

# UM PONTO DE PARTIDA SOBRE AS MEDIÇÕES: UM ENTENDIMENTO ESQUEMÁTICO E EPISTEMOLOGICAMENTE ÚTIL<sup>1</sup>

**Félix Flores Pinheiro<sup>2</sup>**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

 <https://orcid.org/0000-0001-7318-5294>

E-mail: feliks.sm@gmail.com

## RESUMO:

Teorizar sobre “o que é x?” é a tarefa primária de qualquer estudo que se pretenda uma “filosofia sobre x”. No caso da filosofia das medições, o problema é multifacetado, envolvendo noções cujas restrições são formuladas em vista de pressupostos metafísicos e consequências epistêmicas. Envolto à busca pelo entendimento sobre o que é medir estão problemas derivados da sua relação com o conhecimento, sobretudo científico. Essa relação posiciona questionamentos epistemológicos, mais amplos, que podem ser destrinchados em problemas epistêmicos mais específicos. Haveria, então, uma maneira de compreender e caracterizar as medições que possibilitasse identificar e esclarecer uma coleção desses problemas? Este artigo propõe um esquema frutífero nesse sentido, posicionando um ponto de partida útil frente ao campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Medição; Filosofia da medição; Epistemologia da medição.

## A STARTING POINT ABOUT MEASUREMENTS: A SCHEMATIC AND EPISTEMOLOGICALLY USEFUL UNDERSTANDING.

## ABSTRACT:

Theorizing about “what is x?” is the primary task of any study that seeks a “philosophy about x”. In the case of the philosophy of measurement this problem is multifaceted, as it involves notions whose restrictions are formulated because of metaphysical assumptions and epistemic consequences. Concerning the understand of what it is to measure, there are problems derived from the relationship between measurement and knowledge, especially scientific knowledge. This relationship raises broad epistemological questions that can be broken down into more specific epistemic problems. Would there be, then, a way to understand and characterize measurements that would make it possible to identify and clarify a set of these problems? This article proposes a framework for the act of measuring that is fruitful in the sense of giving a useful starting point in this field.

**KEYWORDS:** Measurement; Philosophy of Measurement; Epistemology of Measurement.

“A filosofia da ciência tenta responder à pergunta ‘o que é ciência’ exatamente no sentido em que a filosofia da arte, a filosofia do direito e a filosofia da religião respondem à

<sup>1</sup> Presto minha gratidão aos amigos(as), professores(as) e colegas que têm contribuído com o andamento dessa pesquisa; em especial, para este trabalho, agradeço ao Raoni Wohnrath Arroyo pelas revisões atenciosas e ao Rafael de Oliveira Vaz pelo incentivo e aconselhamento.

<sup>2</sup> Doutor(a) em Filosofia na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis – SC, Brasil. Professor(a) substituto(a) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia – MG, Brasil

pergunta semelhante sobre seu assunto [...] para o bem ou para o mal, nossa tradição se concentrou mais na teoria científica do que na própria atividade científica. Nós nos concentramos no produto, e não no objetivo, condições e processos de produção, para traçar uma analogia que já aponta em sua terminologia para o produto como a característica mais saliente. No entanto, todos os aspectos da atividade científica devem ser esclarecidos para que o todo se torne inteligível” (Bas van Fraassen, *Laws and Symmetry*).

## Introdução

Seguindo o trecho de van Fraassen (1989), na epígrafe deste artigo, responder “o que é medir” é o problema central de uma filosofia sobre as medições.<sup>3</sup> Em vista do caráter ubíquo e não unívoco das práticas de medida, também das disciplinas e das tradições nas quais as medições estão inseridas, fornecer uma definição que atravesse todos esses sentidos é uma tarefa ingrata.<sup>4</sup> A prática metrológica atual, no entanto, oferece uma definição. Mas não sem discussão e alterações históricas.<sup>5</sup> Apresentadas nos documentos elaborados pelo *Joint Committee for Guides in Metrology* – JCGM, a versão atual e vigente do “Vocabulário Internacional de Metrologia”, sua terceira edição (doravante VIM 3), define que uma medição é: um processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser razoavelmente atribuídos a uma grandeza (cf. INMETRO, 2012, p. 16).

A definição do VIM 3 se aplica apenas às áreas do saber em vista do qual o próprio documento é formulado, deixando em aberto o caráter interdisciplinarmente global da sua abrangência.<sup>6</sup> Mais importante aqui é evitar a famigerada falácia metrológica, isto é, não devemos considerar que tudo aquilo que envolve medição é assunto a ser tratado exclusivamente pela metrologia. A história e a filosofia das medições são áreas que exemplarmente ultrapassam esse escopo.<sup>7</sup> Afirmar “o que é medir” é um empreendimento tanto científico-metrológico quanto histórico, filosófico e sociológico, que depende dos objetivos visados pelas investigações que posicionam esse objeto de estudo. A história da filosofia ilustra essa dependência: as noções e definições de “medição” legadas na mesma são peças dentro de projetos que as encaixam com teses metafísicas e epistemológicas.

<sup>3</sup> Para uma introdução concisa ao campo, veja-se o verbete de Tal (2020). Por questões de recorte e espaço, questões sobre a padronização e os seus impactos em vista da tecnologia e das tecnociências, como as célebres análises de Porter (1994), não serão abarcadas aqui.

<sup>4</sup> Sobre isso, veja-se a discussão em “*A Quest for the Definition of Measurement*” de Mari (2013).

<sup>5</sup> A título de esclarecimento: o Escritório Internacional de Pesos e Medidas – BIPM, foi criado em 1875 na primeira convenção do metro, com o objetivo de estudar e formular os padrões e fundamentos para um sistema de medições coerente e de abrangência global. Em 1997 foi formado o JCGM: o Comitê Conjunto para Guias em Metrologia responsável pela elaboração e revisão de documentos de referência na prática metrológica. O VIM é o documento de referência com o objetivo de formular uma linguagem e terminologias comuns às áreas do saber abarcadas pela metrologia. Por sua vez, a metrologia é a ciência das medições e das suas aplicações, tal como a define o próprio VIM 3 (cf. INMETRO, 2012).

