresentado o relatório final sobre as medições do meridiano. O quarto do meridiano medido foi calculado em 5.130.740 toesas, sendo o metro definido em 3 pés, 11 linhas 296/1.000 _ diferentemente da definição inicial de 3 pés, 11 linhas, 442/1.000. Em 30 de maio de 1799, o trabalho de Lefevre-Gineau terminava por definir o quilograma com o valor de 18.827,15 grãos. Sistematizados, os três relatórios estabeleciam os novos valores para as unidades do sistema.³⁰

Caberia a Borda a constituição dos protótipos definitivos do metro e do quilograma. Após a morte de Borda em fevereiro de 1799, seu substituto, Lenoir, construiu um comparador, cuja precisão atingia o milésimo de linha e com este instrumento foram construídos 12 metros de ferro e dois de platina. Com as devidas certificações, o metro de ferro n. 2 foi considerado ideal e escolhido como comparador dos demais, sendo depositado nos Arquivos de França a 22 de julho de 1799.

Completada a organização do sistema métrico decimal, após quase uma década de turbulência política, seu futuro na França, do ponto de vista prático, passou a depender das resistências da população e da persistência governamental.

Em 10 de dezembro de 1799, seria sancionado o sistema métrico e o reconhecimento legal dos novos padrões, mas as primeiras reações não foram favoráveis. Apenas 12 departamentos franceses acolheram sem relutância as novas unidades e a população em geral reclamava do emprego de nomes em outras línguas. Estes pontos se tornariam tão problemáticos que, em 1812, o próprio Napoleão Bonaparte reconheceria, em dois decretos, as resistências. Em 2 de fevereiro, decretou o ensino obrigatório do sistema métrico nas escolas e autorizou a construção de novos exemplares dos pesos e medidas do novo sistema, embora trazendo gravadas as relações com o antigo sistema. Em 28 de março, estabelecia um compromisso pragmático, autorizando o uso de medidas não métricas no comércio, tais como a *toesa* (2 metros, subdividida em 6 pés), o *aune* (valendo 12 centímetros, dividindo-se em 16 partes), o *boisseau* para a venda de cereais (1/8 do hectolitro) e a *libra* (500g).³¹

Após ultrapassar variados compromissos legislativos e suplantar a oposição de vários setores da economia, o uso compulsório e exclusivo do sistema métrico seria consolidado apenas pela lei de 4 de julho de 1837.³²

Inglaterra e Portugal

A consolidação do sistema métrico decimal na França, vista desta perspectiva, não apresentava qualquer sinal de inevitabilidade técnica ou científica e, mesmo tornado compulsório após 1837, sua difusão em todos os setores da vida cotidiana tomara ainda várias décadas. Por sua vez, alguns países que adotaram o sistema durante a ocupação napoleônica, dele logo se desembaraçaram após 1815, tão clara era sua associação com as transformações políticas da França revolucionária.

De fato, a uniformização do uso dos pesos e medidas e a confecção de padrões de medida confiáveis não exigiam a sofisticação do sistema métrico francês. Garantido o empenho governamental em vencer resistências às novas leis e mobilizado o conhecimento técnico-científico que assegurasse a reprodutibilidade dos padrões, podiam ter sucesso alternativas como a expressão em constantes físicas das medidas tradicionais ou a adoção da base numérica decimal, mantendo-se a nomenclatura antiga.

O primeiro caso é o das medidas ainda hoje em uso na Inglaterra e nos Estados Unidos e com importante presença, garantida pelas relações econômicas, mesmo em países que adotaram o sistema métrico.

A base do sistema de medidas lineares anglo-saxãs é a jarda, cuja origem remonta ao século XII, tendo sido seu primeiro padrão confeccionado em 1500. Um segundo padrão seria construído em 1760, sendo sancionado pelo Parlamento em 1824. Nesta ocasião, passou a ser definido através da relação com o comprimento do pêndulo que bate o segundo, no vácuo, na latitude de Londres, ao nível do mar, na proporção de 1 para 39,1393. Após o incêndio do Parlamento em 1834, quando os padrões foram destruídos, uma comissão encarregou-se de sua reconstituição. Devido à inexatidão da relação com o pêndulo, a medida padrão foi completamente refeita e o *Imperial Standard Yard* _ confeccionado em bronze a partir de uma amostra de padrões existentes _ seria sancionado por um ato de 30 de junho de 1855.

