



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

Félix Flores Pinheiro

**INVESTIGAÇÕES EPISTÊMICAS SOBRE AS MEDIÇÕES CIENTÍFICAS:
REPRESENTAÇÕES NUMÉRICAS, CONHECIMENTO E OBJETIVIDADE**

Florianópolis
2021

Félix Flores Pinheiro

**Investigações epistêmicas sobre as medições científicas: representações numéricas,
conhecimento e objetividade**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do título de doutor em Filosofia.
Orientador: Prof. Décio Krause, Dr.
Coorientador: Prof. Ivan Ferreira da Cunha, Dr.

Florianópolis

2021

Félix Flores Pinheiro

**Investigações epistêmicas sobre as medições científicas: representações numéricas,
conhecimento e objetividade**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alberto Oscar Cupani, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Jerzy André Brzozowski, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Frank Thomas Sautter, Dr.

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de doutor em filosofia.

Prof. Ivan Ferreira da Cunha, Dr.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Décio Krause, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2021.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pinheiro, Félix

Investigações epistêmicas sobre as medições científicas :
representações numéricas, conhecimento e objetividade /
Félix Pinheiro ; orientador, Décio Krause, coorientador,
Ivan Ferreira da Cunha, 2021.

187 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa
de Pós-Graduação em Filosofia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Filosofia. 2. Filosofia das Medições. 3.
Representações Científicas. 4. Objetividade da Ciência. 5.
Conhecimento Científico. I. Krause, Décio . II. Ferreira da
Cunha, Ivan. III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Filosofia. IV. Título.

Este trabalho é dedicado à minha mãe e demais profissionais da saúde.

AGRADECIMENTOS

Aquilo que não pode ser dito você pode mostrar, explicava a professora Janyne Sattler ainda lá na UFSM, a quem agradeço (por)tanto. Por vezes a gratidão pode ser tomada literalmente: agradeço à CAPES pela concessão das bolsas que financiaram esta pesquisa. Outras vezes ela faz parte daquilo que não cabe na linguagem: agradeço à minha família, também ao Gilvan e à Mariana, pelo mais puro inefável. O inefável, contudo, não pode ser sempre um refúgio e com a pretensão oportuna, ou com arte, ou com sorte, o indizível pode se mostrar. Me esforço com as palavras na esperança de que sejam tão significativas quanto o sentimento que lhes move.

Lembro que além de tempo, dedicação é uma medida aqui, mas ela raramente esteve desacompanhada ou dispensou parceria, seja em meus ambientes institucionais ou fora deles. Um pouco mais por fora dos meus círculos: agradeço ao professor José Díez, por mostrar o universo; ao professor Otávio Bueno, por apontar o sutil; ao professor Bas van Fraassen, pelo esclarecimento. Por fim, agradeço ao professor Rafael Vaz pela procura, pela rubrica e pelo fôlego. Um pouco mais por dentro está o filosofar cotidiano, meus ambientes foram e têm sido a UFFS, a UFSC e a UFSM, meu ponto de partida na filosofia.

Ubiquidade é a palavra quando se trata da influência da UFSM em minha vida e produção acadêmica. Deixo um agradecimento coletivo aos profissionais da mesma, sobretudo ao departamento de filosofia: pelo cuidado, pela inquietação e pelo encanto. Particularmente, agradeço ao professor Frank Thomas Sautter pela orientação sempre atenciosa e manifesta, desde a aceitação em desenvolver o trabalho duvidoso proposto por um jovem cabisbaixo, às palavras que motivaram e comemoraram o surgimento de novos projetos. Obrigado por fazer parte de mais um deles, professor Frank. Espalhados pelo mundo estão as parcerias da cena santa-mariense que me reencontraram ao longo das nossas filosofias errantes. Pelos abraços verbais e não verbais, lhes agradeço carinhosamente: Marina, Tamires, Matheus, André, Vítor, Rafael, Krishna, Ketlyn, Karine, Natália e Lúrian. Agradeço também ao Róbson e à Kariane pela... parceria... e... também ao Gilson por... por trazerem de volta o caráter inefável da gratidão, vocês estragaram até isso! Colegas, estudantes e servidores da UFFS recebem aqui minha gratidão. Considero o período de docência junto de vocês fundamental para a maturação de muitas das ideias que aqui estão. Em especial, agradeço aos estudantes da disciplina de Teoria do Conhecimento e de Metodologia, pela renovação. Da disciplina de Tópicos Especiais, pelos olhares. Da disciplina

de Filosofia das Ciências, pelas estruturas paradigmáticas e revolucionárias. Contem sempre comigo, vocês são incríveis!

Paraquedista é uma boa definição para o início dos meus caminhos na UFSC (penso que a Kariane concordará). Assim, agradeço à comunidade pelo acolhimento. Agradeço aos colegas de orientação pelos *quanta*. Ao Kherian, pelos muitos sentidos de ser sim e de ser não; à Joane, pelas *Lectures*; ao Lauro pela realidade realmente real da amizade (você saberá deflacionar); ao Raoni, pela meta-interpretação da meta-meta-física dos muitos (meta)mundos(?) em que a amizade é possível – para a minha sorte, estamos em um deles. Agradeço também ao Hiago e ao pessoal dos grupos de estudos – foram muitos, né? Ítalo e Renato que o digam. Obrigado pessoal, vocês sabem quem são. Agradeço aos professores Newton da Costa, Luiz Henrique de Araújo Dutra, Jonas Arenhart e Alexandre Meyer Luz, pelos modelos. Também agradeço aos professores que acompanharam e avaliaram este trabalho, por suas correções e sugestões. Em especial, ao professor Jerzy Brzozowski, pelas amostras; ao professor Alberto Cupani, pela maestria e pelos horizontes. Ao meu orientador, professor Décio Krause, por comprar as ideias e pela confiança: dentre as suas inúmeras virtudes, questionar-motivando é a sua arte. Obrigado por exercitá-la comigo, Décio. Ao professor Ivan Ferreira da Cunha, meu coorientador: Ivan, se somos marinheiros que precisam reconstruir seu barco em mar aberto, quando eu não soube para onde ir, você foi um mapa; quando eu tinha em mente um horizonte, mas não sabia como chegar, você foi uma bússola. Face às tempestades e aos maremotos da atual jornada, tenho certeza que essa opinião não é só minha. Por se empenhar em jamais termos o sentimento de estar à deriva, muito obrigado!

Oceânico, já que falei em maremotos e tempestades, parece ser o melhor termo quando o assunto é o carinho por você, Tânia. Para falar de você nunca faltam virtudes. Você traz um sentido especial para todas elas. É incrível como você mistura liberdade, responsabilidade e confiança com absoluta exatidão. A incerteza só tem lugar ao seu lado quando frutífera. A precisão é a marca do seu olhar. A simplicidade e a elegância são suas companheiras inseparáveis. Você é uma manifestação de cuidado, seja do filho, dos sobrinhos ou dos pacientes no hospital universitário e por onde passa se torna padrão a ser seguido. Da luta por uma vida melhor comigo ainda na barriga, à linha de frente na luta da pandemia, você é a própria coragem. Mãe, você é o único alicerce metafórico que faz sentido na minha vida, obrigado por ser a medida do meu mundo.

Finalmente, agradeço à Luiza, à Anita e ao Panda, pelo amor, esse sim, sem medidas

Página propositalmente deixada em branco.

“Aquele era o tempo em que as mãos se fechavam e nas noites brilhantes as palavras voavam. E eu via que o céu me nascia dos dedos e a Ursa Maior eram ferros acesos. Marinheiros perdidos em portos distantes, em bares escondidos, em sonhos gigantes. A cidade vazia, da cor do asfalto, alguém me pedia que eu cantasse mais alto. Quem me leva os meus fantasmas? Quem me salva dessa espada? Quem me diz onde é a estrada? Aquele era o tempo em que as sombras se abriam. Em que homens negavam o que outros erguiam. Eu bebia da vida em goles pequenos, tropeçava no riso, abraçava de menos. De costas voltadas não se vê o futuro, nem o rumo da bala, nem a falha no muro. E alguém me gritava com voz de profeta que o caminho se faz entre o alvo e a seta”

Maria Bethânia. ¶

¶ Versão da canção “Quem me leva os meus fantasmas” reinterpretada por Maria Bethânia em “Carta de Amor”, Gravadora Biscoito Fino, 2013. Composição original de Pedro Machado Abrunhosa, álbum “Luz” – Universal Music Portugal, 2007.

RESUMO

Medições são atividades ubíquas, mas não unívocas. Seus componentes, unidades e resultados são tão familiares que escondem os esforços da história do seu nascimento: são convenções que se camuflam nos fenômenos. Seus processos conceituais são colas entre a experimentação e a teorização. Nos contextos em que são aplicadas, medições atuam como sinônimos de padronização, de controle e de confiabilidade. Mas são também sinônimos de conhecimento? Em função do seu inegável valor científico, o medir pode ser visto também como pré-condição do saber, ou ainda, como expressão máxima do conhecimento sobre um assunto. Sobre esse último ponto, pode-se argumentar que uma medição fornece representações numéricas válidas, exatas e objetivas, sendo representações fiéis do que está em alvo. Indagar se essas visões são corretas é iniciar uma busca pelas características epistemológicas que aproximam as medições do conhecimento, tema central desta tese. Em sentido amplo, esta tese versa sobre as relações entre as práticas de medida e a produção, justificação e o aprimoramento do conhecimento científico. Mais precisamente, sobre algumas propostas que visam compreender diferentes faces desses vínculos, isto é, abordagens epistêmicas sobre as medições. Em acepção histórico-disciplinar, essas propostas fomentam uma epistemologia sobre as medições, uma área de investigação filosófica relativamente recente. O principal objetivo desta tese é apresentar uma coleção de problemas a fim de chamar a atenção para o campo, pois embora venha recebendo cada vez mais atenção, permanece pouco discutido nos círculos filosóficos. Metodologicamente pensado para realizar um convite às discussões, o trabalho promove uma incursão por alguns dos temas da epistemologia sobre as medições, ressaltando suas conexões com discussões na epistemologia e na filosofia da ciência atual. Organizado em três partes, o trabalho fornece uma investigação propedêutica sobre o que são medições e alguns problemas epistêmicos tradicionalmente levantados sobre elas. Discute também como algumas posturas empiristas do último século se propuseram a pensar sobre esses problemas e alguns desafios levantados a elas. Finalmente, discorre sobre alguns projetos desse século e que estão em curso, chamando a atenção para o caminho profícuo em aproximá-los com os debates sobre a objetividade da ciência.

Palavras-chave: Medições. Filosofia das medições. Conhecimento Científico. Objetividade.

ABSTRACT

Measurements are both ubiquitous yet not univocal activities. Their components, units, and results are so familiar that they hide the efforts of their birth's history: they are conventions that camouflage into the phenomena. Their conceptual processes act as glue, connecting experimentation, and theorization. In the contexts in which they are applied, measurements act as synonyms for standardization, control, and reliability. But are they also synonymous with knowledge? Due to its undeniable scientific value, measuring can also be seen as a precondition for knowledge, or even as a maximum expression of knowledge on a subject. On this last point, it can be argued that measurement provides valid, accurate, and objective numerical representations, being accurate representations of what is being targeted. To inquire whether these views are correct is to start a search for the epistemological characteristics that approximate measurements and knowledge, the central theme of this thesis. In a broad sense, this work deals with the relationship between measurement practices and the production, justification, and improvement of scientific knowledge. More precisely, about some proposals that aim to understand different faces of these links, i.e., epistemic approaches to measurements. In a historical-disciplinary sense, these proposals foster an epistemology of measurements, a relatively recent area of philosophical research. The main objective of this thesis is to present a collection of problems to draw attention to this field, as although it has been receiving more and more attention, it remains little discussed in philosophical circles, especially in Brazil. Methodologically designed to make an invitation to the discussions, this work promotes an incursion into some of the themes of epistemology about measurements, highlighting their connections with discussions and key concepts in the epistemology and philosophy of current science. Organized in three parts, the work provides a propaedeutic investigation of what measurements are and some epistemic problems traditionally raised about them. It also discusses how some empiricist postures of the last century proposed to think about these problems and some challenges raised to them. Finally, it discusses some projects of this century that are underway, drawing attention to the fruitful path in bringing them closer together with debates about the objectivity of science.

Keywords: Measurement. Philosophy of Measurement. Scientific Knowledge. Objectivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	<i>Three Standard Stoppages</i> – Duchamp (1913-14)	17
Figura 2 –	TRM: Diagrama simplificado	85
Figura 3 –	TRM: Síntese	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

&HPS –	<i>Integrated History and Philosophy of Science</i>
ABNT –	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
BIPM –	<i>Bureau International des Poids et Mesures.</i>
ERN –	Estrutura Relacional Numérica (Quantitativa)
ERQ –	Estrutura Relacional Qualitativa
GUM –	Avaliação de Dados de Medição - Guia para a Expressão de Incerteza de Medição
ICE –	<i>Institution of Civil Engineers</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
INTROGUM –	Avaliação de Dados de Medição – Uma Introdução ao “Guia para a Expressão de Incerteza de Medição” e a Documentos Correlatos
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
ISQ –	Sistema Internacional de Grandezas
JCGM	<i>Joint Committee for Guides in Metrology.</i>
SI –	Sistema Internacional de Unidades
SQE	Sistema de Qualidades Extensivas
TRM –	Teoria Representacional das Medições
UTC –	Tempo Universal Coordenado
VIM 3 –	Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
0.1 APROXIMAÇÕES ENTRE O “MEDIR” E O “SABER”	19
0.2 COMENTÁRIOS HISTÓRICOS E METODOLÓGICOS	24
PARTE I. MEDIR: CONCEITOS E PROBLEMAS	29
CAPÍTULO 1. MEDIÇÕES: COMPONENTES E ETAPAS.	30
1.1 RESTRIÇÕES PARA UM CONCEITO DE MEDIÇÃO	31
1.2 CONCEITOS BÁSICOS	35
1.3 ETAPAS	41
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: JUSTIFICAÇÃO?	48
CAPÍTULO 2. CONVENÇÕES E CIRCULARIDADES	50
2.1 OBJETIVIDADES	53
2.2 FUNDAMENTOS, REPRESENTAÇÃO E COORDENAÇÃO	56
2.3 MÉTODO, LINGUAGEM, METAFÍSICA E EMPIRISMO	62
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
PARTE II. EMPIRISMO E REPRESENTAÇÃO	72
CAPÍTULO 3. A TRM: HISTÓRIA E VIRTUDES EXPLICATIVAS	73
3.1 AXIOMATIZAÇÃO, ESCALAS E MEDIÇÕES FUNDAMENTAIS	73
3.2 A TEORIA REPRESENTACIONAL DAS MEDIÇÕES	85
3.3 VIRTUDES EXPLICATIVAS	92
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: SÍNTESE	95
CAPÍTULO 4. ABSTRATA E INCOMPLETA	97
4.1 ESCOPO E NEGLIGÊNCIAS	98
4.2 O MITO DO EMPIRISMO CONTEMPORÂNEO	103
4.3 AXIOMAS (NÃO) REPRESENTATIVOS	106
4.4 FERRAMENTAS CONCEITUAIS	112
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS: SÍNTESE	114

PARTE III. COORDENAÇÃO E OBJETIVIDADE.....	116
CAPÍTULO 5. MODELOS EM CENA.....	117
5.1 A PRIMAZIA DOS MODELOS NA METROLOGIA	122
5.2. TEORIAS E APARÊNCIAS.....	129
5.3 POR UMA VISÃO SINÓPTICA DA CIÊNCIA	135
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: CONHECIMENTO?	139
CAPÍTULO 6. COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO.....	142
6.1 ITERAÇÕES EPISTÊMICAS	145
6.2 PESANDO AS ATIVIDADES EPISTÊMICAS.....	149
6.3 METODOLOGIAS VIRTUOSAS	154
6.4 METODOLOGIAS VIRTUOSAS E PLAUSÍVEIS.....	158
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	164
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	167
REFERÊNCIAS	176

INTRODUÇÃO

“Quando você pode medir aquilo sobre o que está falando e expressá-lo em números, você sabe algo sobre isso; mas quando você não pode medi-lo, quando você não pode expressá-lo em números, seu conhecimento é de um tipo insuficiente e insatisfatório: pode ser o início do conhecimento, mas em seu pensamento você pouco avançou ao estágio da ciência, qualquer que seja o assunto”.[♦]

Lorde Kelvin ♦

Imagine um mundo sem medidas. Um mundo social humano em que os três minutos de água fervente que geralmente se acompanha para marcar o ponto do macarrão instantâneo não existem. Alguém poderia saber que uma refeição é pouco saudável e informar que há sódio sendo ingerido em demasia? Se sim, não o faria em vista de uma relação proporcional entre tantas porções de tempero para certas quantidades de macarrão. A culinária cotidiana é uma dentre as várias práticas que nós, habitantes de um mundo com medidas, estranharíamos se fossemos levados para aquele universo. Também nos seriam estranhas algumas características da comunicação e da organização social. Dado o ritmo que organiza a vida coletiva, soa quase impensável habitar uma sociedade em que ninguém pode ser considerado uma pessoa pontual. Ninguém está meia hora atrasado para a aula, trabalhou por hora extra, ou sequer poderia se programar para colocar a cerveja para gelar uma hora antes do tradicional futebol das 16 horas do domingo.