<sup>6</sup> Isso é tanto uma constatação reiterada pelos documentos de referência quanto uma preocupação constante na elaboração do VIM. Por exemplo, a publicação da terceira edição esteve motivada também pela “necessidade de abordar pela primeira vez medições em química e em medicina laboratorial, bem como de incorporar conceitos, tais como aqueles que se referem à rastreabilidade metrológica, à incerteza de medição e às propriedades qualitativas, [o que] levou a esta 3ª edição” (INMETRO, 2012, p. x).

<sup>7</sup> Isso ocorre porque a história das medições envolve mais do que a história da própria metrologia e da sua aplicação, uma vez que as medições fazem parte de compreensões culturais compartilhadas distribuídas ao longo tempo e das regiões, o que por vezes é um assunto chamado de “metrosofia”. Na filosofia das medições ocorre algo similar, uma vez que essas não são práticas exclusivamente científicas, a área não pode ser restringida a um subcampo da filosofia das ciências e, como atravessa as disciplinas científicas que não são atualmente (e ao menos por enquanto) abarcadas pela metrologia, tampouco reduzida à uma “filosofia da metrologia”.

Ademais, pode-se constatar que essas definições de “medição” enfatizam, cada uma ao seu modo, os componentes da composição tripla: procedimento – alvo – finalidade.<sup>8</sup> Como a filosofia das medições atual é composta por diferentes vertentes, os variados propósitos epistêmicos e pressupostos metafísicos são refletidos no próprio conceito de “medição” por elas avançado. No caso da epistemologia das medições, isso ocorre também em vista do que se entende por conhecimento (sobretudo, o conhecimento científico). O caráter amplo e polissêmico desses conceitos respinga em seus questionamentos gerais (a partir daqui chamados de epistemológicos).<sup>9</sup> O objetivo deste artigo consiste em fornecer um ponto de partida auxiliar para as investigações sobre as medições científicas, posicionando um esquema que permita compreender o que está em jogo nos distintos projetos epistemológicos sobre as medições. Assim, ao invés de trabalhar com uma definição de “medição”, o texto que segue propõe um entendimento que seja útil para encontrar e esclarecer alguns dos problemas (epistêmicos e epistemológicos) que emergem dessas práticas.

Para tanto, argumento que as medições podem ser entendidas enquanto processos organizados em três etapas e sensíveis aos contextos em três aspectos, propondo um esquema pragmático e intuitivo.<sup>10</sup> As três etapas das medições são (I) preparação; (II) operação; (III) interpretação/avaliação.<sup>11</sup> Os três aspectos do contexto das medições podem ser organizados em (A) práticos-empíricos; (B) esquemáticos-teóricos;<sup>12</sup> (C) propósitos.

### **Medições: um esquema frutífero para posicionamentos epistêmicos.**

Desde um ponto de vista intuitivo, as medições podem ser entendidas enquanto processos que visam obter resultados válidos sobre as características em alvo e úteis para algo. Essa

<sup>8</sup> Por exemplo, os projetos empiristas do século XX caracterizam as medições enquanto: (i) procedimentos de atribuição numérica (quantitativa) (ii) para objetos, eventos e/ou suas propriedades (iii) a fim de representar as suas propriedades (qualitativas). Refiro-me aqui à Teoria Representacional da Medição (TRM) e a sua tradição predecessora, por vezes chamada de *Measurement Theory*. Sobre ela, pode-se ver a seção 3 do verbete de Tal (2020). Destaco que, nessa tradição, se o alvo da atribuição numérica é um objeto ou as suas propriedades é algo que variou entre os proponentes, sobretudo em vista das consequências do *framework* proposto para justificar a atribuição numérica, havendo consenso apenas sobre a finalidade de representar as propriedades dos objetos, ao invés dos próprios objetos, uma vez que um mesmo objeto pode manifestar diferentes propriedades mensuráveis.

<sup>9</sup> Opto por usar as palavras “epistêmico” e “epistemológico” para marcar sentidos diferentes: chamo de “problema epistemológico” uma questão geral que envolve as medições ou alguma das suas partes com conceitos gerais da epistemologia (conhecimento, crença, verdade, justificação, objetividade, etc.); utilizo “problema epistêmico” para me referir a uma questão que versa especificadamente sobre a relação entre ao menos um par de componentes no esquema geral das medições em vista de uma das suas etapas.

<sup>10</sup> A noção de que as medições são sensíveis a diferentes aspectos de um mesmo “contexto” é inspirada no trabalho de van Brakel (1984). Para ele, uma medição é uma atividade racional exercida dentro de um contexto, composto por quatro aspectos que devem ser esclarecidos, a saber: quais são os propósitos das medições – o que o autor chama de aspecto teleológico; a sua constituição teórica, as limitações operacionais das nossas capacidades e as propriedades do mundo empírico que são visadas.

<sup>11</sup> Utilizo sempre ambos os termos “interpretação/avaliação” em vista das definições metrológicas de “indicação” e “resultado” – termos que estão esclarecidos adiante no texto. Ao definir uma indicação enquanto um valor, o VIM 3 sugere *en passant* que elas são propriedades instrumentais já interpretadas em um contexto. Um resultado pode ser dito, assim, uma avaliação feita a partir das indicações.