A unidade de massa teve curso semelhante. O exemplar mais antigo da *libra troy* foi tornado legal em 1498, mas por ter sido também destruído no incêndio do Parlamento, foi reconstruído a partir da média das cópias existentes. A *libra troy* foi, então, abandonada como unidade principal, sendo adotado, em 1853, o padrão de platina da *libra avoir du pois*, construído em 1844. Com a definição de sua equivalência com constantes físicas, a reprodutibilidade dos padrões foi garantida, sendo mantidos seus múltiplos e submúltiplos em acordo com as práticas tradicionais. A Revolução Industrial e a expansão colonial, ao contrário da Revolução Francesa, parecia não demandar sistemas decimais de medidas.

O segundo caso foi o das medidas em uso no reino de Portugal, de maior interesse por suas repercussões no Brasil colônia e pela trajetória da adesão ao sistema métrico.

Os primeiros esforços de unificação dos pesos e medidas diferem pouco do caso da monarquia francesa. A primeira tentativa é consagrada em 1488, nas Ordenações Manuelinas. O Livro I, Título 15, determinava que todas as medidas, varas e côvados do reino obedecessem aos padrões existentes em Lisboa, mantidos pelo Almotacé-Mor. Os pesos e medidas deveriam ser aferidos duas vezes por ano para *aquelles que per necessidade de seus officios ham de teer pesos, ou medidas*. A intenção de fraude, se confirmada por duas testemunhas, deveria pagar multa de 280 *reaes*, além de ser punida com cadeia.

As Ordenações Filipinas eram bem mais detalhistas. O Livro I, Título 18, fixava muitas proporcionais à fraude incorrida e determinava os tipos de padrões que cada cidade deveria manter em função de sua população. Independentemente, porém, do número de habitantes, todas as cidades e vilas deveriam possuir padrões da *Vara*, do *Côvado*, do *Alqueire*, do *Almude*, da *Canada* e do *Quartilho*. Os padrões deveriam ser mantidos na Câmara, em uma arca com duas fechaduras, cujas chaves seriam guardadas pelo Procurador do Conselho e pelo Escrivão da Câmara. Os calibradores (*afiladores*) deveriam ter seus padrões próprios, conferidos com os do Conselho.

Todo este extenso ordenamento jamais chegou a ser cumprido muito além de Lisboa e, em 1755, o grande terremoto reduziria ainda mais o grau de realidade do sistema de medidas. No incêndio que se seguiu, foram destruídos os padrões de pesos e medidas usados na própria sede do reino.

Como no caso francês, foi uma situação de excepcional transformação política que criou as condições para a reforma do sistema de pesos e medidas. Com o monarca ainda no Brasil e parte do país ocupado, é organizada em Portugal uma *Comissão Central de Pesos e Medidas*, encarregada de examinar os forais. Em seu relatório de 17 de outubro de 1812, a Comissão apontaria os defeitos do sistema de medidas em uso, sugerindo três possibilidades para a sua reforma: reintegrar o sistema estabelecido pelas ordenações de D. Manoel; aperfeiçoar o sistema em uso ou adotar integralmente o sistema métrico francês.

No dia 2 de fevereiro de 1813, a Comissão apresentou o seu parecer para o plano de reformas do sistema de pesos e medidas, decidindo adotar o sistema decimal francês, mas conservando a nomenclatura das antigas unidades de medida portuguesas. Assim, a unidade de comprimento continuaria a ser a *vara*, mas agora definida como a décima milionésima parte do quarto meridiano terrestre, ou seja, como um metro. Nesse sistema, 10 *varas* equivaleriam a uma *aguilhada*, 1.000 *varas* a uma *milha* e assim por diante, mantendo apenas as relações decimais.

A unidade de capacidade seria a *canada*, equivalente ao cubo do décimo da vara, e, do mesmo modo, 10 *canadas* constituiriam um *alqueire* (para gêneros secos) e a um *almude* (para líquidos), e assim por diante. A principal unidade de massa continuaria sendo a *libra*, definida agora como o peso de uma *canada* de água destilada, no máximo de sua densidade.