Atualmente, as medições e os seus resultados são fundamentais para as normas e os regulamentos que afetam vários âmbitos, do comércio local ao comércio internacional. Em 2007 a organização intergovernamental *Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM

[♦] A maior parte das citações de trabalhos publicados em língua estrangeira são traduções de própria autoria. Nas exceções, há uma indicação em nota de rodapé informando a autoria da tradução utilizada.

[♦] Trecho de “*Popular Lectures and Addresses*” – Thomson (1889, p. 73 – 74). Sobre essa fala, vale a pena mencionar o breve esclarecimento feito por Gooday: “William Thomson, elevado ao título de Lorde Kelvin em 1892 [...] [é] a observação mais famosa de Thomson sobre o significado epistemológico da medição [...] proferida em uma palestra para o *Institution of Civil Engineers* (ICE) em Londres em 1883” (2004, p. 3).

estimou que cerca de 80% das trocas internacionais eram diretamente dependentes de regulamentos e padrões regulativos. Ademais, que os custos em se adequar a essas normas representavam aproximadamente até 10% dos custos totais dessas produções e serviços (cf. Mari, Carbone e Petri, 2012, p. 2107). Então, o que dizer do comércio, mesmo local, no mundo sem medidas? Pode-se pensar que ele não existe, ou que é um campo de trocas intuitivas. Ou pode-se argumentar que ele existe e inclusive utiliza valores simbólicos. Contudo, sobre essa última afirmação, a ausência de quaisquer critérios de mensurabilidade parece tornar implausível que os valores utilizados carreguem informações do porquê certos produtos e serviços respondem por esse ou aquele símbolo, parecendo arbitrários. Se esse é o caso, o que ocorre com a noção de “propriedade privada”? Ao menos a demarcação das terras e o valor de mercado dos imóveis não existem do modo como estamos habituados. Não obstante, esse cenário hipotético inteiro versa justamente sobre isso: a nossa familiaridade com um mundo abertamente mensurável. No mundo humano, composto também pelos aglomerados simbólicos e suas significações intersubjetivas – medidas não apenas existem, mas o seu modo de ser é tão ubíquo quanto não unívoco. Do preço por quilograma, ao quociente de inteligência. Do índice de desenvolvimento humano e seus fatores à velocidade da luz no vácuo. Da “garantia de 12 meses” ao “802.11ac mais rápido que 802.11n”, informações sobre assuntos tão diferentes, mas presas no mesmo pedaço de papel-adesivo colado ao meu computador pessoal.

As medições fornecem peças de informação tão importantes quanto pervasivas no pano de fundo da cognição humana. Cogitar como a humanidade se organiza em um mundo sem medidas não informa necessariamente como isso aconteceria, sobre como ele é. O ponto heurístico que esse exercício imaginativo visa está justamente na dificuldade de projetarmos a execução de certos empreendimentos na completa ausência de elementos quantitativos, operacionalizados e padronizantes. Buscar as características de algumas realizações humanas – tais como a produção industrial, a política, a arte, a ciência e a tecnologia – não é uma tarefa simples, principalmente se a conclusão de que essas existem também naquele lugar sem medidas está sendo visada.

Por exemplo, se há industrialização e desenvolvimento tecnológico nesse mundo hipotético, eles percorreram caminhos muito diferentes em relação à história do nosso. Na nossa sociedade, métricas são ferramentas constitutivas, presentes de maneira vasta na formação e da avaliação das atividades profissionais. Sem elas, mesmo conceitos localmente adaptáveis, como o “sucesso empresarial”, não podem ser preenchidos considerando os

resultados que foram alcançados em vista de certas metas suficientemente refinadas. A falta de parâmetros mensuráveis pode ter consequências avaliativas similares generalizadas para o domínio das mídias e da propaganda, para os âmbitos educacionais e para a política. Afinal, se as políticas públicas não podem ser formuladas com base em informações quantitativas sobre o que está em jogo, também não faz sentido discutir e avaliar essas políticas a partir da interpretação de dados quantitativos.¹

Assim, indústria, tecnologia e as discussões políticas, se lá existem, possuem uma constituição *sui generis* frente ao que fazemos. Mas ao menos a arte pode ser imaginada de maneira similar ao que realizamos? Não exatamente. Em um universo sem medidas, não parece fazer sentido que haja arte sobre as próprias medidas. Por exemplo, é inconcebível que haja algo como o *Three Standard Stoppages* (1913-14) de Duchamp – retratado na Figura 1 – visto que é uma “brincadeira sobre o metro [pois] se uma linha reta horizontal de comprimento de um metro cai de uma altura de um metro sobre um plano horizontal [...] ela cria uma nova imagem da unidade de comprimento” (Duchamp *apud* Crease, 2013, p. 127, 133).

Figura 1. *Three Standard Stoppages* – Duchamp (1913-14).



Fonte: *The Marcel Duchamp Studies Online Journal*. Disponível em: <https://www.toutfait.com/?s=stoppages>.

¹ Mais do que isso, pode-se argumentar também que a própria estruturação social e governamental seja reflexo do *status* autoritativo das medições e da padronização quantitativa, por exemplo, como afirmado por Porter: “não é por acidente que a autoridade dos números está ligada a uma forma particular de governo, a democracia representativa. O cálculo é uma das maneiras mais convincentes que pelas quais uma democracia pode chegar a uma decisão eficaz em casos de potencial controvérsia, simultaneamente evitando a coerção e minimizando os efeitos desordenados do envolvimento público vigoroso” (1994, p. 206).

Por vezes interpretados como símbolos de uma visão quase cética sobre a objetividade do conhecimento científico, os *Stoppages* (cujos fios originais curiosamente não possuem um metro de comprimento) são frutos de um contexto de crescente divulgação das renovações científicas, especialmente em vista da interpretação das geometrias não euclidianas retratada pelos influentes trabalhos de Poincaré (cf. Crease, 2013, p. 129-136). À parte da história sobre as técnicas, sobre as motivações e sobre a influência da filosofia convencionalista nas obras de Duchamp (1887-1968), o caso exemplifica como medidas podem estar imersas na execução dos projetos artísticos. Para além dos próprios *ready-mades* do artista, sem medições as artes plásticas ficam desprovidas de perspectiva quantitativa, inclusive para a preparação, produção e classificação dos materiais que serão utilizados. Também não há um princípio de proporção disponível para as atividades que estreitam a arte com as ciências e as tecnologias, tais como o *design* e a arquitetura.

E quanto à própria ciência? Em um universo de empreendimentos humanos sem medições, é factível que haja ciência – seja a “ciência básica” ou a sua contraparte “ciência aplicada”? Se a resposta depende daquilo que se entende por “ciência”, então cumpre apontar algo que *prima facie* toda definição ou concepção intuitiva do termo possui em comum, a saber, uma relação inexorável com o conhecimento. Seja posicionado como um resultado efetivo das atividades científicas, seja extraído das raízes etimológicas da palavra “ciência”, ou colocado enquanto o horizonte destacado desse empreendimento, a relação entre conhecimento e ciência é estreita. Assim, ao visar o vínculo entre a ciência e as práticas de medida, um passo atrás, busca-se o que liga o medir e o saber. Então, a pergunta correta aqui parece ser a seguinte: quais relações podem ser efetivamente apontadas entre as atividades de medir e o conhecimento, sobretudo com o conhecimento científico? Em sentido amplo, é sobre essa questão que esta tese versa. Mais precisamente, sobre onde e como essas amarras têm sido buscadas por algumas teorizações filosóficas nos últimos séculos.

Além de um problema, esse tópico posiciona um campo de investigações, caracterizado nos termos de uma epistemologia sobre as medições. De carácter interdisciplinar, a área reúne as buscas pelas funções epistêmicas desempenhadas por medições, especialmente em contextos científicos, compondo uma diversidade de perspectivas filosóficas que as

teorizam junto de outros temas centrais na epistemologia – como a justificação, sua estrutura, as fontes de conhecimento, evidência, verdade e compreensão.²

A constatação de que há pouca atenção frente à importância do campo é o motor fundamental deste trabalho.³ Face a isso, ele possui o propósito de apresentar alguns tópicos vinculados aos temas epistêmicos que emergem das atividades de medir, estruturando as discussões de modo a fomentar um convite a trabalhos futuros. Pensando sobre a maneira apropriada de realizar esse convite, aproveitar o caráter interdisciplinar do campo parece um bom caminho.⁴ Nesse sentido, um segundo objetivo desta tese consiste em apontar conexões entre algumas discussões na epistemologia sobre as medições com temas trabalhados na filosofia da ciência e da tecnologia. Dentre eles, ao longo desta tese são tratados de maneira transversal os temas indicados no subtítulo: a natureza do conhecimento (científico), as fontes do seu caráter objetivo e as características das representações científicas – sobretudo aquelas expressadas de maneira quantitativa, utilizando números. Há, assim, uma esperança geral: que uma incursão por alguns dos temas da epistemologia das medições forneça ferramentas auxiliares àquelas discussões, ao mesmo tempo em que chame a atenção para a importância dos problemas próprios do campo. No que segue, algumas informações indispensáveis para esclarecer a organização do texto são colocadas.

0.1 APROXIMAÇÕES ENTRE O “MEDIR” E O “SABER”

Ponderar sobre os saberes em um mundo sem medidas indica algumas obviedades sobre as relações que podemos apontar entre o “saber” e o “medir”. Por exemplo, naquele universo uma pessoa não poderia sequer formular que “choveu mais de 60 mm em Florianópolis no dia 15/08/2020”. Porém, ela poderia saber que “choveu bastante em Florianópolis antes de ontem”? Uma elucidação é útil aqui: uma medida é o resultado da atividade de medir; a qual envolve a execução de um procedimento, uma medição. Isso posto,

² Como notado por Tal (2012, p. 3-4), se medições e as medidas não são práticas e resultados restritos às atividades científicas, então uma epistemologia sobre essas não pode ser reduzida a um campo exclusivamente interno à filosofia da ciência.

³ Inclusive pouco discutido no cenário filosófico brasileiro, no qual o trabalho de Vaz (2017) é uma notável exceção.

⁴ Saliento que a colocação do objetivo de levantar problemas, organizados em blocos temáticos que promovem uma incursão propedêutica pela história dos mesmos, tem como inspiração o trabalho de Cupani (2016) – “Filosofia da Tecnologia: um convite”; a quem devo, para além dos agradecimentos já feitos, o exemplo em se desafiar com o tênue equilíbrio entre a introdução e a antologia.

se a projeção de um mundo sem medidas não exclui avaliações comparativas, cujos resultados são formulados junto de advérbios de intensidade e de tempo, então ela exclui apenas aquelas atividades das quais resultam informações quantitativas.

Assim, utilizando a classificação usual dos três saberes na epistemologia, uma projeção dos empreendimentos humanos no mundo sem medidas pode eliminar (i) um saber por familiaridade que é típico das representações quantitativas; (ii) algumas habilidades em torno das medições, das atividades que visam quantificar algo; (iii) a expressão dos fatos utilizando essas representações quantitativas.

Tratando das duas primeiras dimensões do conhecimento, as medições envolvem o saber-cómo desde a correta execução dos procedimentos, até uma coleção de habilidades cognitivas. Como indicado anteriormente, os seus resultados e os seus componentes, como as suas unidades, são aspectos constitutivos do mundo humano. Não raro, a padronização simbólica e quantitativa apreendida no convívio social oculta as origens e as suas transformações históricas. Ademais, elas cumprem funções normativas na organização social, características que aproximam as medidas dos artefatos e da tecnologia, sobretudo na maneira com a qual nos relacionamos com esses. Como diz Lawler “nossa experiência do mundo artificial é a experiência de uma segunda natureza [...] está inadvertidamente moldada e normativamente estruturada pelos padrões” (2020, p. 25). Crease ajuda a destacar: “cada padrão ou marca veio ao mundo como um produto humano” (2013, p. 7-8). Medidas são convenções que se camuflam nos fenômenos, tornando-se constituintes pré-reflexivos das maneiras pelas quais nos relacionamos com o mundo – uma característica típica dos saberes por familiaridade.

As medições fornecem um recorte especial nas categorias do saber enquanto habilidade e do saber por familiaridade. Elas também atuam como partes instrutivas em outros saberes práticos. Mas como isso avança sobre o conhecimento dos fatos, sobretudo do tipo de conhecimento que pode ser adquirido e transmitido através da comunicação – do “saber que”, tradicionalmente caracterizado nos termos do conhecimento proposicional? Como notado por Díez (1997a), há uma característica que salta aos olhos aqui. Ilustrando-a, posso afirmar que a Pirâmide de Quéops está localizada no Egito e que é grande e pesada. Se me pedirem para ser mais específico, posso dizer que é muito grande, muito pesada e que está no planalto de Gizé – ao que alguém poderia requisitar informações mais “exatas” ou “precisas”. Porém, parece pouco razoável que seja pedido algo ainda mais específico depois de mencionar que ela possui aproximadamente 137 metros de altura e 6 milhões de toneladas, que foi construída em

um período por volta de 2580 A.C e de passar as coordenadas geográficas da sua localização. Aparentemente, se não faz sentido continuar buscando algo ainda mais específico, então o fornecimento de medidas retirou as vaguesas ou as ambiguidades que estavam em cena. Mais do que isso, pode-se afirmar ainda que a expressão através das medidas atribuiu objetividade ao que foi dito, retirando a subjetividade, ou o caráter relativo a quem fala de algo “muito grande” ou “muito pesado”. Junto dessa objetividade está uma relação de confiança, o pensamento de que os instrumentos de medida são meios confiáveis para se obter informação, de que esses resultados sejam seguros, ou ainda que a informação quantitativa seja preferível em detrimento da informação não quantitativa.⁵

Isso posto, na busca pelo conhecimento dos fatos, as medições podem ser vistas como sinônimos tanto de controle, quanto de confiança, algo que também ocorre com a padronização em geral. Não obstante, confiança, objetividade, precisão e exatidão são características usualmente vinculadas ao conhecimento científico, por vezes destacadas nas próprias caracterizações do que é a ciência. Cupani (2018, p. 248 - 250) comenta como a “ciência” pode ser uma palavra ambígua. Também há múltiplas acepções vinculadas à palavra “medição”. Mais do que isso, uma passagem pela literatura das áreas revela que, para algumas dentre as várias maneiras pelas quais a ciência pode ser entendida, há uma versão correspondente na maneira de caracterizar o que é uma medição.

Pode-se destacar que a ciência é uma atividade coletiva e humana, tal qual a seguinte caracterização das medições feita por Mari *et al.*: “medições não são entidades naturais, existindo independentemente dos seres humanos e sendo descobertas por eles, mas uma atividade dinâmica e social com uma longa história” (2017b, p. 116). Pode-se enfatizar que essa atividade social que chamamos de “ciência” é algo que hoje está institucionalizado, mas que nem sempre foi assim. Que cada época tem um modo de ser próprio da atividade científica. Uma consideração similar, mas sobre o medir, é encontrada nas seguintes palavras de Crease:

⁵ Sobre essa relação de confiança, Tal reitera que “a confiabilidade dos instrumentos de medição comuns, como relógios, termômetros e balanças, é facilmente considerada um dado adquirido. A facilidade com que operamos e lemos as indicações de tais instrumentos sugere um contato não problemático e quase direto com o objeto ou evento sendo medido” (2017b, p. 33). Cumpre notar também que no contexto da discussão sobre medições, os termos “confiança” e “confiabilidade” (no inglês “*trust*” e “*reliability*”, respectivamente) não são intercambiáveis. Por exemplo, Vaz (2017, p. 38) opõe atributos da confiabilidade e da confiança. Embora o autor argumente que os conceitos estejam entrelaçados, as palavras respondem por sentidos diferentes. A confiança é uma relação vinculada aos agentes envolvidos nos contextos de medida. A confiabilidade é vinculada com uma coleção de atributos da qualidade dos resultados das medições; a qual pode ser distinguida ainda três sentidos: metodológico, estatístico e público (cf. Vaz, 2017, p. 75).

a história da medição abrange mais do que o relato de como a atual rede de padrões, instrumentos e instituições veio a existir. Inclui também as mudanças que têm lugar no significado da mensuração. Cada época tem uma metrosofia, uma compreensão cultural compartilhada de por que medimos e o que obtemos a partir das medições, e essa compreensão evolui com o correr do tempo. Mas é mais difícil falar a respeito dessas compreensões culturais compartilhadas, sobretudo porque cada época está convencida de que não as possui [...] ‘a maneira como nós medimos é a maneira correta, e nos liga com a realidade’. (2013, p. 176, grifo do autor).⁶

A partir de uma análise do “Vocabulário técnico e crítico da filosofia” escrito por Lalande, Cupani discute um entendimento que “podemos denominar concepção tradicional da ciência como saber objetivo” (2018, p. 48). Aqui, a objetividade aparece como a pretensão definidora da atividade científica, as condições e o modo pelo qual ela pode ser alcançada: a tentativa de produzir um conhecimento que é adequado ao objeto de estudo, com certo controle intersubjetivo das afirmações e com métodos de validação que superam valores e inclinações pessoais. Similarmente, noções de “objetividade” são explicitamente centrais em algumas concepções sobre as “medições”, sobretudo as encontradas nos trabalhos de Finkelstein (2003, 2009) e nos trabalhos de Mari (2013) e de seus colaboradores.⁷

Há ainda os trabalhos em que ciência, medições e conhecimento são noções explicitamente relacionadas. Que ciência seja sinônimo de medição, como dito na primeira das três teses defendidas por Cartwright (1989) em “*Natures Capacities and their Measurement*”.⁸ Que medição seja sinônimo de conhecimento, como aparece nas palavras de Lorde Kelvin mencionadas na epígrafe por ser um caso paradigmático dos problemas aqui discutidos.⁹ Embora Thomson (1889) não discorra sobre uma teoria do conhecimento propriamente dita, bem como explicita que sua fala se destina à aprendizagem em física,

⁶ Nesta tese são usadas como sinônimos as palavras “medir” e “mensurar”, também as correlatas “medição” e “mensuração”; “medido” e “mensurado”.