<sup>12</sup> Eu poderia utilizar a palavra “modelo” aqui, mas prefiro a expressão “esquema” para travar algumas das polissemias inerentes ao uso de “modelos” na filosofia da ciência atual. Digo inerentes porque mesmo na epistemologia das medições a palavra “modelo” tem significados distintos. Por vezes, ela denota o que Patrick Suppes chamava de “modelos de dados” (coleções de indicações) e o que van Fraassen (2008) chama de “modelos de superfície” (suavizações estatísticas dessas indicações). Na metrologia, contudo, um modelo é um esquema matemático que explicita as relações entre todas as grandezas que se sabe estarem envolvidas em uma medição (cf. VIM 3, definição 2.48), ou seja, é a modelagem das próprias medições e não uma coleta de dados. Em sua forma mais simples, essa modelagem é dada por uma equação tal que para cada entrada haja uma saída (um *black box model*). A relação entre as indicações e a incerteza das medições é feita através de modelos que utilizam duas funções, o que é chamado de calibração (cf. VIM, 3, definição 2.39).

utilidade pode ser esclarecida atentando para os propósitos e funções desempenhadas pelas medições em contextos científicos: comparar, categorizar, catalogar, manipular por meio de representações quantitativas, definir, avaliar, dentre outras atividades. Esses processos podem ser organizados em três etapas: preparação, operação e interpretação/avaliação.<sup>13</sup> Sobre a etapa de operação, seguindo o VIM 3, uma medição envolve um dispositivo (ou teste) que interage com aquilo que está em alvo em acordo com certas diretrizes previamente detalhadas. A sensibilidade ao contexto em seus aspectos operacionais envolve uma série de detalhes tratados por esses esquemas. Desde as diretrizes mais simples e frequentemente implícitas ou não escritas, como as maneiras (in)apropriadas de limpar, manipular e armazenar dispositivos e amostras, até descrições detalhadas sobre o funcionamento operacional da interação entre os dispositivos e os seus alvos.<sup>14</sup> A interação material e as suas diretrizes precisam ser preparadas em uma etapa anterior e operadas para originar algum tipo de saída que será avaliada/interpretada em uma etapa posterior.

Nesse sentido, medições envolvem uma série de sutilezas contextuais, com aspectos empíricos, esquemáticos-teóricos e pragmáticos. Sobre esses últimos, Cartwright e Runhardt (2014) ajudam a destacar um *para-que* das medições: os propósitos em vista dos quais elas estão sendo formuladas, como por exemplo, classificar o objeto de estudo a fim de adotar políticas públicas eficazes de curto prazo para minimizar os impactos de um problema social. Isso motiva a posicionar os aspectos pragmáticos desse contexto de maneira autônoma, distinguindo *prima facie* entre dois tipos de finalidades.<sup>15</sup> Chamarei de “propósito secundário” esse *para-que* do medir e de “propósito primário” a finalidade *en passant* e constitutiva de qualquer medição: obter resultados válidos. Obviamente, a conexão entre os propósitos primários e secundários é um problema epistemológico *per se*, envolvendo relações de independência, a objetividade da experimentação científica e as teses da neutralidade axiológica da ciência.<sup>16</sup> Em contextos metrológicos, a obtenção de resultado de uma medição é diferente da validação desse resultado. Essa última é sempre relativa ao uso pretendido da medição (vejam-se as definições de verificação

<sup>13</sup> Sobre isso, Cartwright e Runhardt argumentam que as medições, se apropriadamente definidas e executadas, fornecem uma “imagem precisa das coisas que estudamos e o tipo de informação a partir da qual podemos construir leis, modelos e princípios científicos que podem nos ajudar a prever e mudar o mundo ao nosso redor” (2014, p. 265).

<sup>14</sup> Há problemas científicos e filosóficos aqui sobre o tipo de interação experimental adequado ao objetivo do procedimento e o significado da informação obtida (se ela é e pode ser sobre as propriedades do objeto/evento antes, durante e/ou depois da interação). Embora essas questões estejam sempre imersas nos contextos de medição em vista das tecnologias utilizadas e da compreensão sobre o comportamento dos alvos da medição, as humanidades e a física de partículas têm sido os paradigmas para a análise filosófica desses casos. Não obstante, a metrologia quântica tem recebido atenção justamente ao tangenciar efeitos prejudiciais de interações materiais, não raro aprimorando a qualidade dos resultados das medições. A utilização do fenômeno do emaranhamento na Tomografia de Emissão de Pósitrons é um caso já clássico aqui; a utilização de fótons na Tomografia de Coerência Ótica é um bom exemplo mais recente.

<sup>15</sup> Essa distinção é motivada pela análise do conceito de “exatidão” efetuado por Tal (2011). Em vista do estudo de caso sobre como relógios atômicos aproximadamente satisfazem a definição da unidade na medição de tempo, o segundo-padrão, Tal (2011) explica cinco sentidos com que metrologistas trabalham com o conceito de exatidão. Dentre eles, há o sentido metafísico, usualmente colocado por posturas realistas que enfatizam *truth-makers* em vista de uma grandeza ou valor de grandeza dito “real” e independente dos procedimentos de medição a qual é aproximadamente alcançada. Outros três sentidos versam sobre como na prática metrológica, independentemente de (não) haver esse algo que é dito “real” e independente dos procedimentos, metrologistas avaliam a exatidão das suas medições. Finalmente, há o sentido chamado por ele de pragmático: “a exatidão da medição (em qualquer um dos quatro sentidos acima) que é suficiente para encontrar os requerimentos para uma aplicação especificada [...] há quatro subsentidos da exatidão pragmática, correspondentes aos primeiros quatro sentidos da exatidão das medições [...] obviamente, [...] depende do seu uso pretendido” (Tal, 2011, p. 1085).

<sup>16</sup> O propósito secundário é, antes de tudo, uma diretriz que determina desde o início a formulação de certas medições, guiando uma série de escolhas metodológicas. Percebido mais facilmente nas humanidades, esse propósito pode conduzir a formulação da medição como um todo, determinando aquilo que pode e deve ser considerado procedimento adequado em vista do objeto de estudo, o que é manifestado através da seguinte moral no trabalho das autoras: “perguntar se a Síria está em guerra civil não é razoável, a menos que digamos com que finalidade gostaríamos de classificar a Síria como estando ou não em guerra civil” (Cartwright e Runhardt, 2014, p. 275).

e validação no VIM 3, respectivamente, 2.44 e 2.45). Voltarei ao tema dos propósitos secundários adiante, junto da discussão sobre a preparação das medições. Antes, é preciso salientar o entorno dos propósitos primários em vista da etapa de interpretação/avaliação.