No ano seguinte, a *Comissão Central de Pesos e Medidas* determinou o fabrico dos padrões, tendo estes obrigatoriamente de apresentar gravadas as insígnias e armas reais e as datas de fabricação. Tendo por base os padrões recebidos de Paris em 1802, o Arsenal do Exército executaria cerca de 300 jogos de padrões de medida. A *Memória sobre a reforma dos pesos e medidas em Portugal, segundo o sistema métrico decimal*, de autoria do deputado João Baptista da Silva Lopes, datada de 1849, informa que os jogos de padrões então confeccionados foram remetidos ao Brasil.³³

Em 5 de novembro de 1816, D. João expediu um Aviso, através do qual manifestava à Comissão Central de Pesos e Medidas a sua satisfação com os resultados dos trabalhos por ela encetados, participando também o recebimento, na Corte do Rio de Janeiro, de duas caixas com padrões, semelhantes às que deveriam ser distribuídas aos Conselhos. O processo de independência do Brasil veio, contudo, interromper sua distribuição.

Em Portugal, a adoção definitiva do sistema métrico decimal, com suas unidades e nomenclatura, viria a ocorrer apenas em 1852, como prosseguimento dos trabalhos da Comissão Central de Pesos e Medidas. O caráter compulsório de seu uso seria decretado apenas em 1872.

O caráter internacional do sistema

A difusão internacional do sistema métrico decimal, como se vê, não poderia depender das circunstâncias revolucionárias que conduziram sua adoção na França. Os argumentos científicos e técnicos em seu favor, cessado o ciclo de guerras e revoluções, teriam de assumir este papel, mas dependeriam de novos atores para prover a sustentação político-institucional necessária ao seu sucesso.

A forma assumida pela estabilização política na Europa e na América após 1848 viria a oferecer estas condições favoráveis. A paz permitiria um novo desenvolvimento da comunidade científica internacional, agora estruturada em instituições de ensino universitário e em plena construção de seus laços com as atividades industriais.

Além disso, a independência das colônias americanas e a gradual decadência política e militar dos impérios europeus foram dando nascimento a um sistema de Estados Nacionais, preocupados com a consolidação institucional e com a centralização administrativa. A formação do Estado alemão e italiano e a afirmação de independência das nacionalidades submetidas aos impérios austríaco, turco ou russo são apenas exemplos deste processo em que se mesclavam esforço mínimo de industrialização ou de inserção no comércio internacional e geração de identidade política própria.³⁴

Neste contexto, sem dúvida, o sistema métrico decimal veio a responder tanto às demandas iluministas da comunidade científica em construção nestes países³⁵ quanto à necessidade dos Estados nacionais em cortar laços com seu passado feudal e sua economia agrícola.

Não é por acaso que um dos principais veículos de propaganda do sistema métrico foram as exposições e congressos internacionais que floresceram na Europa após 1850. A exposição internacional de Paris, em 1855, crucial, como veremos adiante, para a adoção do sistema métrico pelo Brasil, contou, entre suas atrações, com padrões do metro e do quilograma confeccionados em cristal de rocha, comparadores e instrumentos de calibração das medidas métricas. Também em 1855, durante o Congresso Internacional de Estatística, seria proposta a formação de uma associação internacional com o fim de propagar a adoção do sistema métrico.

Na exposição internacional de Paris, em 1867, foi organizado um comitê específico, para a análise do sistema métrico. O relatório final, apresentado pelo matemático Jacobi, presidente da Academia de Ciências de São Petersburgo, aprovado em 15 de junho de 1867, declarava o sistema métrico o mais apropriado pela expressão dos múltiplos e dos submúltiplos das unidades e pela homogeneidade que caracteriza as suas partes e relações, mencionava a perfeição dos comparadores e instrumentos de precisão desenvolvidos para o sistema métrico e concluía:

*como a toda economia de trabalho, tanto material como intelectual, equivale um verdadeiro aumento de riqueza, a adoção do sistema métrico, que a comissão julgava colocar na mesma ordem de idéias, como as máquinas, os instrumentos, as vias férreas, telégrafos, tábuas de logaritmos, se recomenda sob o ponto de vista econômico.*³⁶