⁷ Finkelstein (2009) distingue três sentidos do conceito de “medição”, afirmando que, em sentido amplo, medições são procedimentos que proporcionam resultados objetivos, invariantes no discurso racional, independentes de quem mede, não sendo opiniões ou sentimentos (cf. 2009, p. 1271). Mari (2013) argumenta que medições são procedimentos que visam produzir informações específicas sobre o que está em alvo, de maneira independente do ambiente e de quem está medindo; bem como informações interpretáveis da mesma maneira por diferentes pessoas em diferentes lugares. Junto de seus colaboradores, o autor denomina essas características de “intersubjetividade” e “objetividade”, argumentando que as mesmas “são condições fundamentais que nos permitem distinguir as medições das opiniões que fazemos” (Mari *et al.* 2017a, p. 52).

⁸ Nas palavras da autora: “*ciência é medição*; capacidades podem ser mensuradas; e a ciência não pode ser entendida sem elas. Essas são as três principais teses deste livro” (Cartwright, 1989, p. 11, grifo meu)

⁹ Para facilitar a leitura e o acompanhamento do texto, repito a citação aqui: “quando você pode medir aquilo sobre o que está falando e expressá-lo em números, você sabe algo sobre isso; mas quando você não pode medi-lo, quando você não pode expressá-lo em números, seu conhecimento é de um tipo insuficiente e insatisfatório: pode ser o início do conhecimento, mas em seu pensamento você pouco avançou ao estágio da ciência, qualquer que seja o assunto” (Thomson, 1889, p. 73 – 74).

algumas teses epistêmicas podem ser derivadas da sua afirmação.¹⁰ Implícito em sua fala, está a noção de tipos de conhecimentos, dentre os quais há um que pode ser dito “insuficiente” ou “insatisfatório”. Com a afirmação que o sujeito em posse desse tipo de conhecimento pouco avançou ao estágio da ciência, pode-se derivar a tese de que o conhecimento científico possui certas características que o jogam para além desse. Finalmente, cumpre notar que o medir (e expressar através de números) não só aparece diretamente relacionado com a produção de conhecimento; mas como critério demarcatório entre o tipo insatisfatório e o conhecimento científico. Para que isso seja o caso, medições precisam ser atividades que, de alguma maneira, produzam conhecimentos ou aprimorem o conhecimento já disponível. Considero que o questionamento dessa última afirmação seja “O” problema epistemológico mais geral sobre as medições científicas, isto é: em que sentido medições são procedimentos que produzem e/ou aprimoram conhecimentos, se é que o fazem?

A generalidade dessa questão torna o problema dificilmente tratável, afinal, ela expressa uma relação entre dois conceitos complexos que antes precisariam ser esclarecidos. Ou seja, o que se entende por “medição” e o que se entende por “conhecimento”. De qualquer modo, uma hipótese metodológica pode ser posicionada aqui: se há um caráter epistemológico nas medições, então uma análise desses procedimentos deveria ser capaz de encontrar certas características relacionadas com o “conhecimento”. Por exemplo, em vista da noção tradicional do conhecimento proposicional, as características visadas seriam aquilo que pode contar como “justificação” em contextos de medida, que seja tanto o motor de uma atitude doxástica (da crença) quanto aponte para a verdade.

Algo similar ocorre com essa hipótese metodológica ao visar o conhecimento científico, isto é, que uma análise das medições científicas encontre certas características típicas do mesmo. A noção de objetividade é uma dessas. Reiss e Sprenger (2017) lembram que a ciência desfruta de uma posição de autoridade nas discussões da sociedade. Haack (2007) ressalva que a palavra “ciência” adquiriu usos honoríficos na esfera pública, seja por uma deferência acrítica ao conhecimento científico, ou por um negacionismo exacerbado. Crenças vinculadas ao trabalho com as informações quantitativas em contextos científicos fazem parte desses cenários. Se essas crenças são justificadas, e em que sentido podem ser,

¹⁰ Essa restrição disciplinar, não raro ignorada pelos trabalhos que mencionam o restante da fala, está explícita no início da mesma: “na ciência física, um primeiro passo essencial na direção de aprender sobre qualquer assunto é encontrar princípios de cálculo numérico e métodos para medir de forma prática alguma qualidade relacionada a ele. Eu costumo dizer que [...]” (Thomson, 1889, p. 73 – 74).

são temas que possuem uma longa história na filosofia da ciência, mas também na epistemologia sobre as medições.¹¹ Não obstante, uma rota histórica paradigmática dessa última inicia precisamente com o questionamento sobre a fonte do sentido “objetivo” de representar através de números elementos não numéricos.

0.2 COMENTÁRIOS HISTÓRICOS E METODOLÓGICOS

Uma filosofia sobre as medições pode ser entendida tanto como uma antiga coleção de teses epistemológicas e metafísicas quanto uma área de investigação relativamente recente, a depender do critério que utilizamos para delimitá-la. Ao se olhar para a história do pensamento ocidental buscando uma porção de teses filosóficas em que a palavra “medição” atua, volta-se ao menos até as famosas palavras atribuídas ao sofista Protágoras e repetidas no século passado pelos autores do Círculo de Viena (cf. Neurath *et al.* 1986, p. 10).¹² Contudo, uma epistemologia sobre as medições pode ser vista como uma área de investigação recente se adotarmos um critério um pouco mais rígido para delimitar o campo, qual seja, investigações que tomam as medições enquanto principal objeto de estudo, ao invés de tópicos secundários. Em vista disso, grande parte da literatura da área considera que o trabalho de Helmholtz (1977 [1887]) “*Numbering and Measuring from an Epistemological Point of View*” é uma fundação disciplinar.¹³ Sobretudo, em função da colocação da seguinte questão: “qual é o sentido objetivo das relações que expressamos entre objetos reais como magnitudes, utilizando determinados números; e sob quais condições podemos fazer isso?” (1977, p. 72).

Embora certas demarcações históricas tenham uma boa dose de convenção, há um bom motivo para que Helmholtz (1977) seja considerado um marco, mas ele não pode ser pensado cogitando que o autor tenha tomado as medições como principal objeto de estudo junto de uma exagerada suspeição do juízo, ou colocando entre parênteses quaisquer pressupostos epistêmicos e metafísicos sobre a natureza das medições. À luz da história, o

¹¹ Sobre como essas crenças atuaram no interior do desenvolvimento científico, incluindo a célebre história da fala que foi escolhida como epígrafe da introdução, veja-se a discussão realizada na *magnum opus* de Gooday (2004): “*The Morals of Measurement – Accuracy, Irony, and Trust in Late Victorian Electrical Practice*”.

¹² Veja-se também Mari (2003, p. 17).

¹³ O trabalho de Helmholtz foi originalmente publicado em 1887 com o título “*Zählen und Messen Erkenntnistheoretisch Betrachtet*”. Nesta tese, está sendo citada a versão em língua inglesa da coletânea editada por Hintikka (1977) “*Hermann von Helmholtz - Epistemological Writings*”, tradução de Malcolm Lowe da edição comemorativa com comentários de Moritz Schlick e de Paul Hertz, “*Schriften zur Erkenntnistheorie*”, publicada em 1921.

proposto por Helmholtz (1977) é um marco por reposicionar bases investigativas, as quais influenciaram o desenvolvimento de um programa de pesquisa com orientação empirista, a partir daqui chamado de “abordagem representacionalista”.¹⁴

O entendimento do que significa medir carrega uma porção de dualismos. Desde a própria etimologia da palavra (cf. Mari, 2003, p. 20), medir pode significar tanto (i) descobrir e descrever quanto (ii) atribuir e avaliar. O primeiro sentido prevaleceu em grande parte da história ocidental, a qual Mari chama de “período metafísico”. A epistemologia sobre as medições (re)iniciada por Helmholtz (1977) avança o segundo sentido. Ela é a história da tese empirista de que as medidas são atribuições e as medições são meios para se representar a natureza através de números, instruída 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).

Se números são sempre trazidos pelos seres humanos, então como as ciências que os utilizam estabelecem conhecimento sobre algo não numérico, sobre as qualidades e as relações qualitativas da natureza? Elas “são fundadas nas relações entre as leis físicas e as leis do mundo” (Maxwell 1855, *apud* Boumans, 2005, p. 853), afirmava Maxwell poucas décadas antes de Helmholtz [1887] iniciar suas investigações sobre as condições dessas fundações. Contribuições cruciais ao longo do desenvolvimento da abordagem representacionalista foram feitas por, dentre outros, Campbell (1920), Stevens (1946) e Suppes (1951), até uma das suas consolidações sistemáticas, a Teoria Representacional das Medições (doravante, TRM).

A TRM é resultado de uma série de trabalhos colaborativos após a publicação de Suppes (1951), sendo exemplarmente exposta no primeiro volume de *Foundations of Measurement* (Krantz *et al.* 1971). Um entendimento introdutório sobre ela é fornecido por Boumans:

a teoria sobre medições hoje dominante é a teoria representacional das medições. O núcleo dessa teoria é que as medições são processos de atribuição de números aos atributos ou características do mundo empírico, de maneira com que as relações

¹⁴ A caracterização da abordagem com o termo “representacionalista” aparece em diversos trabalhos, por exemplo em Berka (1983), Mari (2003, 2005), dentre outros. Por vezes, parte dessas abordagens são denominadas por “*Measurement Theory*”, como em Díez (1997a, 1997b) e no verbete escrito por Tal (2020), que também se refere a elas por “*Mathematical Theories of Measurement*”.

empíricas qualitativas relevantes entre esses atributos ou características sejam refletidas pelos próprios números, bem como pelas propriedades importantes dos sistemas numéricos. Em outras palavras, a medição é concebida pelo estabelecimento de um homomorfismo entre uma estrutura numérica e uma estrutura empírica. (2005, p. 852).¹⁵

Em acepção temática, similar ao como colocado por Finkelstein (2009), a epistemologia das medições atual é formada por uma agenda de pesquisa interdisciplinar. Parte dos seus estudos recentes direcionam críticas à TRM, considerando-a muito abstrata ou idealizada. Dentre os motivos, está a constatação de que a TRM permaneceu muito distante da prática científica. Evitando o mesmo, algumas dessas abordagens visam uma maior aproximação com os aspectos práticos da ciência, sobretudo da metrologia. A metrologia é oficialmente definida como a ciência das medições e de suas aplicações; por vezes também caracterizada como a ciência da padronização.¹⁶ Nesse sentido, há um diálogo com os documentos de referência fornecidos por algumas instituições, como a *International Organization for Standardization* – ISO e o *Joint Committee for Guides in Metrology* – JCGM.

Nesta tese, três documentos oficiais do JCGM são utilizados, os quais receberam traduções para a língua portuguesa pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO.¹⁷ São eles:

¹⁵ A palavra “homomorfismo” deriva do grego *homos-morphe* e significa “formato semelhante”. De um ponto de vista intuitivo, um homomorfismo é uma relação de semelhança estrutural, ou de preservação de relações. O termo é utilizado em diversas áreas da lógica e da matemática, como na teoria de categorias e na álgebra; bem como ao longo da história da epistemologia. Como discutido no Capítulo 3, no contexto da TRM um homomorfismo é uma função f (também chamada de função mapeamento) que preserva as relações entre os objetos de uma estrutura (dita qualitativa) nas relações entre os objetos de outra estrutura (dita quantitativa).

¹⁶ Algumas considerações sobre a metrologia precisam ser feitas. A sua definição oficial é fornecida por um dos documentos de referência mencionados logo adiante no corpo do texto, o VIM 3 (INMETRO, 2012b, p. 16). Tal (2013, p. 1162) a destaca como a ciência da padronização. Crease (2013) explica que ela surge em vista da fabricação e manutenção de padrões para formar redes que os compartilham, bem como supervisionar o funcionamento dessas redes. Ele a considera uma “ciência teórica” ao passo que ela envolve o conhecimento da rede e das suas interligações; bem como uma “ciência prática” visto que envolve o conhecimento sobre como aplicar as medições em diversas áreas do saber. Esse último aspecto aproxima a metrologia de uma noção mais tradicional na filosofia, uma ciência aplicada – em detrimento da ciência básica e da tecnociência. Cupani nota que a ciência (básica e aplicada) e a tecnologia nem sempre andam isoladas e “as três atividades se superpõem e se alimentam reciprocamente” (2016, p. 101) – assim, talvez a metrologia seja um caso *sui generis* em que isso ocorre. Por outro lado, “tecnociência” parece ser o termo mais adequado para se referir a esse encontro, mas em quais sentidos ela o é requer um profundo conhecimento da sua história e da sua atuação atual. Sobre essa atuação, vale lembrar das características ubíquas e, ao mesmo tempo, “invisíveis” das próprias medidas e das medições na sociedade. A metrologia as invade até onde as suas redes institucionais permitem. Dos sistemas de navegação por satélite às bombas de gasolina, os propósitos e os produtos da metrologia: mediam como a ciência encontra a realidade, atuam entre as próprias ciências, integram como as ciências médicas aplicam e testam suas pesquisas, formulam redes de cooperação internacional em escala global para finalidades diversas, abastecem e fiscalizam tanto o comércio (em suas trocas locais e internacionais) quanto a produção industrial.

¹⁷ Embora as versões em língua inglesa tenham sido consultadas, apenas as publicações traduzidas para o português são citadas ao longo desta tese.

- Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – JCGM 100: 2008 – GUM. Doravante, GUM (INMETRO, 2012a).
- Vocabulário Internacional de Metrologia (3ªed.) – JCGM 200: 2012 – VIM 3. Doravante, VIM 3 (INMETRO, 2012b).
- Avaliação de dados de medição: uma introdução ao “Guia para a expressão de incerteza de medição” e a documentos correlatos – JCGM 104: 2009 - INTROGUM 2009. Doravante, INTROGUM (INMETRO, 2014).

Esses documentos foram consultados principalmente para auxiliar a elucidação da terminologia metrológica, bem como da sua prática. Como as medições são práticas que se estendem para além da metrologia, não há uma completa sobreposição do significado das palavras com essas definições metrológicas, sobretudo em vista do diálogo de caráter filosófico com diferentes escolas de pensamento visado aqui. A realização desse diálogo está organizada em três partes, cada uma com dois capítulos.

Investigar a relação entre o conhecimento científico e as práticas de medida pressupõe um conceito, noção ou definição do que sejam “medições”. Um dos principais problemas para uma filosofia sobre elas consiste em dizer “o que é medir” – tema discutido no Capítulo 1. Ao invés de tentar encontrar uma definição que atravesse a história da filosofia e das disciplinas científicas, o capítulo avança um entendimento minimamente adequado ao posicionamento das investigações sobre as suas características epistemológicas.¹⁸ Junto disso, ponderando que algumas palavras usuais são polissêmicas, ele elucida alguns dos seus sentidos. Em posse desse entendimento mínimo sobre as medições, o Capítulo 2 esclarece três problemas epistemológicos tradicionalmente vinculados com a sua justificação. O questionamento sobre as condições que tornam as representações quantitativas adequadas e significativas é um deles, o qual é chamado de “problema de representação”. Outros dois são denominados por “problema de coordenação” e “problema de fundamentação”.

As condições que tornam as representações quantitativas adequadas estão relacionadas com os motivos pelos quais podemos medir algumas coisas, mas não outras. Isto é, com a busca por aquilo que justifica o tratamento matemático de certos conceitos nas disciplinas científicas. Do meu ponto de vista, se a tentativa de justificar essas representações

¹⁸ Parte desse entendimento é compatível com a definição de “medição” colocada pelo VIM 3, a saber: “processo de obtenção *experimental* dum ou mais *valores* que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza. NOTA 1 A medição *não se aplica a propriedades qualitativas*” (INMETRO, 2012b, p. 16, grifo meu).

e o tratamento quantitativo dos conceitos pode desencadear um regresso ao infinito, ou encontrar uma circularidade viciosa, então há algo similar a um trilema cético atuando aqui. Uma das estratégias para se evitar o regresso ao infinito e a circularidade viciosa consiste em promover uma abordagem fundacionalista, isto é, buscar crenças auto justificadas, auto evidentes ou quaisquer outros elementos que sirvam de alicerce epistêmico. O questionamento da existência de algo que cumpra esse papel para as medições é chamado de “problema de fundamentação”.