Ilustrado na Figura 1, a epistemologia das medições trabalha com a distinção metrológica entre indicações (ou leituras) e resultados (cf. Tal, 2020, seção 7).<sup>17</sup> Uma indicação é aquilo que aparece no estágio final experimental, após a interação dispositivo-alvo, como a posição de um ponteiro, pontos em um gráfico, sinais em um detector ou marcas em um papel. Nesse sentido, mesmo que sejam atribuídos números às indicações, os seus significados versam sobre esses estados instrumentais e não sobre a medição “final” do alvo. Isso é feito fornecendo um resultado: a expressão avaliativa das indicações que detalha as características da própria medição e a sua qualidade, geralmente dada na forma de: valores quantitativos (números), acrescidos de referência (unidade e escala) e de informações sobre a qualidade da medição (usualmente a avaliação da incerteza). Os tipos de inferências e a dependência teórica envolvida na passagem das indicações para os resultados são os objetos de estudo de diversas abordagens na epistemologia das medições. Sobretudo, as abordagens baseadas em modelos argumentam que atentar para os aspectos da modelagem estatística metrológica fornece um *framework* frutífero para se compreender em que sentido os resultados são afirmações epistêmicas sobre os alvos.<sup>18</sup> Assim, os erros, a incerteza e a exatidão são os conceitos técnico-epistêmicos centrais nessa abordagem sobre as inferências metrológicas, os quais são esclarecidos em vista das análises da modelagem estatística efetivamente utilizada, sobretudo, na calibração e no papel desempenhado por padrões (cf. VIM 3, def. 2.39 e def. 5.1).

---

<sup>17</sup> O VIM 3 apresenta as seguintes definições e esclarecimentos. Um resultado de medição é um “conjunto de valores atribuídos a um mensurando, juntamente com toda outra informação pertinente disponível [...] geralmente contém “informação pertinente” sobre o conjunto de valores [...] é geralmente expresso por um único valor medido e uma incerteza de medição. Caso a incerteza de medição seja considerada desprezável para alguma finalidade, o resultado de medição pode ser expresso como um único valor medido. Em muitos domínios, esta é a maneira mais comum de expressar um resultado de medição” (INMETRO, 2012, p. 18). Uma indicação é um “valor fornecido por um instrumento de medição ou por um sistema de medição [...] pode ser representada na forma visual ou acústica ou pode ser transferida a um outro dispositivo. A indicação é frequentemente dada pela posição dum ponteiro sobre um mostrador para saídas analógicas, por um número apresentado num mostrador ou impresso para saídas digitais, por uma configuração codificada para saídas em código ou por um valor atribuído a medidas materializadas” (INMETRO, 2012, p. 37).

<sup>18</sup> Resumidamente, o argumento central dessa abordagem versa sobre a sensível dependência dos resultados das medições em relação aos seus modelos, isto é, os resultados mudam se os modelos forem alterados, sendo a sensibilidade ao aspecto da modelagem no contexto das medições o que explica algumas das questões centrais na epistemologia das medições. Assim, os conceitos epistêmico-metrológicos, como a estabilidade (qualidade de se obter resultados consistentes ao longo do tempo e/ou através de diferentes ambientes e instrumentos), são também sensíveis a esses modelos. Por exemplo, quando se questiona se os instrumentos estão concordando ou discordando entre si, estão ou não medindo as mesmas grandezas, a questão não versa sobre as indicações dos instrumentos, os dígitos ou qualquer outro indicativo que é fornecido na configuração experimental final, mas sobre os seus resultados, os quais são carregados pelos seus modelos.

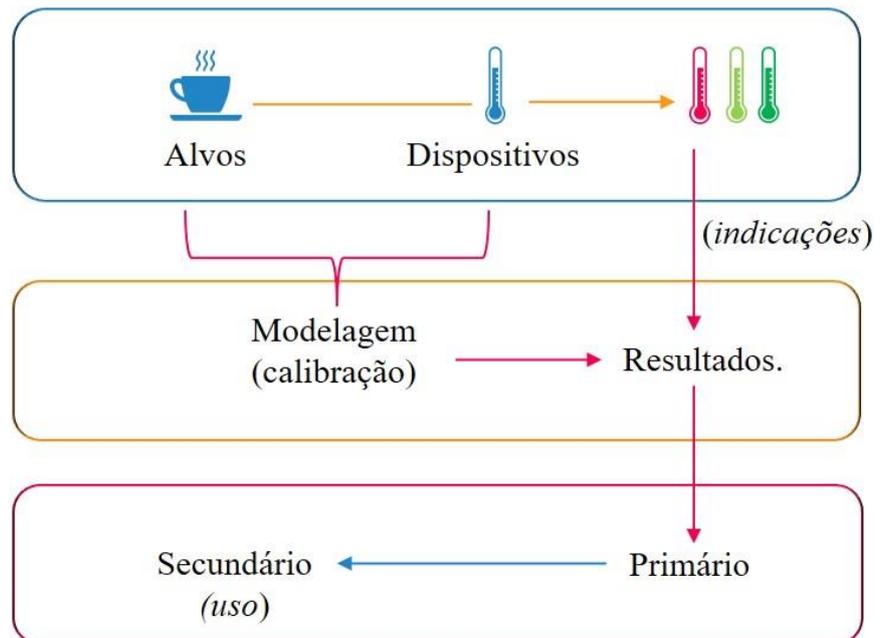


Figura 1. Interpretação/avaliação

Fonte: elaboração própria.