Nesta altura, a discussão já havia evoluído para o exame do marco institucional que presidiria a difusão internacional do sistema métrico e, em Berlim, a Associação Geodésica iniciou os trabalhos visando o estabelecimento de um Bureau Internacional de Pesos e Medidas, logo seguida pela Academia de Ciências de Paris e pelo Bureau de Longitudes. Em abril de 1869, um parecer da Academia de São Petersburgo foi encaminhado à academia francesa, onde os cientistas russos, com o propósito original de discutir a definição do metro _ uma vez que a cada progresso nas técnicas de medição das dimensões da Terra corresponderia uma alteração no valor da décima milionésima parte do quarto do meridiano _ propunham à academia francesa a organização de uma conferência internacional.

Uma comissão foi finalmente organizada pela Academia de Paris para discutir a viabilidade da proposta e o relatório final, apresentado pelo ministro francês Dumas em 23 de agosto de 1869, não deixa de reafirmar a tradição francesa na elaboração do sistema, mas reconhece as imprecisões já registradas. A comissão propunha ao governo francês a formação de uma comissão internacional para presidir à construção dos padrões definitivos das medidas.³⁷ Convocada por Napoleão III, a primeira Comissão Internacional do Metro contou com a participação de delegados de 24 países.

Uma vez instalada, a Comissão adotou a posição de referendar o sistema métrico tal como ele estava estabelecido, não se lançando a uma nova definição do metro, mas discutindo apenas itens, como o material apropriado para sua confecção, formato e temperatura de conservação. Com respeito ao padrão do quilograma foi decidida uma completa revisão. A eclosão da guerra franco-prussiana, entretanto, suspendeu a discussão científica.

Só em 1872 foi possível iniciar uma avaliação dos padrões dos arquivos franceses, chegando-se à constatação de que o padrão do metro tinha sido seriamente degradado pelo uso constante e pela pressão imprimida pelos rudimentares comparadores. Suas dimensões, porém, não haviam sido alteradas, e a adoção internacional do sistema métrico poderia se sustentar nos valores então estabelecidos. O material do novo padrão deveria ser uma liga de 90% de platina e 10% de irídio, conhecida por sua homogeneidade, inalterabilidade, dureza e rigidez e o lingote para a fabricação seria obtido em uma única fusão. As barras padrão teriam 102cm e seção transversal em forma de X. Foram também definidos os tipos de instrumento para a comparação e para o traçado das marcas no padrão.

Em relação ao quilograma, foi definido que o padrão dos Arquivos teria de ser conferido e ajustado, devido à sua irregularidade, em cerca de 300 miligramas. Para a confecção do novo padrão também se adotou a liga de platina iridiada do metro e sua forma respeitaria a do quilograma dos Arquivos, com altura igual ao diâmetro. O método para a definição de volumes foi o hidrostático, ficando proibida a utilização do padrão dos Arquivos para estas experimentações. A Comissão Internacional do Metro assumiu a responsabilidade de confeccionar quantas cópias fossem necessárias dos padrões dos arquivos para a distribuição entre os países.

A decisão de maior alcance, contudo, foi a proposta de criação de um Bureau Internacional de Pesos e Medidas, com sede em Paris, mantido pelos países interessados. À sua disposição ficaria um comitê permanente para a comparação de medidas, encarregado da conservação dos protótipos internacionais, de comparações periódicas, e da confecção e verificação dos novos padrões que fossem solicitados pelos países.

As sessões da Comissão foram encerradas em 12 de outubro de 1872, tendo sido escolhido o comitê permanente, cujo presidente seria o representante espanhol, general Ibáñez. Compareceram às sessões da Comissão 51 delegados de trinta países, sendo onze do continente americano.

Como parte dos trabalhos previstos pela Comissão, coube a Saint-Claire Deville a preparação e a fusão do lingote de 250 quilogramas de platina iridiada para uso nos padrões. O presidente da República francesa, Thiers, compareceu à cerimônia de fusão da platina realizada em 6 de maio de 1873. A cunhagem definitiva do lingote foi terminada no dia 13 de maio e, em junho, confeccionadas as barras para os padrões.