Ancorar os conceitos em operações empíricas é uma maneira de tentar justificar o seu tratamento quantitativo – o que por vezes é chamado de “coordenação”. Como resumido por Luchetti, “o tema da coordenação é um problema epistêmico clássico versando sobre como nós justificamos o uso de ferramentas conceituais abstratas para representar fenômenos concretos” (2020, p. 5). Porém, por conta da sua história recente, o que é chamado aqui de “problema de coordenação” consiste na tentativa de eliminar apenas o caráter vicioso de supostas circularidades entre elementos teóricos e seus respectivos procedimentos de medida. Parte significativa dessa história se deve às posturas empiristas, sobretudo às críticas que elas receberam. A TRM é uma delas, o convencionalismo e o operacionalismo são outras duas. O Capítulo 2 encerra com um breve convite para se visitar essas duas últimas. Algo similar sobre a TRM é realizado ao longo da Parte II. O Capítulo 3 discute como a abordagem representacionista tenta responder aos problemas de fundamentação e de representação. O Capítulo 4 discorre sobre algumas críticas à TRM e alternativas disponíveis a partir delas. Finalmente, os recentes trabalhos de Chang (2004), de van Fraassen (2008) e de Tal (2012) apresentam, junto dos seus respectivos projetos epistemológicos, alternativas para o problema de coordenação, as quais são o tema da Parte III (Capítulo 5 e Capítulo 6).

PARTE I. MEDIR: CONCEITOS E PROBLEMAS

CAPÍTULO 1. MEDIÇÕES: COMPONENTES E ETAPAS.

“Quando uso uma palavra – disse Humpty Dumpty em tom escarninho – ela significa exatamente aquilo que eu quero que signifique... nem mais, nem menos.

– A questão – ponderou Alice – é saber se o senhor pode fazer as palavras dizerem coisas diferentes.

– A questão, replicou Humpty Dumpty – é saber quem é que manda. É só isso.”

Lewis Carroll ♣

O presente capítulo consiste em um estudo preliminar aos tópicos discutidos nesta tese. Ele possui dois objetivos. A primeira finalidade é de caráter lexical, pois o significado de alguns termos usuais nem sempre é uniforme entre as literaturas científicas e filosóficas. O segundo objetivo do capítulo é discutir os conceitos de “medição” e seus termos correlatos. Um ponto de partida pode ser apontado a partir do INTROGUM: “o propósito de uma medição é fornecer informação a respeito de uma grandeza de interesse – um mensurando” (INMETRO, 2014, p. 8).¹⁹ Contudo, não está sendo visado aqui uma noção estritamente metrológica em vista da abrangência das disciplinas científicas e das práticas de medida que estão fora do seu escopo.²⁰ Então, um viés mais geral pode ser avançado: medir é uma atividade em função de um propósito pré-estabelecido, a saber, obter informações quantitativas e válidas sobre o que está em alvo.

Isso posto, o que são esses alvos, o que significa obter informações sobre eles, em que sentido elas são válidas e o que distingue medições de outras atividades que

♣ “Alice Através do Espelho”.

¹⁹ “Informação” é uma palavra científica e filosoficamente carregada. O termo é aqui utilizado em sentido amplo e não definido, com a ressalva de que algumas das abordagens discutidas podem ter em vista um sentido mais preciso (cf. Tal, 2020). Para esse e outros casos, ao longo desta tese é importante atentar para o significado dos termos em vista do que está sendo discutido – como diz a epígrafe do capítulo, a questão importante é saber quem é que manda e, aqui, é sempre o contexto. Em vista disso, há notas explicativas a fim de explicitar esses significados.

²⁰ O recorte disciplinar metrológico é explicitado da seguinte maneira: “neste Vocabulário, assume-se que não há diferença fundamental nos princípios básicos de medição em física, química, medicina laboratorial, biologia ou engenharia. Além disso, foi feita uma tentativa para atender a necessidades conceituais de medição em campos tais como bioquímica, ciência alimentar, ciência forense e biologia molecular” (INMETRO, 2012b, p. x).

desempenham *prima facie* o mesmo objetivo, são questões que elucidam a complexidade do tema. Não poderia ser diferente: “o que é medir” é um problema científico e filosófico, uma tarefa complexa que reúne pressupostos metafísicos e consequências epistêmicas. Sobre essas consequências, Mari, Carbone e Petri (2012, p. 2107) argumentam que propor um entendimento sobre o que é medir requer uma cautela vinculada à confiabilidade especial que atribuímos aos procedimentos de medida. Estabelecer uma noção de “medição” requer uma análise criteriosa, tendo em vista os aspectos relevantes sobre os quais os próprios critérios devem versar. Formular restrições para os procedimentos e os seus alvos pode resultar em definições demasiado abrangentes ou restritivas, em função da amplitude dos contextos científicos em que *prima facie* medições são utilizadas (cf. Mari, 2013). Observando esses usos, pode-se questionar se o próprio escopo do medir em contextos científicos já é uniforme ou poderia vir a ser unificado, um conceito de “medição” que atravesse as diversas práticas científicas (cf. Mari, Maul e Wilson, 2019).

Ademais, conceitos e caracterizações sobre as medições estão disponíveis também na literatura filosófica. Não raro, suas características distintivas são derivações dos respectivos projetos em que aparecem.²¹ Mas quais características são relevantes e suficientes para caracterizar e distinguir medições de outros procedimentos, se é que elas existem? Com essa e outras questões, o que segue propõe um entendimento sobre as medições em vista de alguns dos seus problemas epistemológicos. Não está sendo visado dizer o que elas são, mas sim como podem ser compreendidas de modo com que alguns problemas sejam esclarecidos. Esse entendimento consiste em organizá-las através de etapas, isto é, na forma de processos; bem como distinguir os seus componentes.²²

1.1 RESTRIÇÕES PARA UM CONCEITO DE MEDIÇÃO

²¹ Inclusive, em vista desse vínculo entre o conceito de medição com teses metafísicas e epistemológicas subjacentes, Mari argumenta que “as definições de 'medição' podem ser consideradas indicadores significativos para questões gerais, como a própria possibilidade de conhecimento verdadeiro e a relação entre experimentos e modelos” (2013, p. 2890).

²² Destaco que o termo “processo”, embora seja utilizado pelas definições do VIM 3, não é definido por ele (cf. INMETRO, 2012b, p. 16). Por não haver uma explícita menção ao seu caráter primitivo, é provável que ele esteja sendo usado dentro de alguma especificação fornecida por algumas das normas da *International Organization for Standardization* - ISO. Contudo, o termo está sendo utilizado aqui com o sentido de que algo que é esquematizado em estágios sucessivos direcionados, podendo ser cíclicos ou acíclicos, no todo ou em suas partes.

O esclarecimento sobre o que é uma medição usualmente aponta para três sentidos: os objetivos e as funções dessa prática, as etapas da sua execução e a sua sistematização, ou os elementos constitutivos que a caracterizam. Reunindo esses três sentidos, van Fraassen afirma que “por um lado, um procedimento de medida é uma interação física. Por outro lado, o resultado da medição ‘localiza’ o objeto ou processo medido em um certo espaço de estados possíveis” (2008, p. 139) – adicionando que: “o ato de medição é um ato – realizado de acordo com certas regras operacionais – de localizar um item em um espaço lógico” (2008, p. 164). Se medir envolve interações físicas, espaços lógicos e regras operacionais, então elas pressupõem um certo contexto pré-estabelecido. Como afirma Padovani: “toda medição identifica seu objetivo de acordo com regras operacionais específicas dentro de um espaço teórico já construído, no qual certas interconexões conceituais podem ser representadas” (2017, p. 48). Historicamente, utilizando os termos da autora, quais interconexões são relevantes e o que significa representá-las não são tópicos pacíficos.

A história das medições é recheada por teses discrepantes quando os seus componentes estão em jogo, sobretudo a natureza dos mesmos. Por exemplo, se números e quantidades são elementos necessários (ou desempenham papéis indispensáveis) para que algo seja considerado uma medição é uma controvérsia bem conhecida. Uma resposta afirmativa pode sugerir que medir é sinônimo de quantificar, o que é recusado por visões mais amplas sobre o papel representacional que procedimentos de medida podem desempenhar. De acordo com Weyl, a representação simbólica em geral é a única característica decisiva de todas as medições, pois “mesmo números de forma alguma são os únicos símbolos utilizáveis. Medições permitem que coisas (relativas a uma base de medida assumida) sejam apresentadas conceitualmente, por meio de símbolos” (*apud* Mari, 2013, p. 2890). Por detrás desses comentários está em pauta que tipo de informação as medições devem fornecer para que os propósitos do ato de medir sejam adequadamente cumpridos. Não obstante, é discutindo quais são esses propósitos que as medições são tradicionalmente elucidadas; ressaltando suas funções representativas e regulativas, principalmente em contextos científicos.

Retomando uma frase célebre de Kuhn, “cumpre lembrar que as teorias científicas só se ligam à natureza aqui e ali” (1979, p. 29). Seriam os componentes e os resultados das medições esses lugares? Essa esperança está bem destacada na literatura atual. Cartwright e Runhardt falam 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). Na caracterização das medições enquanto procedimentos avaliativos defendida por Mari, Carbone e Petri (2012, p. 2109), adquirir e transmitir informações úteis e confiáveis são os seus propósitos definidores. Por um outro viés, Tal (2013) retoma que termos como “massa” e “produtividade” são caracterizados através de relações quantitativas em um esquema matemático.²³ Assim considerados, esses conceitos não estão associados a qualquer conteúdo empírico, pois “é apenas quando vinculados, ou ‘coordenados’ com um ou mais procedimentos para determinar os seus valores que esses parâmetros adquirem os seus significados empíricos” (Tal, 2013, p. 1160). Nesses casos, medições são atividades desempenhadas em função de propósitos representativos declarados, como o de fornecer vínculos significativos entre os aspectos teóricos e os elementos empíricos. Nas palavras de Mari, “sistemas de medição são, então, mediadores peculiares entre coisas e símbolos: isso confere às medições um status intermediário entre reinos empíricos e simbólicos; e entre objetividade e subjetividade” (1997, p. 89).

De maneira relacionada, essas informações possuem funções vinculadas aos propósitos de categorizar os objetos de estudo, permitindo afirmar que a população de um determinado país esteja em estado de extrema pobreza, ou que um buraco negro seja supermassivo. Não pode passar despercebido, contudo, que o tipo de informação usualmente visada em procedimentos de medida é quantitativo, isto é, manipulável através de algum sistema algébrico, ou outro âmbito lógico-matemático. Seus intuitos são, por exemplo, o de viabilizar afirmações proporcionais significativas: que a massa do Sagittarius A* é de aproximadamente 4,1 milhões de massas solares; que as calorias de uma rosquinha de chocolate seja quase o dobro das calorias de uma rosquinha de doce de leite. Olhando para a história da filosofia sobre as medições, é justamente em vista desses aspectos que as abordagens representacionistas caracterizam o “medir”, sobretudo enfatizando relações representativas entre quantidades e qualidades empíricas. Sintetizado nas palavras de Díez, o programa representacionista afirma que uma ‘medição’ consiste na “atribuição de números a objetos a fim de representar as suas propriedades” (1997a, p. 169).

²³ A palavra “esquema” é utilizada para evitar uma ambiguidade com a palavra “modelo” – a qual tem seu uso resguardado para a modelagem metrológica e as coleções de dados. Como explicado adiante, um esquema é qualquer formulação localmente representativa e informativa. Por exemplo, fornecer uma definição é fornecer um tipo de esquema; se as características qualitativas e quantitativas forem relevantes para a discussão, pode-se distinguir entre esquemas qualitativos e quantitativos. Mencionando outro exemplo, as diretrizes sobre como limpar os aparelhos, ou sobre a maneira adequada de pegar uma amostra, são regras explicitadas em um outro tipo de esquema, com funções instrutivas. Há, assim, diferentes esquemas no contexto das medições, escalas, leis científicas, diretrizes, conceitos, etc.

Todavia, há variações no modo como proponentes desse viés conceituam as medições. Como exemplo paradigmático, Campbell (1920, p. 167) afirma que medir é atribuir números para representar qualidades, ao que Stevens (1946, p. 677) propositalmente reformula: uma medição é uma atribuição de números a objetos ou eventos de acordo com regras, quaisquer regras.²⁴ Por outro lado, Krantz *et al.* (1971) entendem que medições são maneiras de representar utilizando os aspectos significativos das propriedades numéricas, associando números (ou outras entidades matemáticas, como vetores) aos objetos (ou classes de objetos).²⁵ Essas divergências são parte da história dos critérios que atuam como restrições operacionais e informacionais para que algo seja considerado uma medição.

Afinal, que tipo de restrição é relevante para afirmar que um procedimento seja uma medição? Tal (2013, 2020) explica que abordagens que enfatizam os aspectos operacionais das medições tratam a noção enquanto uma coleção de operações que regulam o uso de um conceito quantitativo. Propostas de caráter realista tendem a conceituar as medições como procedimentos a fim de estimar propriedades e relações que são independentes dos sujeitos e/ou dos meios que as medem. Outras abordagens têm enfatizado o caráter processual e informacional das medições.²⁶ Mas em que sentido elas concordam ou discordam sobre o que é “medir”? Mari (2013) distingue entre posturas que aceitam ou recusam dois tipos de restrições, operacionais e formais.

Mari (2013) organiza quatro posições através das respostas para duas questões: (i) se restrições operacionais são relevantes para determinar se um procedimento é uma medição; (ii) se restrições formais são relevantes para determinar se algo é mensurável. Inicialmente, cabe observar que respostas negativas para i) e ii) acarretam em duas dificuldades vinculadas ao caráter demasiado amplo do conceito resultante. Se não são restrições operacionais que distinguem procedimentos de medida de outros tipos, então onde está o limite entre medir, simular, estimar e detectar, se é que ele existe? Por outro lado, se não há restrições formais para considerar algo mensurável, então o numerar, o contar, o medir e o classificar não são distintos? No quase absurdo, recusando ambos tipos de restrições, diríamos que a numeração das portas dos quartos de um hotel é resultado de um procedimento de medida?²⁷

²⁴ Campbell (1920) utiliza os termos “numerais” e “números” para expressar essa ideia, os quais cumprem um papel essencial nos argumentos do autor – como discutido no Capítulo 3.

²⁵ Essa noção de “medição” é derivada diretamente da abordagem por eles construída: “desse ponto de vista, a medição pode ser considerada como a construção de homomorfismos (escalas) a partir de estruturas relacionais empíricas de interesse em estruturas relacionais numéricas úteis” (Krantz *et al.* 1971, p. 9).

²⁶ Exemplos dessas são as propostas de Mari (2013) e de seus colaboradores.

²⁷ Aqui, é importante considerar se as medidas, em princípio, (não) são classes que englobam todo tipo de representação numérica. Como discutido no Capítulo 4: se a TRM for entendida como a proposta de uma teoria

Na proposta de Mari, restrições formais não são relevantes para determinar se algo é ou não mensurável. Sobram as restrições operacionais. Aqui, uma medição é caracterizada como “a avaliação de uma propriedade cuja estrutura experimental é capaz de produzir valores que possuam um grau suficiente de objetividade e intersubjetividade com respeito ao uso pretendido” (2013, p. 2013). Isso posto, Mari, Maul e Wilson (2019) argumentam ainda que essas estruturações experimentais devam ser explicitamente justificáveis: que seja possível explicar como o resultado é obtido tendo em vista como avaliamos a qualidade desse resultado. No meu entendimento, para além da abordagem dos autores, estão em disputa dois esclarecimentos: o que constitui esses procedimentos e o modo como esses constituintes estão arrançados em função daquilo que se espera alcançar.

1.2 CONCEITOS BÁSICOS

O que está sendo medido é um componente essencial das medições. Há na literatura uma multiplicidade terminológica em relação a esse tema: “magnitudes”, “propriedades”, “atributos”, “características”, “manifestações”, “quantidades” (cf. Mari e Giordani, 2012, p. 757), dentre outros. Van Brakel (1984, p. 46) afirma que uma medição é sempre realizada em um determinado contexto, composto por aspectos teóricos, operacionais, empíricos e teleológicos. Uma característica mensurável, ou mensurando, é um componente vinculado aos objetivos pré-estipulados que guiam a atividade: a medição pressupõe aquilo que se pretende medir. Sobre essa pretensão, o VIM – 3 define um “mensurando” por: “grandeza que se pretende medir” (INMETRO, 2012b, p. 16), na qual uma “grandeza” é uma “propriedade dum fenômeno dum corpo ou duma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma dum número e duma referência” (INMETRO, 2012b, p. 2). No GUM, uma grandeza é definida por: “atributo de um fenômeno, corpo ou substância que pode ser qualitativamente distinguido e quantitativamente determinado” (INMETRO, 2012a, p. 31).

Falar de um contexto teleológico envolve a colocação dos propósitos constitutivos desses procedimentos. Berka (1983, p. 17) afirma que esses propósitos são aquilo que deve ser acessado, obtido ou realizado pelo procedimento, distinguindo entre qualidades

sobre medições, então ela encontrará essa dificuldade. Para além disso, é preciso ressaltar que a categorização de Mari (2013) é demasiado simplificada para ser aplicada às posições filosóficas sobre as medições ao longo da história.