Esses problemas versam especificadamente sobre a etapa de avaliação das medições, na qual os aspectos esquemáticos e teóricos do contexto já está preparado em vista da compreensão dos alvos e dos procedimentos. Relacionado com a questão da passagem inferencial das indicações para os resultados através da modelagem estatística, está a manutenção de conceitos centrais para as medições em vista desses modelos. Regularidades, uniformidades, simultaneidade, estabilidade, repetibilidade, dentre outras, são noções imprescindíveis na formulação e manutenção de medições em rede e da avaliação da exatidão das mesmas. Esse tópico tem sido exemplarmente discutido por Tal (2011, 2016) sobre a exatidão do segundo e a manutenção do Tempo Universal Coordenado (UTC).

Tal (2016) argumenta que a estabilidade é uma noção de duplo aspecto a partir da qual resultados de medição são comparáveis ao longo do tempo e por meio de diferentes instrumentos, cujo entendimento e formulação do seu próprio significado envolve uma cadeia de idealizações, modelos idealizados. No nível mais idealizado estão as definições que, nesse caso, pode ser pensada considerando o que um relógio perfeito e absolutamente exato conseguiria medir. Na prática, elas nunca são absolutamente satisfeitas, é tecnologicamente impossível, sendo assim aproximadamente satisfeitas (“realizadas”, na terminologia metrológica). Isso requer critérios de avaliação sobre o que conta como “boa” aproximação, sobretudo em vista dos critérios para avaliar a exatidão de diferentes instrumentos que realizam aproximadamente a mesma definição. A definição, por sua vez, não é suficiente para essa escolha: não determina qual é o procedimento “mais exato”, havendo aqui uma lacuna *à la façon* dos temas da subdeterminação na filosofia da ciência.

Para isso, entram em cena o papel desempenhado pelos modelos estatísticos: são ferramentas mediadoras para a aplicação dos conceitos e abstrações aos procedimentos concretos particulares, permitindo que metrologistas consigam especificar e modificar algoritmos (os próprios modelos) na avaliação do desempenho dos instrumentos. No caso do UTC, visa-se analisar, dentre outros aspectos, quais relógios estão “melhor” satisfazendo aproximadamente a definição e quais reformulações nos modelos podem ser feitas para melhorar o desempenho desses instrumentos. Assim, as definições são um aspecto do contexto teórico previamente estabelecido

– na etapa de preparação – enquanto a modelagem é ativamente executada na manutenção e acompanhamento dessas medições, uma etapa de avaliação com aspectos contínuos e recursivos, com revisões periódicas.

Há ainda dois pontos em aberto aqui: o esclarecimento dos outros componentes do aspecto teórico-contextual das medições e a compreensão de um problema epistemológico, chamado de problema de “coordenação”. Em sentido amplo, o que é atualmente chamado de problema de coordenação consiste em responder ao par de perguntas “o que é x” (sendo x uma propriedade mensurável) e “o que conta como procedimento de medição apropriado para x” (cf. van Fraassen, 2008). Esse problema epistemológico pode ser (e historicamente tem sido) analisado através de diferentes especificações sobre essa adequação, para as quais eu guardei a expressão “problemas epistêmicos”. No trabalho de Tal, seguindo “Reichenbach, [...] o termo ‘coordenação’ denota um ato que especifica o modo de aplicação de um conceito abstrato a um nível concreto” (2016, p. 323).<sup>19</sup> Havendo muitos conceitos em conexão com esse nível concreto, cada relação pode ser vista como um caso de “coordenação”. Esses problemas epistêmicos versam sobre a conexão entre diferentes elementos dos aspectos práticos-empíricos e contextuais, encontrados já etapa de preparação das medições.

Evitando uma listagem exaustiva dos elementos do aspecto teórico no contexto das medições, destaco apenas aqueles utilizados no esclarecimento já feito até aqui e necessários para a compreensão dos problemas de coordenação. A preparação das medições caminha em torno da especificação dos seus alvos (sobretudo das grandezas) e de como essa especificação está relacionada com a operacionalização dos seus significados. Pensando nas medições enquanto métodos de pesquisa nas ciências sociais, Cartwright e Runhardt (2014) distinguem três atividades que servem como requerimentos metodológicos, chamadas de “caracterização”, “representação” e “procedimentos no campo” (*on the ground procedures*). O aspecto operacional é o tema dessa última, enquanto a especificação do alvo ocorre nas duas primeiras. A caracterização consiste na boa formulação de um conceito, ou definição, do que se pretende medir, o que pode ser feito em termos qualitativos. O caráter quantitativo é associado na representação: juntar a noção conceitualizada ou definida com algum tipo de representação quantitativa, por exemplo, algum tipo de escala, distribuições de probabilidade, tabelas de indicadores, dentre outras. Assim, a especificação dos alvos das medições é dada por um par caracterização-representação.

Note-se que a utilização do artigo indefinido “um” ao invés do artigo definido “o” é proposital, uma vez que esse último pode dar a entender que há um único par considerado correto ou adequado para cada alvo – o que nem sempre é o caso (sobretudo em vista dos propósitos secundários das medições). Inclusive, esse é o argumento levantado pelas próprias autoras para as medições nas ciências sociais. Em suas palavras: “qual desses pares representação/caracterização é melhor? Como temos pressionado, na maior parte não há uma resposta correta. Ela depende dos propósitos” (Cartwright e Runhardt, 2014, p. 275). Relacionado a isso, é preciso notar também que a mensurabilidade de um alvo é um tema dentro de uma tradição de pesquisa. Isso significa que a etapa de preparação de medições é um desafio distinto entre tradições de pesquisa em que os alvos já são bem definidos daquelas em que esses ainda não o são (ou, por algum motivo, não podem ser). Por outro lado, isso também ocorre no sentido das áreas de investigação que possuem propósitos específicos que guiam as suas matrizes disciplinares e aos quais as medições subjazem – os propósitos secundários. Esses pontos são corroborados por notas adicionais na própria definição de “medição” fornecida no VIM 3: ela “pressupõe uma

---

<sup>19</sup> Sobre o papel de Reichenbach na história do problema de coordenação, veja-se Padovani (2015).

descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum resultado de medição” (INMETRO, 2012, p. 16).