O Comitê reuniu-se de novo em outubro de 1873 para analisar os trabalhos da seção francesa. Nesta reunião, resolveu solicitar ao governo francês a convocação de uma conferência diplomática para discutir a questão da adoção do sistema métrico universalmente, e também fazer a distribuição de encargos e despesas _ até então a cargo exclusivamente do governo francês.³⁸ Aceita a sugestão e conduzidas as negociações internacionais, instalou-se em 1º de março de 1875, em Paris, a Conferência Diplomática do Metro, presidida pelo duque de Decazes, ministro dos negócios estrangeiros da França. Nesta ocasião, o Brasil enviou um representante oficial, o visconde de Itajubá, que contava, no desempenho de sua missão, com o auxílio de um antigo amigo do Imperador D. Pedro II, o general Morin, diretor do Conservatoire des Arts et Métiers, membro do Comitê Permanente do Metro escolhido em 1872, e que também assessorava os governos de Portugal, França e Argentina nas sessões da Conferência.

Ao todo, 21 países estavam representados e 15 aprovaram a criação do Bureau Internacional de Pesos e Medidas: Alemanha, Áustria-Hungria, Bélgica, Brasil, Argentina, Espanha, EUA, França, Itália, Peru, Rússia, Suécia, Noruega, Suíça e Venezuela. Manifestaram-se contrariamente à criação da organização apenas os representantes da Grã-Bretanha e dos Países-Baixos. Os representantes da Dinamarca, Grécia, Portugal e Turquia se abstiveram de votar.

Ficou definido que o organismo teria caráter *científico e permanente*, com sede estabelecida, inicialmente, em Paris, devendo funcionar sob supervisão de um Comitê Internacional, subordinado à Convenção do Metro. O prazo estipulado para qualquer nação denunciar o contrato e retirar-se da Convenção foi fixado em 12 anos, perdendo, neste caso, o direito de ser co-proprietária dos protótipos internacionais. O Comitê Internacional de Pesos e Medidas foi composto por 14 membros, cada um pertencente a um país distinto, sendo estabelecido o prazo máximo de seis anos para as convocações posteriores da Convenção, sob a forma de Conferências Gerais. A Convenção do Metro foi firmada, então, em 20 de maio de 1875. (Ver Anexo 3.)

A primeira presidência do Comitê Internacional coube novamente ao general Ibáñez, secretariado pelo representante suíço, dr. Hirsch. O Comitê voltou a se reunir em abril e maio de 1876 e setembro de 1877, ocupando-se então das bases para o estabelecimento do Bureau Internacional de Pesos e Medidas, cuja inauguração estava prevista para a primavera de 1877.

Uma vez instalado o Bureau, iniciaram-se os estudos para o aperfeiçoamento dos padrões provisórios internacionais do metro e do quilograma, tendo por base os padrões dos Arquivos. Em outra decisão importante, tomada em outubro de 1887, o Comitê Internacional resolveu fixar como escala termométrica normal para o serviço internacional de pesos e medidas, a escala centígrada do termômetro de hidrogênio, tendo como pontos fixos o gelo fundente (0° C) e o vapor d'água (100° C).

Completado o processo de retificação dos padrões elaborados originalmente, a Conferência Geral de Pesos e Medidas de 1889 finalmente aprovou o seguinte texto:

Considerando o compte rendu do presidente do Comitê Internacional de Pesos e Medidas, de onde resulta que, pelos cuidados comuns da seção francesa da Comissão Internacional do Metro e do Comitê Internacional de Pesos e Medidas, as determinações metrológicas fundamentais dos protótipos internacionais e nacionais do metro e do quilograma terem sido executadas em todas as condições de garantia e de precisão que comporta o estado atual da Ciência.

Considerando que os protótipos internacionais e nacionais do metro e do quilograma são formados de platina iridiada a 1 por 10 de irídium, a 0,0001 aproximadamente.

Considerando a identidade do comprimento do metro e a identidade da massa do quilograma internacional, com o comprimento do metro e a massa do quilograma depositados nos Arquivos de França.

Considerando que as equações dos metros nacionais, em relação ao metro internacional estão compreendidas no limite de 0,01 milímetro (com um erro provável não excedendo a $\pm 0,0002$ do milímetro), e que estas equações repousam numa escala termométrica a hidrogênio, que é sempre possível reproduzir por causa da permanência do estado deste corpo, quando colocado em condições idênticas.