(propriedades observáveis) e quantidades (determinações quantitativas dessas qualidades). Assim, medições visam primariamente conectar as qualidades com as quantidades. Por outro lado, os resultados das medições podem ser visados em função de certas utilidades em contextos investigativos. Cartwright e Runhardt (2014) salientam exemplarmente esse aspecto – um “para que” do medir. Então, pode-se *prima facie* distinguir entre um propósito primário, ou “interno” – o de fornecer informações quantitativas – e o uso que será feito dessas informações, ou os motivos pelos quais se pretende obtê-las. Por enquanto, essa segunda finalidade será deixada ao lado.

Os alvos estritos das medições não são os objetos, nem os eventos, mas as propriedades ou as características que esses exibem, manifestam ou possuem. Mesmo quando a medição é caracterizada como uma atribuição numérica aos objetos, como feito por alguns expoentes representacionistas, há uma ênfase no objetivo de representar alguma propriedade através desses números. Díez acrescenta: “não qualquer propriedade, mas apenas aquelas propriedades específicas denominadas *magnitudes* ou *grandezas*, que são capazes de manifestar ‘mais ou menos’, isto é, de graus de instanciação” (Díez, 1997a, p. 168, grifo do autor).

A especificação dessas propriedades está vinculada ao problema científico e filosófico sobre em que sentido podemos medir algumas coisas, mas não outras. Graus de manifestação fornecem um ponto de partida intuitivo para isso. Por exemplo, a qualidade de vida pode ser encaixada nesse critério. A própria palavra “vida”, por sua vez, é utilizada em vários contextos com o sentido de uma manifestação sim-não. Portanto, nesses contextos ela não é uma magnitude ou uma grandeza.²⁸ Mas o que são “magnitudes” e “grandezas”? Desde os Elementos de Euclides até o vocabulário metrológico atual, elas percorreram uma longa história. No VIM 3 o termo “magnitude” é assumido como primitivo.²⁹ Já a palavra “grandeza”, presente na definição de “mensurando” e em outras tantas, recebe ainda uma série de notas elucidativas. Dentre elas, explicita-se que o termo compõe uma certa hierarquia, pois

²⁸ O VIM 3 exemplifica e define “propriedade qualitativa” como segue: “propriedade dum fenômeno, corpo ou substância, a qual não pode ser expressa quantitativamente. EXEMPLO 1 Sexo dum ser humano. EXEMPLO 2 Cor duma amostra de tinta. EXEMPLO 3 Cor de ‘spot test’ em química. EXEMPLO 4 Código ISO de país com duas letras. EXEMPLO 5 Sequência de aminoácidos num polipeptídeo” (INMETRO, 2012b, p. 15).

²⁹ Menciono o que é dito no próprio documento: “é possível substituir, em qualquer definição, um termo que se refere a um conceito definido em outra parte do VIM pela definição correspondente àquele termo, sem gerar contradição ou circularidade. Os conceitos são listados em cinco capítulos e em ordem lógica em cada capítulo. Em algumas definições, o uso de conceitos não definidos (também denominados “primitivos”) é inevitável. Neste Vocabulário, tais conceitos não definidos incluem: sistema, componente, fenômeno, corpo, substância, propriedade, referência, experimento, exame, magnitude, material, dispositivo e sinal” (INMETRO, 2012b, p. xii).

“o conceito genérico de ‘grandeza’ pode ser dividido em vários níveis de conceitos específicos” (INMETRO, 2012b, p. 2).

Considerar essas definições e seus níveis é importante em vista do aglomerado que compõem os alvos das medições: as propriedades gerais, manifestações locais e os valores utilizados. Mari, Ehrlich e Pendrill (2018) apontam uma ambiguidade através do seguinte exemplo: por “mensurável” é entendido tanto uma referência ao “comprimento”, quanto ao “comprimento desse objeto”. Para desfazê-la, os autores utilizam os termos “grandeza geral” e “grandeza de um objeto”. O mesmo já havia sido feito em Mari e Giordani (2012, p. 757), mas adotando os termos “grandeza geral” e “grandeza individual”. Há uma concepção básica assumida aqui: “uma grandeza individual é uma instância de uma grandeza geral, tal que, por exemplo, *o comprimento* desse objeto seja *um comprimento*” (Mari e Giordani, 2012, p. 757, grifo meu). No GUM, é utilizado o termo “grandeza específica” para distinguir entre “grandezas em um sentido geral: comprimento, tempo, massa, temperatura, [...] [e] grandezas específicas: - comprimento de uma barra - resistência elétrica de um fio - concentração de etanol em uma dada amostra de vinho” (INMETRO, 2012a, p. 31).

Em vista dessas considerações, um viés empirista pode tentar esclarecer que um mensurando é uma manifestação empírica de um objeto ou evento. Uma grandeza é primariamente um conceito que denota uma propriedade (dita mensurável, claro) em sentido geral, isto é, uma coleção de manifestações. Contudo, algumas ressalvas precisam ser feitas. Por um lado, Mari e Giordani (2012) tendem a caracterizar uma “grandeza” enquanto uma entidade – o que não é o caso aqui. Por outro lado, há dois tópicos controversos: se a empiricidade da denotação é um requerimento para que algo seja considerado uma grandeza; bem como em que sentido essas manifestações e conceitos são, ou são definidas por, qualidades ou quantidades. Berka esclarece que “*o comprimento* é uma grandeza, enquanto *o comprimento de uma mesa*, por exemplo, ou *o comprimento de uma mesa em m*, é uma magnitude” (1983, p. 45, grifo meu). Em seu uso mais tradicional, o termo “magnitude” denota um componente matemático visado pelas medições. No trabalho de Mari e Giordani (2012), ela é dita uma quantidade universal representada por um valor ou coleção de valores. Kyburg expressa o seguinte sentido: “uma magnitude [...] é o valor de uma função de grandeza para um determinado objeto ou evento [...] em termos de números puros e uma unidade” (1997, p. 381). Porém, o VIM 3 define que quando o comprimento de uma determinada haste, a massa de um determinado corpo ou a temperatura em Celsius de uma

determinada amostra estiverem sendo expressados através de números (acrescidos de uma referência), há um “valor de grandeza” (cf. INMETRO, 2012b, p. 11).

Deixando a palavra “referência” para ser discutida adiante, de um ponto de vista empirista, a distinção particular – geral vinculada às propriedades mensuráveis recai nas dimensões empíricas, teóricas, qualitativas e quantitativas envolvidas nos procedimentos de medida. Similar ao enfatizado por van Fraassen (2008, p. 139), Frigerio, Giordani e Mari argumentam que “um processo de medição é feito através da realização de alguns passos tanto empíricos quanto teóricos” (2010, p. 146). Junto de um âmbito dito teórico, Berka (1983) contrasta os aspectos empíricos com uma dimensão matemática. De acordo com ele, medições não são atividades “*puramente empíricas* ou *puramente matemáticas*. A função irreduzível no processo de medição consiste em conexões mútuas entre seus aspectos conceituais e operacionais” (Berka, 1983, p. 20, grifos do autor). Juntando ambas considerações há uma distinção tripla sobre os alvos das medições, na qual um mensurando é uma manifestação empírica; uma grandeza é um conceito que denota uma propriedade mensurável (cuja definição é usualmente dada em termos quantitativos); um valor de grandeza é uma maneira de expressar as manifestações empíricas através de um elemento matemático acrescido de uma referência. Essa separação esclarece os motivos pelos quais a literatura sobre medições está vinculada ao problema da aplicabilidade do conhecimento matemático ao mundo: medições conectam conceitos com manifestações empíricas proporcionando representações quantitativas que permitem explorar relações e propriedades matemáticas.³⁰ Retomando a afirmação de Díez (1997a), se as grandezas admitem variações em suas manifestações, então podemos visar uma coleção de valores para essas. No VIM 3, um conjunto ordenado de valores de grandezas utilizado para classificar as expressões quantitativas é a definição de uma “escala de valores” (cf. INMETRO, 2012b, p. 11).³¹

Voltando ao termo “referência”, embora tratado como primitivo no VIM 3, há notas explicativas afirmando que elas podem ser uma unidade, um procedimento ou um material (cf. INMETRO, 2012b, p. 2). Em grande parte dos contextos de medida a referência que compõe um valor de grandeza é dada por uma unidade, definida por “grandeza escalar real, definida e adotada por convenção, com a qual qualquer outra grandeza da mesma natureza pode ser comparada para expressar, na forma dum número, a razão entre as duas grandezas”

³⁰ Para a questão da aplicabilidade do conhecimento matemático ao mundo, veja-se Wigner (1960).

³¹ No Capítulo 3, uma “escala” é algo distinto da definição do VIM, em vista de como a TRM utiliza o termo. Na TRM, uma escala é entendida como a tripla ordenada $\langle E, E', f \rangle$, na qual E é uma estrutura de relações qualitativas (ERQ), E' é uma estrutura de relações numéricas (ERN) e f é uma função mapeamento (um homomorfismo) de E em E' (cf. Berka, 1983, p. 19-20).

(INMETRO, 2012b, p. 6). O recurso a uma referência pode ser esclarecido em função das medições serem procedimentos que pressupõem comparação, sobretudo em vista dos seus propósitos avaliativos e categorizadores. O estabelecimento da referência e a definição das unidades de medida são desafios da padronização na ciência, cujas tarefas envolvem o aprimoramento dos esquemas conceituais, das teorias científicas e dos aparelhos tecnológicos.

Crease (2013) explica que no decorrer da história da metrologia, uma contraparte empírica nessa tarefa consiste na busca por objetos e fenômenos naturais regulares, distinguindo entre os chamados padrões naturais e materiais. Os nomes são auto explicativos: vinculados aos fenômenos naturais, como a velocidade da luz; ou aos materiais, como o recém substituído protótipo internacional do quilograma.³² Por outro lado, a dinâmica entre contrapartes numéricas e empíricas envolve um problema de ordem semântica: eles devem ser definidos por valores de grandeza, por propriedades de objetos/eventos ou pelos próprios objetos? Em certo sentido, essa dúvida remonta ao célebre contraste entre Kripke e as interpretações do trabalho de Wittgenstein sobre a barra do metro padrão.³³ Mari, Ehrlich e Pendrill (2018) apontam que, desde um ponto de vista metrológico, está em jogo o modo como a definição será encontrada ou estabelecida, isto é, realizada.³⁴ Eles discutem, por

³² Alguns detalhes da história dos protótipos para o quilograma são discutidos no trabalho de Vaz (2017).

³³ No trabalho de Tal (2011), parte dessa história é utilizada para problematizar o que significa a “exatidão” em contextos metrológicos. Nas palavras dele: “um mito filosófico comum afirma que a barra do metro em Paris tem exatamente 1 metro de comprimento [...]. uma variante do mito vem de Wittgenstein [...], que nos diz que a barra do metro é a única coisa ‘sobre a qual não se pode dizer nem que tem um metro de comprimento, nem que não tem um metro de comprimento’. Kripke [...] discorda notoriamente, mas desenvolve uma variante do mesmo mito ao afirmar que o comprimento da barra em um tempo especificado é rigidamente designado pela frase ‘um metro’. Nenhum desses pronunciamentos é facilmente conciliado com a declaração de 1960 da Conferência Geral de Pesos e Medidas, segundo a qual ‘o protótipo internacional não define o metro com uma exatidão adequada às necessidades atuais da metrologia’ sendo por isso substituído por um padrão atômico [...]. É claro que não há nada de problemático em substituir uma definição por outra. Mas como pode a exatidão da barra métrica ser avaliada em relação a qualquer coisa que não seja ela mesma, quanto mais ser considerada deficiente?” (Tal, 2011, p. 1082-1083)

³⁴ Usualmente interpretado como o modo com que um procedimento satisfaz uma definição, o termo “realização” possui sentidos técnicos na metrologia, embora não definidos. Segue um esclarecimento: “é importante se fazer a distinção entre a definição de uma unidade e a realização prática dessa definição. A definição de cada unidade de base do SI é redigida cuidadosamente, de maneira que ela seja única e que forneça um fundamento teórico sólido que permita realizar medições mais exatas e mais reprodutivas. A realização da definição de uma unidade é o procedimento segundo o qual a definição da unidade pode ser utilizada a fim de estabelecer o valor e a incerteza associada de uma grandeza de mesmo tipo que a unidade” (BIPM *apud* Vaz, 2017, p. 68). O VIM também esclarece que uma “realização” possui três sentidos: “o primeiro, a realização *stricto sensu*, é a realização física da unidade de medida a partir da sua definição. O segundo, chamado “reprodução”, consiste, não em realizar a unidade a partir da sua definição, mas em construir um padrão altamente reprodutível baseado num fenômeno físico, por exemplo, o emprego de lasers estabilizados em frequência para construir um padrão do metro, o emprego do efeito Josephson para o volt ou o emprego do efeito Hall quântico para o ohm. O terceiro procedimento, chamado “adoção”, consiste em adotar uma medida materializada como padrão. É o caso do padrão de 1 kg” (INMETRO, 2012b, p. 46).

exemplo, se as unidades devem ser entendidas como “um simples exemplo particular de uma grandeza [ou] um exemplo particular de um valor de uma grandeza” (BIPM 2014; BIPM 2018, *apud* Mari, Ehrlich e Pendrill, p. 716). Se são grandezas – propriedades de objetos ou de eventos – então são componentes cujo acesso é dependente da manipulação dos objetos ou da identificação desses eventos. Se são valores de grandeza, então são elementos abstratos, pertencentes a um domínio matemático, manipuláveis de modo independente dos objetos ou eventos. Havendo essa dualidade, os autores argumentam que embora formalizáveis, medições não são processos formais e as definições seriam meios para manter essa dicotomia.

Desde um ponto de vista pragmático, as exigências da investigação científica parecem tangenciar esse tipo de questão.³⁵ No VIM 3, um padrão de medição é: “realização da definição duma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência” (INMETRO, 2012b, p. 46). A realização das definições é uma tarefa delicada; os padrões materiais e suas réplicas as satisfazem de maneira aproximada; os padrões naturais envolvem outra complexidade tecnológica: coordenar um procedimento com as definições pré-estipuladas. Não apenas isso, essa coordenação envolve esquemas representativos com aspectos idealizados ou simplificados. Isto é, uma organização simbólica que permite manipular informações quantitativas, como as escalas.³⁶

As escalas são organizadas em tipos, os quais remontam às distinções entre escalas nominais, ordinais, de intervalos e proporcionais, feitas no seminal trabalho de Stevens (1946).³⁷ Em grande parte, são essas classificações que estão atuando quando se discutem as restrições formais para o conceito de medição e aquilo que é “mensurável”. Por exemplo, Mari e Giordani propõem a seguinte definição: uma grandeza é uma “propriedade geral que, de acordo com o atual estado de conhecimento, pode ser avaliada pelo menos em uma escala ordinal [...]” (2012, p. 763). Isso acarreta que medições são procedimentos cujos alvos são propriedades que se encaixam nessas características. Por detrás dessa proposta está a tese de

³⁵ Esse ponto de vista pragmático pode ser ainda mais ressaltado acrescentando, por exemplo, o que é levantado por Chang: “considere o que se deve fazer para definir um termo científico: formular condições formais para seu uso verbal e matemático correto; construir instrumentos físicos e procedimentos para medição, testes padrão e outras manipulações; reunir pessoas em um comitê para monitorar os usos acordados do conceito e desenvolver métodos para aplicar penalidades às pessoas que não aderirem aos usos acordados. De uma só vez, levamos em consideração todos os tipos de coisas inesperadas, desde o operacionalismo até a sociologia das instituições científicas. ‘Um metro’ ou ‘um quilograma’ não significaria e não poderia significar o que significa sem toda uma variedade de ações epistêmicas coordenadas pelo *International Bureau of Weights and Measures* em Paris. Até a semântica é uma questão de fazer, como Wittgenstein e Bridgman nos ensinaram há muito tempo” (Chang, 2020, p. 19).

³⁶ Esse tema envolve o papel dos modelos na metrologia, cuja análise é a característica distintiva da abordagem de Tal (2012) – a qual é brevemente discutida no Capítulo 5.

³⁷ O trabalho de Stevens (1946) foi de suma importância para a história da abordagem representacionista das medições. Ele está apresentado com mais detalhes no Capítulo 3.

que escalas nominais são pouco informativas ou são atribuições numéricas muito triviais para serem considerados procedimentos de medida. No entanto, onde encontramos aquilo que determina que uma atribuição numérica não é trivial, ou que uma escala não é suficientemente informativa? Certamente, a interpretação desses valores depende de suas contrapartes empíricas. Por exemplo, como discutido por Berka (1983), estabelecer um ponto de origem em uma escala, para o qual o valor “zero” ou o valor “um” será atribuído de maneira não trivial, requer uma conexão entre as características algébricas com as propriedades dos objetos. Então, não há restrições que sirvam de critério para um conceito de “medição” sem responder como podemos conectá-las, se é que podemos. Usando as palavras do autor, “encontrar na realidade objetiva uma certa contrapartida empírica do zero numérico ou de números negativos que teria uma interpretação empiricamente significativa e não-trivial” (Berka, 1983, p. 87) é um desafio que, estendido para qualquer representação quantitativa, faz da epistemologia das medições um campo interdisciplinar que versa de modo *sui generis* sobre a aplicabilidade do conhecimento matemático ao mundo.