Não obstante, haver essas descrições detalhadas e definições procedimentais utilizadas como referência bem estabelecidas são os aspectos utilizados por Finkelstein (2003, 2009) para distinguir entre medições em sentido forte e fraco.<sup>20</sup> Para além das considerações do autor, o VIM 3 ajuda a esclarecer alguns dos componentes utilizados nas medições em sentido bem definido. Parte desses já foi mencionada até aqui: a definição de resultados (e.g., valor acrescido de referência e incerteza), os modelos, as definições das unidades e as escalas (ou demais esquemas quantitativos). Outro, ainda não mencionado, é encontrado observando uma parte da definição metrológica de “procedimento de medição”: o qual é uma descrição “de acordo com um ou mais *princípios de medição* [...]” (INMETRO, 2012, p. 17). Por sua vez, um princípio de medição é um “fenômeno que serve como base para uma medição [...] [por exemplo] o efeito termoelétrico aplicado à medição da temperatura [...] o fenômeno pode ser de natureza física, química ou biológica” (INMETRO, 2012, p. 17).

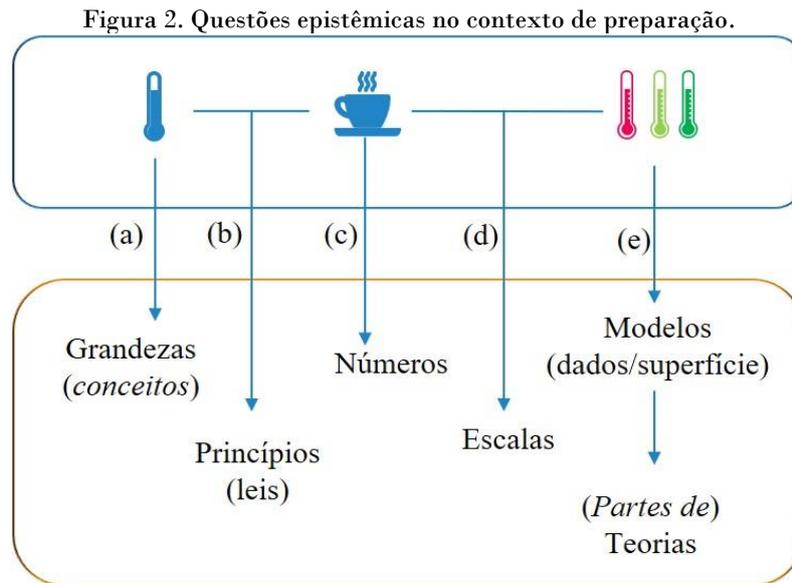
Cumprir notar que é na utilização desses princípios que encontramos a conexão mais evidente entre as medições e as teorias científicas, adentrando aos problemas epistemológicos da dependência teórica da experimentação e dos relatos observacionais.<sup>21</sup> Isso posto, os elementos esquemáticos-teóricos e as suas conexões com os aspectos empíricos formam problemas epistêmicos sobre as medições historicamente tratados na área. Ilustrados na Figura 2, são elas: (a) dispositivos e grandezas (conceitos); (b) dispositivos e princípios (teorizações sobre o comportamento das grandezas); (c) objetos (em alvo) e números (representações numéricas de qualidades ou relações qualitativas); (d) o comportamento (regular e observável) dessas propriedades (alvos qualitativos) e os tipos de escalas (as características algébricas das representações numéricas das qualidades ou relações qualitativas); (e) indicações, modelos e (partes de) teorias. Como fechamento deste artigo, cumpre explicitar brevemente cada um desses problemas.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> Finkelstein argumenta que as medições “fortes” seguem um “paradigma” de mensurabilidade a partir de três aspectos teóricos, enquanto uma medição “fraca” é aquele em que ao menos um desses aspectos não é satisfeito; são eles: operações empíricas bem definidas, mapeamentos em esquemas de representação quantitativa que satisfazem certos desideratos e teorias bem formadas com amplo conhecimento sobre o assunto (cf. 2009, p. 1271; cf. 2003, p. 43).

<sup>21</sup> Sobre a liberdade metrológica para a utilização desses princípios na definição das unidades, veja-se Quinn (2017).

<sup>22</sup> Vale notar que são questões de “coordenação” diferentes das já sinalizadas (sobretudo do que é investigado no trabalho de Tal, 2016), uma vez que essas últimas versam sobre a etapa de avaliação das medições, enquanto há conexões que são dificuldades do contexto de preparação das medições. Para fins de ilustração dessa diferença: ao invés de analisar as inferências realizadas na termometria atual através das relações coerentes que são mantidas por suas práticas de modelagem, os problemas de preparação visam uma série de questões sobre o surgimento e a maturação da termometria, como a formulação das suas escalas, conceitos, testes e princípios.



### Considerações finais

Em sentido amplo, a epistemologia das medições trata da relação entre o medir e o saber, sobretudo em contextos científicos. Assim, e ao seu modo, ela versa também sobre problemas clássicos na filosofia da ciência. Para mencionar alguns: falseabilidade e confirmação, o problema da indução e suas variantes, a dependência teórica da experimentação, dentre outros tópicos relacionados com a justificação, a objetividade, a conexão teoria e mundo, a natureza do conhecimento científico, seu aprimoramento e progresso. Como levantado por Finkelstein (2003, 2009), trata-se de um campo de estudos com uma agenda de problemas sobre o desenvolvimento tanto histórico quanto atual das medições na ciência.