Considerando que as equações dos quilogramas nacionais, em relação ao quilograma internacional estão compreendidas no limite de 1 miligrama (com um erro provável não excedendo a $\pm 0,0005$ miligramas).

Considerando que o metro e o quilograma internacionais e os metros e quilogramas nacionais preenchem as condições exigidas pela Convenção do Metro.

Sanciona:

A) No que concerne aos protótipos internacionais:

1º O protótipo do metro escolhido pelo Comitê Internacional. Este protótipo representará, de agora em diante, na temperatura do gelo fundente, a unidade métrica do comprimento.

2º O protótipo do quilograma adotado pelo Comitê Internacional. Este protótipo será considerado, de agora em diante, como unidade de massa.

3º A escala termométrica centígrada a hidrogênio, em relação à qual as equações dos metros protótipos foram estabelecidas.

B) No que concerne aos protótipos nacionais:

1º Os metros de platina iridiada, cujas equações, em relação ao protótipo internacional, estão compreendidas no limite de 0,01 milímetro (com um erro provável não excedente a $\pm 0,0002$ do milímetro).

2º Os quilogramas de platina iridiada, cujas equações estão compreendidas no limite de 1 miligrama (com um erro provável não excedendo $\pm 0,005$ do miligrama).

C) No que concerne às equações dos protótipos nacionais:

As equações dos protótipos nacionais, tais como foram determinadas pelo Bureau Internacional, sob a direção do Comitê Internacional, e inscritas no relatório deste Comitê e sobre os certificados que acompanharam estes protótipos.³⁹

Providenciou-se, então, a repartição dos protótipos de acordo com os pedidos anteriormente feitos. Assinaram o documento os representantes de 18 países: Alemanha, Áustria-Hungria, Bélgica, Espanha, Estados Unidos, França, Grã-Bretanha, Itália, Japão, Portugal, Argentina, Romênia, Rússia, Suécia, Noruega, Suíça, Países-Baixos e Chile.

Da proposta original de Talleyrand, em 1790, até a assinatura da Convenção do Metro, em 1875, um amplo ciclo de transformações havia se cumprido. No campo político, com o estabelecimento do controle governamental sobre o uso de pesos e medidas através de legislação própria e com sua difusão internacional. No campo científico, com a prevalência gradual da simplicidade e coerência do sistema métrico decimal e com a constituição de um campo de conhecimento específico, a metrologia.

É neste quadro de transformações políticas e científicas que o capítulo seguinte posiciona a história da metrologia no Brasil do século XIX.

Fotografia:

Reunidos na sede do BIPM, em Sèvres, membros do Comitê Internacional de Pesos e Medidas e delegados dos países representados na II Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), em 1895.

De pé, da esquerda para a direita: J.-R Benoît (diretor do BIPM); K. Prytz (Dinamarca); F. Garibay (México); L de Bodola (Hungria); Sone Arasuke (Japão); G. Ferraris (Itália); St. C. Hépites (Romênia); Markovitch (Sérvia); E. Rousseau (Bélgica); M de Schoen (Alemanha); P. Chappuis (pesquisador do BIPM); M. Duplan (Suíça); G. Tresca (Conservatório Nacional de Artes e Ofícios); Ch.-Ed. Guillaume (pesquisador do BIPM) e M. Cobo de Guzmán (Espanha).

Sentados, da direita para a esquerda: F. de P. Arrillaga (Espanha); H. de Macedo (Portugal); A. Hirsch (secretário do BIPM); W. Foerster (presidente do Comitê Internacional de Pesos e Medidas); M. Marey (presidente de Conferência Geral); J. Bertrand (França); V. von Lang (Áustria); R. Thalen (Suécia) e A. Arndtsen (Noruega). (foto BIPM)

Membros do Comitê Internacional de Pesos e Medidas diante da grande sala de reuniões do Pavilhão de Breteuil, em Sèvres, setembro de 1894. Da esquerda para a direita: B.-A. Gould; H.-J. Chaney; A. Arndtsen; R. Thalén; H. Wild (na frente); W. Foerster (presidente do Comitê Internacional de Pesos e Medidas); A. Hirsch (secretário do Comitê); J.-R. Benoît; J. Bertrand; L de Bodola; H. de Macedo e St.-C. Hepites. (foto BIPM)