1.3 ETAPAS

Se as escalas requerem conexões com suas contrapartes empíricas para serem significativas, então como essas conexões são estabelecidas? Distinguindo entre componentes empíricos e teóricos, as medições envolvem, por um lado, os seus dispositivos – tais como instrumentos, sistemas, detectores, dentre outros.³⁸ Esses dispositivos precisam ser construídos, preparados, manipulados e interpretados. Isso pressupõe, por outro lado, diversos elementos de um contexto teórico, os quais têm sido denominados aqui por “esquemas”. Como as próprias escalas, alguns desses esquemas cumprem funções manipulativas em domínios algébricos, outros são fórmulas que advêm de teorias científicas. O VIM 3 explicita alguns desses. Por exemplo, o efeito termoelétrico é um, dentre outros, “fenômeno que serve como base para uma medição” (INMETRO, 2012b, p. 17), chamado no documento de “princípios”, os quais fazem parte das descrições detalhadas sobre o funcionamento das

³⁸ O VIM 3 define, respectivamente, os (a) instrumentos de medição, (b) os sistemas e (c) os detectores como: “[a] dispositivo utilizado para realizar medições, individualmente ou associado a um ou mais dispositivos suplementares; [...] [b] Conjunto dum ou mais instrumentos de medição e frequentemente outros dispositivos, compreendendo, se necessário, reagentes e insumos, montado e adaptado para fornecer informações destinadas à obtenção dos valores medidos, dentro de intervalos especificados para grandezas de naturezas especificadas; [...] [c] dispositivo ou substância que indica a presença dum fenômeno, corpo ou substância quando um valor limiar duma grandeza associada for excedido” (INMETRO, 2012b, p. 35-36).

medições.³⁹ Outros esquemas, embora possam conter leis e aspectos vinculados a elementos quantitativos, possuem objetivos instrutivos e operacionais. Exemplos desses últimos são os manuais de instrução e demais diretrizes para se construir, preparar, limpar e operar os dispositivos. Finalmente, há no contexto teórico das medições algo que versa sobre como interpretar e avaliar o que é realizado com os instrumentos e obtido através deles.

Em certo sentido, executar uma medição é fazer com que o mensurando em alvo (aquilo que desejamos medir no objeto, no evento, etc.) interaja com o dispositivo de medida. Porém, o resultado da medição não é essa interação. Ela origina uma “indicação” (ou “leitura”), cuja correta interpretação e avaliação consiste em um resultado. O VIM 3 define o termo “indicação” como um “valor [de grandeza] fornecido por um instrumento de medição ou por um sistema de medição” (INMETRO, 2012b, p. 37). Penso que pode ser evitado identificar as indicações com os próprios valores.⁴⁰ De qualquer forma, o documento exemplifica que uma indicação pode ser a posição de um ponteiro, um símbolo em um mostrador ou marcas impressas. Tal (2012) acrescenta: padrões visuais, sinais acústicos, ou qualquer outro tipo de saída experimental. Então, em sentido geral, uma indicação é aquilo que aparece na configuração das medições, permitindo inferir e avaliar o estágio final da interação, sejam as cores, os riscos em um papel ou pontos em um gráfico.

Assim, o resultado de uma medição é composto por uma indicação acrescida de algo. No cotidiano, esse algo pressupõe boa parte dos esquemas já mencionados: escalas, unidades, regras de inferência (mesmo tácitas), etc. Por exemplo, dizer que o meu cachorro está com aproximadamente “8 quilos” será um resultado se: há uma indicação originada pela sua correta interação com uma balança e essa é interpretada corretamente dentro de um contexto prático-teórico previamente estabelecido.⁴¹ Porém, geralmente em contextos científicos isso

³⁹ Exemplificando outros tipos desses esquemas, o VIM 3 atribui ao termo “método” a descrição genérica da organização local de operações. Se a essa descrição for adicionada os “princípios” e outros elementos, ele diz que há um “procedimento” – uma coleção de informações que usualmente oferece detalhes suficientes para habilitar os indivíduos a executarem medições, fornecendo diretrizes e servindo como um guia da prática científica (cf. INMETRO, 2012b, p. 18).

⁴⁰ Desde um ponto de vista filosófico, dizer que uma indicação é um valor implica que só existem indicações dentro de um contexto teórico e interpretativo pré-estabelecido – isto é, não fazendo distinção entre aspectos cognitivos interpretativos, aspectos perceptivos e elementos empíricos independentes dos sujeitos. É importante ressaltar que os documentos de referência na metrologia têm por objetivo posicionamentos que não tomam partes em algumas disputas filosóficas, isto é, suas definições visam detalhes para todos os fins práticos, diretrizes operacionais, metodológicas. Se isso é de fato alcançado, é outro tema.

⁴¹ Falo em contexto prático-teórico porque a correta interpretação e a qualidade do resultado são temas que requerem desde a formulação dos conceitos, isto é, das grandezas, até o estabelecimento das escalas e das unidades, passando pelos aspectos práticos e normativos próprios do instrumento. No cotidiano, a qualidade do resultado e suas condições são aspectos tácitos no uso dos instrumentos. Afinal, como diz o GUM: “numerosas medições são feitas a cada dia na indústria e no comércio sem nenhum registro explícito da incerteza. Entretanto, muitas são executadas com instrumentos sujeitos a calibrações periódicas ou a inspeção legal. Se for de

ainda não seria um resultado e na metrologia não o é. Em primeiro lugar, um resultado exige repetição: que uma coleção de indicações sejam coletadas – ou um modelo de dados seja construído. Inclusive, o VIM 3 esclarece as “condições da repetibilidade”, dentre as quais se incluem “as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares durante um curto período de tempo” (INMETRO, 2012b, p. 22). Em segundo lugar, a avaliação dessa interpretação é um pré-requisito para um resultado metrológico, definido no VIM 3 como: “conjunto de valores atribuídos a um mensurando, *juntamente com toda outra informação pertinente disponível*” (INMETRO, 2012b, p. 18, grifo meu). Essas informações pertinentes se referem aos conceitos usados para avaliar e expressar as indicações, tais como os erros, a precisão, a exatidão e, sobretudo, a incerteza.

Isso posto, é apenas em vista de uma coleção de indicações e de valores que esses conceitos atuam. Junto desses conceitos, um resultado (em sentido metrológico) pode ser efetivamente informado. A precisão é uma propriedade de uma coleção de indicações, ou de valores medidos, vinculada com a proximidade entre eles (cf. INMETRO, 2012b, p. 21). Por sua vez, a exatidão é a qualidade da indicação, ou do resultado, estar próximo de um valor esperado, pré-definido ou “verdadeiro”.⁴² Então, medições podem ser muito precisas e, ao mesmo tempo, pouco exatas.

Enfatizar os seus estágios é uma maneira de entender as medições enquanto processos. Medir é uma atividade que, através de etapas sucessivas e não raro recursivas, promove e refina o vínculo entre âmbitos empíricos, teóricos e quantitativos – sempre em vista de certa finalidade, por exemplo, atribuir valores. Cartwright e Runhardt destacam: “no entanto, não é

conhecimento que os instrumentos estão em conformidade com suas especificações ou com os documentos normativos existentes e aplicáveis, as incertezas de suas indicações podem ser inferidas a partir daquelas especificações ou destes documentos normativos” (INMETRO, 2012a, p. 25).

⁴² O termo “acurácia” é usado a partir daqui como sinônimo de exatidão, mas apenas para evitar uma repetição excessiva dessa. Está sendo evitado utilizar a expressão “valor verdadeiro” por conta da conotação semântico-ontológica não trivial – a qual é inclusive considerada pelos documentos de referência. Por exemplo, penso que o GUM esclarece também essa conotação quando define o termo “valor verdadeiro” da seguinte maneira: “valor consistente com a *definição* de uma dada grandeza específica. NOTA 1 É um valor que *seria obtido por uma medição perfeita*. NOTA 2 *Valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados*. NOTA 3 O artigo indefinido ‘um’ é usado, preferivelmente ao artigo definido ‘o’, em conjunto com ‘valor verdadeiro’ porque *pode haver muitos valores consistentes com a definição de uma dada grandeza específica*” (INMETRO, 2012a, p. 32, grifo meu). No VIM 3 é fornecida uma elucidação sobre a já mencionada tentativa de ser uma postura filosoficamente irênica: “o desenvolvimento desta 3a edição internacional do VIM levantou algumas questões fundamentais sobre diferentes filosofias e descrições de medição atuais, como será resumido abaixo. Estas diferenças algumas vezes acarretam dificuldades no desenvolvimento de definições que sejam compatíveis com as diferentes descrições. Nesta 3a edição, nenhuma preferência é dada a qualquer abordagem particular” (INMETRO, 2012b, p. x).

apenas atribuir valores ou números, ou colocar itens em categorias; é fazer isso de maneira sistemática e bem fundamentada” (2014, p. 267). Esclarecendo essa maneira, as autoras distinguem três etapas: caracterização; representação e procedimentos no campo.⁴³ Por outro viés, Mari, Carbone e Petri (2012, p. 2111) distinguem entre dois estágios das medições: de modelagem e operacional, sendo esse último subdividido em experimental e representacional. Penso que alguns elementos propostos em ambos trabalhos precisam ser considerados para erguer um entendimento robusto sobre as medições.

Mari, Carbone e Petri (2012) salientam que o estágio operacional possui uma parte experimental – a interação entre instrumentos e objetos a fim de produzir uma indicação.⁴⁴ No meu entendimento, essa etapa envolve uma coleção de habilidades, saberes práticos para a correta aplicação de ferramentas e condução de experimentos. Mesmo tácitos em alguns contextos, esquemas com funções instrutivas são úteis aqui, desde normas técnicas até sugestões sobre o bom uso dos artefatos. Para os autores, há uma segunda parte nesse estágio operativo que é representacional: quando as indicações são simbolizadas, atribuindo-se um valor, acrescido de informações relevantes (por exemplo, a referência e uma margem de incerteza).

De modo similar, van Fraassen (2008) argumenta que esses resultados são encontrados, ou inferidos, em uma coleção de valores pré-estipulada. Essas inferências são similares ao ato de localizar-se em um mapa, uma atitude indexical que reduz os lugares possíveis a uma sub-região, dentro de um espaço de possibilidades. E como alguém que está em um lugar não familiar poderia se localizar usando um mapa sem supor que ele foi bem feito? As inferências em um estágio interpretativo requerem uma porção de esquemas bem preparados. Para isso, Mari, Carbone e Petri (2012) destacam o estágio de modelagem: uma coleção de atividades que deve definir o que será medido; modelar a sua relação com o resultado esperado; identificar fatores ambientais e contextuais relevantes, dentre outras funções. Para além do trabalho com modelos de dados, a modelagem visada pelos autores não se refere apenas a uma coleção de indicações ou resultados, mas à esquematização dos próprios procedimentos.

A palavra “modelo” possui usos variados na filosofia da ciência atual – tema discutido com um pouco mais de detalhes no Capítulo 5. Nos documentos de referência da metrologia, um “modelo de medição” é usualmente caracterizado nos termos de um esquema

⁴³ A expressão “procedimentos no campo” é uma tradução adaptada da expressão “*on-the-ground procedures*”.

⁴⁴ Cabe observar que os autores recorrem aos conceitos de “observação” e “causa” aqui, afirmando que uma indicação é um elemento observável que foi idealmente causado pela interação dos instrumentos com os alvos.

matemático simplificado, composto ao menos por uma fórmula, ou por uma função que recebe uma entrada e fornece uma saída, isto é, um *black-box model*.⁴⁵ O VIM 3 exemplifica os modelos dizendo que uma de suas formas gerais é dada pela seguinte equação: “ $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$, onde Y , a grandeza de saída no modelo de medição, é o mensurando, cujo valor deve ser deduzido da informação sobre as grandezas de entrada no modelo de medição X_1, \dots, X_n ” (INMETRO, 2012a, p. 31). E logo adiante: “se um modelo de medição [...] pode ser escrito explicitamente como $Y = f(X_1, \dots, X_n)$, onde Y é a grandeza de saída no modelo de medição, a função f é a *função de medição*” (INMETRO, 2012a, p. 31).⁴⁶

É junto do trabalho com modelos que os conceitos de índole tecno-epistêmica adquirem significado na prática metrológica, como a precisão, a exatidão, os erros e as incertezas – os quais estão diretamente relacionados com a calibração das medições.⁴⁷ O GUM destaca que as medições são práticas imperfeitas; que sempre há diferenças entre o que se espera e o que foi obtido – as quais são chamadas de “erros” e classificadas em aleatórios e sistemáticos. *Grosso modo*, o que os diferencia é o seu caráter constante e previsível.⁴⁸ As incertezas, por sua vez, são parâmetros cuja avaliação é classificada em tipo A e em tipo B, em vista da primeira ser obtida em função de uma análise estatística de séries de observações e a segunda por qualquer meio que não seja esse.⁴⁹ O INTROGUM também ressalta que

⁴⁵ Saliento que esse tema é um dos principais tópicos na epistemologia das medições atuais. Por exemplo, argumentando que medições devem ser explicitamente justificadas, Mari, Maul e Wilson (2019) questionam porquê o VIM 3 fornece uma caracterização das medições nos termos um *black-box model*. Tal (2012), por sua vez, discute como a calibração pode ser vinculada tanto a esses, como aos *white-box models*, as relações entre as duas formas e suas características epistêmicas.

⁴⁶ Também esclarecido por Vaz, a modelagem estatística dos próprios procedimentos é composta por “funções matemáticas utilizadas para integrar a diversidade de componentes do procedimento, como o número de ciclos determinado, os valores obtidos a cada ciclo, correções necessárias para a interação das variáveis de influência (conhecidas ou desconhecidas) e outros fatores que contribuam para a produção do resultado mais exato e preciso” (2017, p. 71).

⁴⁷ Sobre ela, Vaz afirma que a calibração “é o experimento metrológico por excelência [...] é executar um procedimento recursivo: as informações da referência são previamente fixadas por meio de testes ou calibrações anteriores, e assim sucessivamente” (2017, p. 71). O capítulo 5 discute o papel da calibração junto do trabalho de Tal (2012).

⁴⁸ O tema dos erros, suas fontes e características, é um tópico profícuo para as investigações epistêmicas, sobretudo junto da modelagem. Por exemplo, sobre essas fontes Preston e Dietz (1991) distinguem entre quatro tipos de erros sistemáticos, isto é, que estão consistentemente muito acima ou muito abaixo do esperado, são eles: observacional, instrumental, ambiental e teórico; e classificam os erros aleatórios em observacionais e ambientais. Sobre essas características, Tal (2012, 2019) argumenta que os erros sistemáticos são as ferramentas conceituais que permitem entender como as modelagens metrológicas lidam com alguns problemas epistêmicos clássicos, por exemplo, como determinar como e se instrumentos diferentes medem a mesma quantidade.

⁴⁹ O GUM estabelece que a incerteza é um parâmetro “associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando. O parâmetro pode ser, por exemplo, um desvio-padrão (ou um múltiplo dele), ou a metade de um intervalo correspondente a um nível da confiança estabelecido. [...] Incerteza de medição compreende, em geral, muitos componentes. Alguns destes componentes podem ser estimados com base na distribuição estatística dos resultados de séries de medições e

“nenhuma medição é exata [...] mesmo que a grandeza seja medida várias vezes do mesmo modo e nas mesmas circunstâncias, em geral um valor [...] diferente é obtido a cada vez” (INMETRO, 2014, p. 8). A avaliação da incerteza é um aspecto técnico e epistêmico de suma importância para o entendimento da finalidade primária das medições, do fornecimento de resultados válidos, mas também em vista dos seus propósitos secundários. Por exemplo, o VIM 3 afirma (na segunda nota da própria definição de “resultado de medição”) que há domínios em que informar a sua incerteza é desnecessário e, nesses casos, o resultado da medição não precisa incluir a mesma.

Essas últimas considerações aproximam a discussão de alguns aspectos da proposta de Cartwright e Runhardt (2014).⁵⁰ A preparação das medições depende do entendimento sobre o que está em alvo, das técnicas disponíveis, dos padrões escolhidos, dentre outros aspectos. Por um lado, e quase trivialmente, as informações visadas são adequadas ou inadequadas em função das grandezas e das suas manifestações serem categoricamente locais. Afinal, líquidos não exibem extensões fixas; animais não manifestam viscosidade ou comprimento de onda; produtos de limpeza não manifestam distopia temporal; mercadorias não possuem quociente de inteligência; terremotos não têm produto interno bruto, taxa de alfabetização ou qualquer outro fator utilizado no índice de desenvolvimento humano.