Por um lado, parte desses estudos são semânticos, caso da relação (a) entre dispositivos e grandezas enquanto tema central da proposta operacionalista (cf. Bridgman, 1927). Propostas convencionalistas, como as de Carnap (1966), também visam essa questão semântica. Cartwright e Chang (2013) esclarecem o que está em jogo aqui são versões moderadas e radicais entre as posturas realistas e os nominalismos sobre as grandezas. O significado de uma grandeza envolve tanto uma referência ao modo como ela é encontrada, quanto uma denotação sobre a maneira com a qual ela se comporta em vista desse modo. Assim, essas posturas também versam sobre a conexão (b) entre dispositivos e os princípios (ou leis). Ademais, essa conexão é o cerne do tema da coordenação na abordagem convencionalista de Mach (1986), também do mais recente “problema da medição nômica” discutido por Chang (2004).<sup>23</sup>

Contudo, a compreensão do comportamento das grandezas e dos instrumentos aparece em relação de mútua dependência com a formulação de teorias empíricas que exigem testes através desses próprios dispositivos, envolvendo assim três problemas epistemológicos: a dependência teórica das medições que remonta ao célebre artigo de Kuhn (1979); como devemos interpretar os conceitos que recebem tratamento quantitativo nas teorias científicas; finalmente, a possibilidade de barrar circularidades viciosas e regressos ao infinito na justificação desse tratamento

<sup>23</sup> O problema da medição nômica consiste em: “o problema da circularidade na tentativa de justificar um método de medição que se baseia em uma lei empírica que conecta a quantidade a ser medida com outra quantidade que é (mais) diretamente observável. A verificação da lei exigiria o conhecimento de vários valores da quantidade a ser medida, a qual não pode ser obtida com segurança sem confiança no método de medição” (Chang, 2004, p. 256).

quantitativo, sobretudo posicionando um alicerce metafísico ou empírico, uma espécie de problema de fundamentação das medições.

É em vista desse último tipo de problema que Helmholtz (1997[1887]), contemporâneo de Mach, esteve interessado no significado objetivo de expressar relações qualitativas da natureza através de números. A questão por ele colocada formou uma tradição empirista sobre as condições da mensurabilidade que tornam adequadas a conexão (c) entre o “mundo” (composto apenas por qualidades e relações qualitativas) e as representações numéricas.<sup>24</sup> Stevens (1946) ampliou o escopo desses estudos ao distinguir entre tipos de escalas em função das suas propriedades algébricas, analisadas juntos das respectivas regras de formação dessas escalas; a relação (d) na Figura 2.

Na segunda metade do séc. XX, os problemas sobre a adequação da representação numérica e as dúvidas sobre os tipos de escalas foram abarcados pela Teoria Representacional da Medição (TRM). Em um período de maturação dessa teoria, Suppes e Zinnes (1962) propuseram um *framework* para tratar ambos os temas de forma conjunta, sinalizando dois problemas e oferecendo dois teoremas: os chamados “problemas representação” e “problema de unicidade” (com mesmo nome para os seus respectivos teoremas). Atualmente, a TRM é um projeto controverso uma vez que a ferramenta proposta versa sobre “medições fundamentais”, o que por vezes tem sido interpretado como uma tentativa fundacionalista de justificação com base em observações que deveriam excluir dependências teóricas, deixando implícito como se dá a conexão entre as medições fundamentais e as teorias científicas. Mais recentemente, essa conexão tem sido o objeto de estudo da abordagem empirista de van Fraassen (2008), a fim de marcar um equilíbrio sutil entre as medições científicas e a compreensão do mundo teoricamente situada envolvida na noção de “adequação empírica”. Enfatizando a relação (e) entre aquilo que aparece na configuração instrumental e as teorias científicas, van Fraassen (2008) argumenta que a questão epistemológica da coordenação envolve uma compreensão que combina análises “desde dentro” e “desde cima” da prática científica. O recurso ao aspecto “desde dentro” visa suprir uma série de questões explicativas que uma “justificação”, analisada através das reconstruções formais das teorias e os isomorfismos entre esses modelos, não é capaz de abarcar *per se*.

*Last but not least*, tanto através dessa consideração historicista quanto na prática atual os objetivos secundários das medições não podem ser negligenciados, sobretudo formando processos recursivos de “re-coordenação”: a re-avaliação e a re-preparação do contexto das medições. Tal (2011, 2016), Chang (2004) e van Fraassen (2008) têm explorado justamente esse ponto. Ao invés de buscar barrar as circularidades vistas como viciosas buscando algum tipo de alicerce, eles argumentam, cada um ao seu modo, que as relações de mútua dependência entre os aspectos esquemáticos-teóricos e os aspectos práticos-empíricos são virtuosas. O caráter virtuoso, contudo, só pode ser analisado em vista dos propósitos das medições: no aprimoramento das qualidades dos resultados, na manutenção das medições em rede espalhadas ao redor do mundo, na maximização da adequação empírica de uma teoria através de cláusulas metodológicas, no progresso científico. Nesse sentido, mostra-se imprescindível tratar uma série de virtudes epistêmicas/pragmáticas, como a exatidão, a amplitude da aplicação dos procedimentos, os custos e os impactos dos mesmos.

<sup>24</sup> A separação entre a natureza que é qualitativa e o quantitativo é uma tese que atravessa esses projetos empiristas, motivo pelo qual Mari (2003, p. 21-23) denomina a parte da história da epistemologia sobre as medições que se desenvolve na influência de Helmholtz, de Stevens, de Suppes e do convencionalismo de “período anti-metafísico”. Essa tese geral é bem ilustrada nas seguintes palavras de Carnap: “o próprio fenômeno não contém nada numérico [...] nós introduzimos o conceito numérico [...] somos nós quem atribuímos números à natureza. O próprio fenômeno exibe apenas qualidades que nós observamos. Tudo o que é numérico, exceto os números cardinais que podem ser correlacionados com os objetos discretos, é trazido por nós mesmos quando planejamos procedimentos para a medição” (Carnap, 1966, p. 100).

Esses aspectos epistêmicos-pragmáticos são esclarecidos por Cartwright e Runhardt: “alguns procedimentos podem ser mais caros ou demorados, e alguns podem ser injustos ou antiéticos. Portanto, não é apenas o grau de precisão que nos ajuda a escolher um procedimento. É muito uma questão de prioridades” (2014, p. 277). O estabelecimento dos procedimentos adequados em vista dessas prioridades ilustra um motivo pelo qual o termo “coordenação” tem sido central na área: “chegar a procedimentos corretos envolve estabelecer prioridades [...] problemas com nossos procedimentos nos forçam a refinar nossa caracterização” (Cartwright e Runhardt, 2014, p. 267), retornando a etapa de (re)preparação das medições para se adequar às virtudes apropriadas em vista das finalidades visadas. Ainda de acordo com as autoras, isso exige uma espécie de “coerência” na boa formulação para os diferentes aspectos contextuais das medições: “é importante que as três atividades se combinem. Elas não devem apenas ser consistentes, mas também se apoiarem mutuamente” (Cartwright e Runhardt, 2014, p. 267). Esse apoio é “coordenativo” em sentido pragmático, como tem sinalizado Chang (2016) em trabalhos mais recentes: assim como andar de bicicleta envolve certas “coerências” coordenativas motoras, ambientes e cognitivas, as medições requerem uma harmonia prática, operacional e teórica, analisáveis desde um ponto de vista das atividades cognitivas efetivamente executadas nesses contextos para atingir certos objetivos, não apenas em função da natureza do que delas resulta.

Nesse sentido, as análises epistemológicas sobre as medições envolvem a combinação dos componentes nesses aspectos contextuais, sempre em vista das etapas de um processo, havendo uma multiplicidade de questões epistêmicas avançadas sobre as dúvidas epistemológicas. Penso que não poderia ser diferente: essa variedade apenas ilumina a própria complexidade envolvida nas medições científicas. Lembrando do dito por van Fraassen ainda na epígrafe deste artigo, espero ter mostrado que é a reunião dessas questões que faz com que a epistemologia das medições abarque as perguntas sobre “o que é medir”, também “o que é saber”, na esperança de que esse todo se torne inteligível.

## Referências

- BRIDGMAN, Percy. *The Logic of Modern Physics*. New York: Macmillan, 1927.
- CARNAP, R. *Philosophical Foundations of Physics: An Introduction to the Philosophy of Science*. New York: Basic Books, Inc., 1966.
- CARTWRIGHT, Nancy; CHANG, Hasok. Measurement. In: CURD, M.; PSILLOS, S. (org.). *The Routledge Companion to Philosophy of Science*. 2nd ed. New York: Routledge, 2013, p. 411 – 419.
- CARTWRIGHT, Nancy; RUNHARDT, Rosa. Measurement. In: CARTWRIGHT, N.; MONTUSCHI, E. (org.). *Philosophy of Social Science: a new introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2014, p. 265-287.
- CHANG, Hasok. *Inventing temperature*. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- CHANG, Hasok. Pragmatic realism. *Revista de Humanidades de Valparaíso*, n. 8, p. 107-122, 2016.
- FINKELSTEIN, Ludwik. Widely, Strongly and Weakly Defined Measurement. *Measurement*, v. 34, p. 39–48, 2003.
- FINKELSTEIN, Ludwik. Widely-defined Measurement – An analysis of challenges. *Measurement*, v. 42, p. 1270–1277, p. 2009.
- HELMHOLTZ, Hermann von. Numbering and Measuring From an Epistemological Viewpoint. In: COHEN, R. ELKANA, Y. Hermann von Helmholtz epistemological writings: the Paul Hertz/Moritz Schlick Centenary Edition of 1921. Trans. Malcolm Lowe. *Boston studies in the philosophy of science*, v. 37. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1977, p. 72 – 102.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *JCGM: 200 – 2012. Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 3, 2012)*. 3 ed. Duque de Caxias: INMETRO, 2012. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf). Acesso em: 15 mar. 2020.
- KUHN, Thomas. The Function of Measurement in Modern Physical Sciences. *Isis*, v. 52, n. 2, 1961.
- MACH, Ernst. *Principles of the Theory of Heat*. T. J. McCormack (trans.). Dordrecht: D. Reidel, 1986.
- MARI, Luca. A Quest for the Definition of Measurement. *Measurement*, v. 46, p. 2889-2895. 2013.
- MARI, Luca. Epistemology of Measurement. *Measurement*, v. 34, p. 13 - 30, 2003.
- PADOVANI, Flavia. Measurement, Coordination, and The Relativized a Priori. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, v. 52, p. 123–128, 2015.
- PORTER, Theodore. Objectivity as Standardization: The Rhetoric of Impersonality in Measurement, Statistics, and Cost-Benefit Analysis. In: MEGILL, A. (org.). *Rethinking Objectivity*. London: Duke University Press, 1994, p. 197-238.
- QUINN, Terry. From Artefacts to Atoms – A new SI for 2018 to be Based on Fundamental Constants. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 65-66, p. 8-20, 2017.
- STEVENS, Stanley. On the Theory of Scales of Measurement. *Science*, v. 103, p. 677–680, 194
- SUPPES, Patrick; ZINNES, Joseph. *Basic Measurement Theory*. Psychology Series - Technical Report No. 45, 1962
- TAL, Eran. How Accurate Is the Standard Second? *Philosophy of Science*, v. 78, n. 5, p. 1082-1096, 2011.
- TAL, Eran. Making Time: A Study in the Epistemology of Measurement. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 67, 2016, p. 297–335, 2016.

TAL, Eran. Measurement in Science. In: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2020. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/entries/measurement-science>. Acesso em: 30 nov. 2020.

Van BRAKEL, J. Norms and facts in measurement. *Measurement*, v. 2, p. 45-51, 1984.

Van FRAASSEN, Bas. *Laws and Symmetry*. Oxford: Oxford University Press, 1989.

Van FRAASSEN, Bas. *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. Oxford: Oxford University Press, 2008.

---

**Autor(a) para correspondência / Corresponding autor:** Félix Flores Pinheiro. feliks.sm@gmail.com