Menos trivial, embora relacionado, o atual desenvolvimento científico sobre as grandezas atua substancialmente aqui. Mari, Maul e Wilson (2018) salientam que o estabelecimento de uma propriedade mensurável depende das condições para a sua identificação. Assim, contextos em que essa propriedade está conceituada por uma teoria são substancialmente distintos daqueles em que não há um conceito suficientemente estabelecido vinculado ao que se quer medir. Inclusive, o conhecimento de fundo é um dos critérios utilizados por Finkelstein (2003) para distinguir entre medições “fortes” e “fracas”. Nessas últimas, a grandeza visada é baseada em um conceito não muito bem definido. A primeira das três etapas discutidas por Cartwright e Runhardt (2014), denominada por “caracterização”, consiste justamente na boa formulação de um conceito.

podem ser caracterizados por desvios-padrão experimentais. Os outros componentes, que também podem ser caracterizados por desvios-padrão, são avaliados por meio de distribuições de probabilidade supostas, baseadas na experiência ou em outras informações. [...] Entende-se que o resultado da medição é a melhor estimativa do valor do mensurado, e que todos os componentes da incerteza, incluindo aqueles resultantes dos efeitos sistemáticos, como os componentes associados com correções e padrões de referência, contribuem para a dispersão” (INMETRO, 2012a, p. 2).

⁵⁰ Do meu ponto de vista, Cartwright e Runhardt (2014) não fornecem apenas estágios para uma medição, mas uma estratégia geral cujas etapas caracterizam um estilo de investigação, direcionando uma espécie de método científico.

Para elas, a caracterização é a formulação de uma categoria que seja útil em vista do “para que” queremos esses dados e onde vamos usá-los, aproximando esse passo metódico das características dos artefatos tecnológicos. Lawler argumenta que os artefatos dispostos nas práticas humanas formam redes normativas e significativas, constituídas por relações informacionais, nas quais “o para que dos artefatos, suas funções, são o núcleo de seu conteúdo informacional” (2020, p. 28). Algo similar ocorre com a formulação de algumas grandezas e com a avaliação das características interessantes de algumas medidas: suas funções normativas mostram parte dessa vida pragmática. Fora dos contextos metrológicos, Cartwright e Runhardt (2014) argumentam que as propriedades em alvo precisam ser identificadas também em função desses aspectos pragmáticos. Utilizando um exemplo discutido no trabalho das autoras, o conceito de “guerra civil” poderá ser uma propriedade mensurável se figurar como categoria em um esquema teórico em vista de uma finalidade pré-estabelecida. Assim: “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).

Em grande parte, as informações obtidas através das medições são visadas em função de objetivos avaliativos e classificatórios, para estabelecer relações satisfatoriamente compreensíveis, padronizáveis, significativas sobre o que está em alvo e, sobretudo, simbolicamente manipuláveis. Para essa última finalidade as autoras destacam uma segunda etapa, a atividade de representação. Uma vez que uma noção geral esteja se tornando uma categoria, o próximo passo é representá-la através de um esquema que permita esse trabalho simbólico. Essa etapa pode ser vista como a preparação de um esquema quantitativo: uma escala, uma tabela de valores, dentre outros. Apenas junto disso fará sentido tentar afirmar que uma determinada categoria admite um tratamento ordinal ou proporcional. Então, o caráter pragmático reaparece. O esquema matemático precisa ser coerente com as características do conceito formulado, mas essa representação não é apenas uma relação de semelhança entre dois elementos, é também uma formulação intencional que depende da utilidade visada.

Finalmente, Cartwright e Runhardt (2014) explicam uma terceira etapa: os procedimentos no campo. Uma escolha da (melhor) maneira para se operacionalizar um conceito, para efetivamente medir, envolve considerações epistêmicas – como a exatidão; bem como tecnológicas, sociais e ambientais – os custos e impactos desses procedimentos.

Nas palavras das autoras: “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” (Cartwright e Runhardt, 2014, p. 277). Isso posto, elas destacam uma dinâmica entre essas etapas. A categorização e a representação de uma grandeza não podem ser atividades científicas primariamente analíticas ou puramente teóricas, pois estão diretamente relacionadas com os procedimentos no campo.⁵¹ Junto a isso, elas enfatizam uma série de escolhas que atuam sobre os procedimentos e os esquemas, havendo um jogo entre a teorização e a experimentação: “chegar a procedimentos corretos envolve estabelecer prioridades (...) problemas com nossos procedimentos nos forçam a refinar nossa caracterização” (Cartwright e Runhardt, 2014, p. 267).⁵²

Como fechamento, retomo que o objetivo do capítulo é fomentar um entendimento minimamente apropriado para esclarecer alguns dos problemas epistemológicos que emergem das práticas de medida. Recupero também uma hipótese metodológica sobre a relação entre as medições e a produção de conhecimento: se medições são atividades que produzem ou aprimoram conhecimentos (científicos), então uma análise cuidadosa das mesmas e dos seus contextos deveria encontrar algumas características epistêmicas (tais como crença, verdade, justificação). Com o exposto até aqui, o campo para os problemas toma corpo e complexidade, valendo a pena questionar já agora: o que conta como justificação em meio aos componentes, aos propósitos e às etapas elucidadas por esse entendimento sobre as medições?

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: JUSTIFICAÇÃO?

Em síntese, medir é uma atividade que pode ser entendida através dos seus múltiplos propósitos. Essa atividade pode ser organizada nos termos de um processo, composto ao menos por três etapas: preparação, operação e interpretação/avaliação. Olhando para a sua história, pode-se elencar os problemas epistemológicos discutidos sobre cada uma dessas etapas, embora a preparação seja um campo tradicionalmente controverso e a avaliação uma área que tem recebido atenção mais recentemente – junto da modelagem e das inferências estatísticas na metrologia. Os componentes usuais das medições podem ser vistos como

⁵¹ Nas palavras das autoras “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).

⁵² Esse esclarecimento é muito próximo do conceito de “iterações epistêmicas” proposto por Chang (2004), tópico discutido no Capítulo 6.

habitando três âmbitos: a) empíricos (os dispositivos e os objetos ou eventos que exibem o que está em alvo); b) teóricos e não quantificados (noções gerais, partes explicativas, conceitos qualitativos, diretrizes, etc.); c) quantitativos (princípios, leis, unidades, escalas, valores de grandeza, etc.). Essa organização possui uma virtude heurística. Ela permite capturar questionamentos filosóficos a partir do modo como esses componentes se relacionam entre si, tendo em vista ao menos uma etapa. Aquilo que conta como justificação para as medições depende diretamente das relações entre os componentes que estão sendo visadas. A pergunta primária é: o que carece de justificação? É a relação entre um conceito e uma finalidade externa, uma categoria que foi bem preparada para ser significativamente mensurável? É se a articulação entre uma noção geral com a sua representação quantitativa permite inferências significativas? Ou ainda em que sentido os instrumentos podem modificar substancialmente (quicá destruindo) o que está sendo medido para originar as indicações? É possível que haja um problema filosófico já levantado na literatura para cada par formado entre esses componentes, sobretudo alternando os âmbitos (um empírico, outro não empírico; um quantitativo, outro não quantitativo). Todavia, duas dessas relações têm recebido maior atenção. A saber: o que torna a conexão representativa entre os valores de grandeza e as propriedades empíricas adequada; quais pressuposições existem entre as maneiras com que compreendemos e definimos uma grandeza e os instrumentos que a medem. Esclarecer esses problemas é o objetivo do próximo capítulo.

CAPÍTULO 2. CONVENÇÕES E CIRCULARIDADES

“A natureza não fornece réguas, nem balanças, nem – embora dias e anos recorram com regularidade – pontos de origem para marcar o tempo. Somos nós que os fabricamos, com auxílio de objetos como os relógios de sol e os mecânicos.

Amiúde conferimos nossas medidas comparando-as com outros padrões confeccionados, ou assumimos que tais padrões devam existir em algum lugar; como no mito cosmológico de que a Terra é sustentada por um elefante em pé sobre tartarugas, há sempre uma tartaruga no final”.

Robert Crease †

Crease (2013, p. 6-7) conta uma história sobre uma aldeia à beira-mar em que havia uma base militar com um canhão posicionado no alto de um morro. O canhão disparava uma vez por dia, sempre ao meio-dia. Para os habitantes da aldeia, o som produzido pelo tiro do canhão era algo tão natural como o nascer do sol, uma regularidade que separava a manhã da tarde e moldava a estabilidade, o ritmo e o planejamento do convívio social da aldeia. Ao escutarem o disparo alguns moradores fechavam suas lojas, se arrumavam para ir à escola, lotavam o restaurante local. Um jovem queria entender como sabiam o momento em que o canhão deveria disparar e caminhou até o local, questionando o artilheiro responsável. O soldado explicou que o momento do disparo obedecia à ordem do oficial de comando, que por sua vez se comprometia em encontrar o relógio portátil mais acurado possível e em sincronizar o momento do disparo com a marcação do seu artefato. Naturalmente, a dúvida prosseguiu até o oficial de comando que lhe respondeu orgulhoso mostrando um medidor de tempo finamente construído. O oficial lhe explicou ainda que acertava o seu ilustre relógio em suas caminhadas semanais até o centro da aldeia. Fazendo sempre o mesmo trajeto, ele passava em frente à melhor relojoaria da região, parando para sincronizar o seu fino

† “A Medida do Mundo”, Crease (2013, p. 5 – 6).

dispositivo com um venerável relógio exibido na vitrine. No dia seguinte, o jovem foi até o estabelecimento mencionado e indagou o relojoeiro sobre como esse acertava o majestoso relógio exibido na vitrine, que lhe respondeu: ora, pelo único meio confiável que qualquer pessoa daqui já tenha tido, o canhão do meio-dia.

De acordo com Crease, a história do canhão do meio-dia ilustra aspectos essenciais do modo com que medidas são estabelecidas e a maneira pela qual as sociedades se habituaram a confiar nelas: são decisões humanas, mas “uma vez que a medida exista, é irresistível considerá-la ponto pacífico e supor que ela sempre existiu. As medidas tornaram-se parte do perfil das coisas, parecendo pertencer ao mundo em si” (2013, p. 8). Mas essa confiança é exacerbada? Parece haver um descompasso entre as medidas serem assuntos pacíficos, enquanto também são vistas como resultados de um empreendimento que “pode ser ao mesmo tempo arbitrário e circular: nós definimos uma medida por algum elemento do mundo, e esse elemento pela medida” (2013, p. 8).

Questionar o que sustenta a segurança atribuída às medidas parece acarretar ou no enfraquecimento dessa, ou na eliminação desse caráter circular e arbitrário. Crease ressalta ainda que “a arbitrariedade e a circularidade simplesmente refletem o modo típico como as pessoas escolhem medidas: improvisamos com algo que esteja ao nosso redor” (2013, p. 8). Assim, o núcleo das circularidades pode ser apontado nos componentes que são vistos como estabelecidos de maneira convencional, adentrando ao tema das escolhas em contextos científicos.

Por um lado, parece inegável que escolhemos certos padrões operacionais e informacionais. A ciência atual é uma prática coletiva e institucionalizada, os seus respectivos documentos oficiais desempenham funções reguladoras, padronizando definições e procedimentos. Esses elementos semântico-metodológicos são objetos de debate, de escolha e de acordos. Ademais, nas medições é possível optar por uma ou outra unidade de medida, por escalas, por instrumentos com diferentes comportamentos e resoluções, como os termômetros à base da dilatação do mercúrio ou da água.⁵³ Até aqui, essas escolhas recaem em versões sutis das teses da subdeterminação teórica. A natureza não indica o que conta como unidade de medida para uma grandeza, elas precisam ser estabelecidas. Tampouco recomenda uma única escala para essa grandeza, elas são arquitetadas. Os dispositivos para medir o que se

⁵³ Por “resolução” se entende a sensibilidade dos dispositivos. A menor diferença significativamente perceptível entre as indicações no arranjo instrumental é a resolução do dispositivo mostrador, isto é, a “menor variação da grandeza medida que causa uma variação perceptível na indicação correspondente” (INMETRO, 2012b, p. 41);

deseja são construídos, sejam eles artesanais ou fabricações industrializadas. Essas considerações podem ser vinculadas com a ideia de que os fatos podem ser expressados de diferentes maneiras, embora igualmente significativas. Elas também podem ser elucidadas junto dos aspectos nos quais a ciência é mais pacificamente vista como uma construção social. Por exemplo, Haack (2007, p. 217) afirma que há ao menos três aspectos nos quais apontar esse caráter sócio construtivo é correto. No sentido de que a ciência é uma instituição social e, portanto, constituída por seres humanos com crenças e desejos. Ressaltando que os instrumentos utilizados no laboratório são fabricações que resultam de trabalho coletivo. Entendendo que os conceitos, acrescento aqui as teorias, são resultados do esforço intelectual dos indivíduos. Por outro lado, Haack salienta que há uma tese muito mais forte, não pacífica e no seu entendimento incorreta sobre a constituição social da atividade científica, a saber, de que não apenas os conceitos são frutos de trabalho árduo, mas também os objetos aos quais eles se aplicam são assim “trazidos à existência” (2007, p. 217).

De maneira similar, assumir o caráter convencional de ao menos três aspectos das medições são teses mais caras. (i) Que os próprios conceitos que caracterizam as propriedades mensuráveis, que identificam as grandezas e dizem o que é aquilo que está sendo medido, sejam acordos em vista de não haver o conceito correto da grandeza x . (ii) Que a unicidade do significado dos valores de grandeza sejam convenções. (iii) Que a própria sensibilidade das operações instrumentais sequer exista antes das escolhas dos procedimentos. Nessas afirmações há uma espécie de subdeterminação menos trivial. Como posto por van Brakel, um dos principais propósitos dos estudos das medições consiste em aprimorar a complexidade teórica das medições para eliminar arbitrariedades; “no entanto, esse processo de eliminação do maior número possível de convenções arbitrárias não leva necessariamente a uma solução melhor” (1984, p. 47).

Pode-se contra afirmar: os relógios, os calendários e as escalas de tempo são feitos e escolhidos, mas não o que é o tempo, tampouco a duração de um evento. Termômetros são construídos, mas não o que é a temperatura, quão quente está um café ou uma cerveja. Trabalhar com a escala Celsius ou a escala Fahrenheit é algo passível de escolha, mas a preservação da diferença entre intervalos de temperatura na passagem de uma escala para a outra é uniforme, significativa e foi uma descoberta científica. Essas afirmações apontam para algo que não é convencional nas medições, ou ao menos não deveria ser. Aquilo que determina o que é a grandeza em vista e que permite a sua correta conceituação. Aquilo explica a unicidade do significado das representações numéricas e quando elas são adequadas.

O que possibilita distinguir e avaliar a sensibilidade dos instrumentos. Parte da história da ciência e da filosofia sobre as medições se desenvolveu em função da busca por esses elementos, sobretudo nos termos de componentes fundamentais. Sejam eles empíricos ou metafísicos, eles seriam uma espécie de alicerce, uma garantia da objetividade das medições.

2.1 OBJETIVIDADES

Enfatizar as escolhas científicas aponta para o que guia essas escolhas, aquelas características epistêmicas que servem de critérios para a eleição, mas também componentes morais, políticos e sociais. Tradicionalmente, a inclusão dessas características, chamadas de valores ou virtudes, representa uma abertura escorregadia rumo à subjetividade e à retórica, em detrimento da objetividade e da justificação, encontrando a tese da neutralidade axiológica da ciência. Cartwright e Runhardt (2014) explicam que há um viés tradicional sobre o lugar em que as questões valorativas e os interesses subjetivos podem ter um papel na prática científica, sendo amplamente aceito pelos expoentes dessa visão que esse local é muito restrito e não possui qualquer *status* epistêmico. Aqui, as escolhas pessoais e coletivas, como os motivos para se estudar esse ou aquele assunto, seriam elementos triviais e facilmente dispensáveis na justificação do conhecimento científico.

No caso das medições, pode-se ressaltar ainda que o uso social e político das informações resultantes depende de julgamentos valorativos – contudo, esses julgamentos não devem adentrar ao âmbito em que as próprias evidências e a qualidade dos resultados são pesadas. Para além disso, a conclusão de Cartwright e Runhardt (2014) corrobora a ideia de que há uma espécie de ladeira escorregadia aqui. De acordo com as autoras, se em uma determinada teorização certas escolhas atuam de maneira não trivial, então essa atividade possui uma impregnação valorativa. Analisando as medições nas ciências sociais, elas argumentam que geralmente não existe uma única delimitação para formular um conceito, tampouco para a representação quantitativa do alvo das medições nesses estudos e, portanto, esses só podem ser ditos corretos no sentido de serem adequados a esses ou aqueles objetivos investigativos. Como os próprios objetivos são visados e conduzidos em vista de certos valores, a medição nas ciências sociais é impregnada por eles (cf. Cartwright e Runhardt, 2014, p. 284).

A questão da objetividade das medições também salta aos olhos quando o seu caráter avaliativo é apontado. Como aparece em diversos trabalhos de Mari e de seus colaboradores, se medições são processos avaliativos, então faz sentido questionar como elas se distinguem de avaliações subjetivas, de opiniões e de julgamentos pessoais. Nos contextos científicos, escolhas individuais e coletivas perpassam tanto os constructos teóricos quanto as práticas laboratoriais. Knorr-Cetina (1981) argumenta que a compreensão dos procedimentos laboratoriais é inseparável das decisões que os cientistas realizam. Van Brakel acrescenta: “medições são realizadas em um contexto e a pessoa que mede é como qualquer outro tomador de decisão: ela deve selecionar o que melhor serve aos seus propósitos” (1984, p. 46). Cartwright e Runhardt (2014) enfatizam o balanço entre as virtudes epistêmicas, como a precisão e a exatidão, com virtudes operacionais e tecnológicas, como o tempo requerido pelos procedimentos (presente nas condições da repetibilidade do VIM 3), os custos variados de uma determinada tecnologia, seus impactos sociais e ambientais, bem como a confiança que se deposita na utilização de dados coletados e divulgados por outras comunidades científicas.

A presença das escolhas e dos elementos convencionais são dificuldades que precisam ser enfrentadas pelas tentativas de construir o entendimento de que as medições, em sentido amplo, são atividades que administram um alto nível de objetividade. Como afirmam Reiss e Sprenger (2017), o conceito de “objetividade” usualmente discutido pelas análises filosóficas da ciência pode ser entendido como uma virtude vinculada ou aos produtos da atividade científica, ou aos seus processos. Em relação aos produtos, a objetividade científica é a virtude de teorias, leis ou resultados experimentais serem representações adequadas daquilo ao que se aplicam. Há um critério atuando aqui, o qual pode ser entendido da seguinte maneira:

Objetividade-Fidelidade. X é um produto científico objetivo se, e somente se, X é uma representação suficientemente fiel do seu objeto de estudo.

A objetividade é uma virtude de processos científicos em vista de como as suas atividades não se misturam com alguns fatores sociais e com os vieses individuais, havendo neles uma espécie de filtragem. Recorrendo à independência de certos fatores contextuais, aplica-se um critério no seguinte sentido:

Objetividade-Neutralidade. X é um processo científico objetivo se, e somente se, X é capaz de eliminar as características pessoais e sociais comprometedoras dessa atividade científica.

Defesas e críticas do caráter objetivo das medições científicas podem ser buscadas por ambas as vias, investigando os sentidos em que elas satisfazem essas condições, ou não podem satisfazê-las. Isto é, pode-se defender que os resultados fornecidos pelas medições são representações suficientemente fiéis dos seus alvos. Ou pode-se argumentar que a cláusula de fidelidade atribuí aos resultados das medições o *status* de uma equivocada visão a partir de lugar nenhum. Pela outra via, pode-se argumentar que a construção e a condução sistemática das medições são capazes de eliminar inclinações pessoais e demais aspectos contextuais comprometedores; ou o contrário: são atividades demasiadamente sensíveis ao contexto para satisfazer a cláusula de neutralidade.

Ademais, as investigações epistêmicas sobre as medições fornecem uma abertura para reformular o que se entende por “objetividade” na prática científica em vista das especificidades desses procedimentos. Finalmente, pode-se tentar encaixar as medições, seus propósitos e suas características em algum projeto no universo de discussões atuais sobre a objetividade da ciência, como as propostas de Longino (1990) e de Lacey (1999). Sobre esse universo, Megill (1994) sintetiza quatro sentidos em que o conceito de objetividade tem sido repensado. Um sentido derivado da modernidade, chamado de “filosófico” ou “absoluto”, indica a objetividade enquanto uma aspiração ao conhecimento que é fiel à realidade, que não sofreu distorções e que é a finalidade dos investigadores com boa índole. O consenso entre os membros em um campo consiste em um sentido disciplinar. A construção adequada dos objetos de estudo através de sua interação com os(as) pesquisadores(as) aponta um sentido dialético. Por fim, a administração de investigações e métodos impessoais recorre a um sentido processual de objetividade.

Cupani (2018, cap. 3) discute ainda as maneiras pelas quais o conceito de “objetividade” tem sido objeto de estudo de abordagens históricas, seja enfatizando seus papéis na relação da ciência com a sociedade em uma determinada época, ou destacando como ela consiste em um ideal científico decomposto em teses que se alteraram ao longo do tempo. Nesse último sentido, Daston e Galison (2007 *apud* Cupani, 2018) explicam como esse ideal passou da tentativa de fornecer uma visão detalhada e verídica do objeto de estudo, para uma formulação sem distorções causadas pelos sujeitos – uma objetividade mecânica;

que em parte se tornou a tentativa de identificar as relações relevantes, ao invés de informar tudo detalhadamente; e finalmente, a capacidade de reconhecer quais são esses aspectos relevantes, de efetuar um juízo corretamente treinado.

Esses diferentes sentidos para a objetividade científica encontram estudos de casos profícuos nas medições e na sua história. O caráter construtivo e holístico dos testes e dos experimentos são casos que evocam a objetividade dialética – o que é mais facilmente percebido nas humanidades. O desenvolvimento da metrologia e das suas instituições é a história dos ideais da objetividade científica em sentido disciplinar e processual, a busca pela padronização e o controle intersubjetivo necessários ao consenso é a sua razão de ser. A palavra “controle” pode parecer honorífica ou exagerada, mas o debate histórico sobre a padronização envolve, por um lado, a defesa de que ela é capaz de fornecer uma rede de confiança; por outro lado, a consequência de formar e estar apoiada em centros de poder (cf. Gooday, 2004, p. 17).

Nessa perspectiva histórica, da confiança na materialidade do protótipo, para a isenção instrumental da tecnologia avançada, até a confiança no que é fornecido pela modelagem, os ideais metrológicos também foram se modificando ao longo do tempo. Medidas e suas unidades foram tradicionalmente concebidas como elementos derivados da natureza de maneira não arbitrária, sistemática e bem fundamentada (cf. Riordan, 2015). Esse ideal foi paulatinamente alterado pela adoção convencional daquilo que maximiza certas virtudes epistêmicas, isto é, uma busca por estabilidade, precisão e exatidão na realização das unidades.⁵⁴ Há, assim, uma longa história na relação entre as práticas de medida e os ideais da objetividade científica. Similar à indagação de Cupani (2018, p. 79) sobre o que aconteceu com a racionalidade da ciência, cumpre questionar: o que ocorreu com o sentido absoluto, ou filosófico, da objetividade ao longo dessa história?

2.2 FUNDAMENTOS, REPRESENTAÇÃO E COORDENAÇÃO

Aplicar uma noção forte de objetividade, vinculada aos produtos da ciência, aos contextos de medição envolve questionar onde as convenções iniciam e onde elas param nesses procedimentos. Isso pode ser afirmado apontando um ponto de partida metodológico e/ou epistemológico que justifique as características que permitem o tratamento quantitativo

⁵⁴ Esse tema é discutido junto da abordagem de Chang (2004) no Capítulo 6.

de um conceito científico. A questão sobre onde está localizado esse elemento nos contextos de medida, se é que ele existe, consiste em um problema sobre os fundamentos das medições.

Um esclarecimento prévio sobre esse problema se faz necessário, distinguindo entre investigações sobre fundamentos e sobre fundações.⁵⁵ Usualmente, o termo “fundação” (do inglês *foundation*) caracteriza uma investiga o cujo objetivo   explicitar as asser es básicas que subjazem a um campo de estudo. No caso das medi es, uma investiga o sobre a sua funda o consiste em explicitar as condi es básicas que as tornam realizáveis e adequadas. O melhor exemplo disso está no que   realizado em *Foundations of Measurement*, na qual as funda es são obtidas se for possível “deduzir a maioria das propriedades como teoremas de algumas propriedades básicas [...] as poucas propriedades explícitas das quais todas as outras são deduzidas são chamados axiomas” (Krantz *et al.* 1971, p. 7). Todavia, o objetivo de esclarecer as funda es das medi es pode pressupor que certos elementos mais básicos existam, sejam eles descritos por uma cole o de afirma es ou representados através de fórmulas, opera es, dentre outros. Nesse sentido, uma questão sobre os fundamentos   mais ampla, ela versa sobre a própria possibilidade de se identificar quais elementos fornecem o que deve ser descrito ou representado. Em síntese, o problema pode ser entendido através da seguinte questão:

Problema de fundamenta o (ou fundamento) das medi es. Existe algo não trivial e não convencional que determine ou justifique (completamente) os processos de medi o?

Essa questão envolve outros dois tradicionais problemas na filosofia da medi o. O tratamento quantitativo de um conceito está relacionado com a análise das propriedades algébricas que formam a sua estrutura interna. Porém, como retoma van Fraassen, “a teoria permaneceria um pedaço de matemática pura, ao invés de uma teoria empírica, se seus termos não estivessem ligados a procedimentos de medi o. Mas o que   essa liga o?” (2008, p. 115). “Coordena o”   o conceito central no tema da conexão entre regularidades empíricas e representa es matemáticas, usualmente na forma de equa es (cf. Luchetti, 2020, p. 22), o

⁵⁵ Tais problemas também não podem ser confundidos com o termo “fundamentalismo”. Assim, pode-se distinguir entre: a) uma investiga o fundacionalista – que visa um alicerce epistêmico; b) uma investiga o fundacional, ou das funda es, cujo objetivo   explicitar as asser es básicas que subjazem a um campo de estudo; e, por fim, c) uma investiga o fundamentalista, que atribui uma primazia a um elemento do qual se derivam todos os outros. Apesar de compatíveis, no contexto de estudo das medi es essas investiga es não precisam caminhar juntas.

qual remonta ao menos até o trabalho de Mach (1986). Analisando a dilatação de diferentes fluidos quando aquecidos, o famoso questionamento sobre qual deles varia de maneira mais uniforme carregou à conclusão de que a própria noção de intervalos semelhantes (de expansão na variação da temperatura) sequer poderia ser formulada antes da escolha de algo que atue como “coordenação” ou “princípio coordenativo”.

A história desse tema é constituída por modificações na colocação do papel da “coordenação” entre conceitos (ou termos teóricos), os procedimentos e a realidade empírica, até encontrar as reformulações atuais nos trabalhos de Chang (2004), van Fraassen (2008) e Tal (2012, 2013).⁵⁶ Mencionando um pouco dessa história, o conceito de “coordenação” (*Zuordnung*) foi central na investigação dos processos cognitivos avançada por Schlick (*apud* van Fraassen, 2008, p. 117). Na abordagem de Carnap (*apud* Olegario da Silva, 2020, p. 30-34), o tema aparece através de regras que ancoram parcialmente os termos teóricos na experiência, chamadas de “regras de correspondência”. No pensamento de Reichenbach (*apud* Padovani, 2015, 2017), a questão inicial envolvia uma investigação de caráter neokantiano sobre como coordenar estruturas abstratas com pedaços da realidade através de “princípios constitutivos” – os quais são revisáveis, definidos por “axiomas de coordenação” e relativos às teorias em alvo. *Grosso modo*, essa história é unificada pela preocupação sobre a conexão adequada entre os conceitos e as operações que carregam significância empírica para dentro das teorias (ou das reconstruções formais das teorias). A maneira como alguns desses estudos foram recebidos e influenciaram os desenvolvimentos posteriores é sintetizada por Feigl:

Qualquer sistema de postulados, tomado (num primeiro momento) como empiricamente não-interpretado, estabelece meramente uma rede de símbolos. Os símbolos devem ser manipulados de acordo com regras previamente atribuídas de formação e transformação, e seus ‘significados’ se é que se pode falar em significados aqui são puramente formais. [...] Nas elucidações pitorescas, mas esclarecedoras usadas, por exemplo por Schlick, Carnap, Hempel e Margenau, o ‘cálculo puro’, ou seja, o sistema de postulados não-interpretados ‘flutua’ ou ‘paira’ livremente acima do plano dos fatos empíricos. É somente através dos ‘elos [...], das ‘definições coordenativas’ (termos empregados por Reichenbach, *grosso modo* sinônimos das ‘regras de correspondência’ de Margenau e Carnap, ou das ‘correlações epistêmicas’ de Northrop, e apenas relacionados, mas não estritamente idênticos às ‘definições operacionais’ de Bridgman), que o sistema de postulados adquire significado empírico. (2004 [1970], §5-§6)

A versão atual da questão vinculada às medições conserva a preocupação sobre haver uma conexão adequada, mas reposiciona o problema. É a circularidade qualificada como viciosa (entre os componentes conceituais e os procedimentos de medição) o centro do

⁵⁶ Um passo atrás, essa história pode ser reconstruída em função das reações às teses kantianas, especialmente pela substituição da noção de “sintético *a priori*” pela noção de “convenção” (cf. Luchetti, 2020, p. 21).

problema. Tomando o exemplo discutido por Cartwright e Chang (2008), responder quando um teste de QI realmente mede a grandeza que ele se propõe (aqui referida simplesmente por “QI”) pode envolver a premissa tácita de que o QI é independente do seu teste, a qual encontra uma série de dificuldades. Por exemplo, se o QI é um conceito quantitativamente tratável, então ele foi categorizado, quantitativamente representado e operacionalizado. Mas estabelecer uma teoria sobre o QI (empiricamente e operacionalmente significativa) envolve testar algumas de suas hipóteses. O teste, ou os procedimentos no campo, é uma maneira de medir o mensurando cuja formulação pressupõe os conhecimentos sobre o comportamento desses alvos, em que sentido os valores de grandeza estão atuando e maneiras de avaliar os próprios resultados. Se essa operação de teste só pode ser feita uma vez que há um entendimento da correta representação quantitativa sobre o QI, a qual por sua vez só é significativa em vista das próprias operações, forma-se uma circularidade viciosa ou um regresso ao infinito.

Nesse sentido, está em cena um conflito entre duas conjecturas sobre a prática científica. Por um lado, temos a tese de que a observação e a experimentação em contextos científicos precisam ser e *de facto* são carregadas de teoria.⁵⁷ Por outro lado, temos a consideração supracitada de que sem procedimentos adequadamente vinculados aos seus conceitos qualquer teoria carecerá de significado empírico. No trabalho de Chang (2004), uma versão desse conflito é apresentada através do “problema da medição nômica”:

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).

Com essa discussão em vista, há um reposicionamento do problema da coordenação. Tal (2012) e Van Fraassen (2008) o recolocam nos termos de encontrar uma maneira não viciosa de responder ao par de questões “o que é x” e “o que conta como procedimento adequado de medida para x”. Face a isso, o problema de coordenação pode ser assim posicionado:

Problema de coordenação: é possível evitar uma circularidade viciosa no estabelecimento de grandezas e na preparação de seus respectivos dispositivos de medição?

⁵⁷ Chalmers lembra que “pelo menos desde que os escritos de Karl Popper e Thomas Kuhn causaram seu impacto na filosofia da ciência, tornou-se um lugar comum considerar a observação e o experimento na ciência como dependente da teoria” (2003, p. 493).

A coordenação dos componentes dos processos de medição acompanha um caso particular, que será chamado de “problema de representação”: o estabelecimento de valores que adequadamente representam aquilo que está sendo medido (cf. van Fraassen, 2008, p. 121). Nas palavras de Tal: “medições representam o mundo empírico, mas a precisa natureza e os significados das representações envolvidas nas medições são difíceis de fixar” (2013, p. 1163). *Mutatis Mutandis* essa dificuldade foi o tema da abordagem de Helmholtz [1887]. A questão, como já mencionado, pode ser vista como a pergunta fundante da epistemologia das medições e versa sobre o sentido objetivo de expressar as qualidades observáveis através de números. Na perspectiva de Helmholtz [1887] e da tradição representacionista posterior, esse sentido objetivo está nas condições (empíricas e/ou formais) que tornam o tratamento matemático de elementos empíricos adequado, isto é, condições para a mensurabilidade. O propósito representacionista é mostrar que as representações informam algo sobre o que está em alvo, não sendo atribuições numéricas triviais ou vazias de significado, em vista dessas condições. Evitando pormenores, uma versão atualizada do problema pode ser colocada como segue:

Problema de representação: o que torna o vínculo entre os valores de grandeza e os seus alvos (in)adequado?⁵⁸

A busca por justificção nos contextos de medida pode ser decomposta nos três problemas epistêmicos esclarecidos acima. O problema de fundamentação é visado enquanto uma estratégia para se evitar a circularidade do problema de coordenação e estabelecer condições necessárias e suficientes para responder ao problema de representação. Assim, um cenário epistemológico amplo pode ser posicionado de modo semelhante ao trilema de Agripa.⁵⁹ A motivação heurística para lembrar desse trilema consiste em esclarecer ao menos

⁵⁸ Cumpre ressaltar que a adequação representativa pode ser visada tanto na etapa de interpretação quanto de preparação das medições. A interpretação das indicações de um instrumento de medida requer um esquema que diga quais inferências são (in)válidas, circunstâncias práticas desse problema. Portanto, o problema de representação versa sobre a própria elaboração desses esquemas, isto é, aquelas coleções de representações numéricas que em algum momento são formuladas e avaliadas em função da sua adequação com as propriedades em alvo.

⁵⁹ Na epistemologia, o trilema consiste em um experimento de pensamento sobre a impossibilidade de se provar a verdade de uma crença, pois a argumentação recairá em uma de três opções igualmente insatisfatórias: ou ela implica em um círculo vicioso, ou em um argumento regressivo *ad infinitum*, ou no impedimento abrupto e dogmático dessa regressão. Nomeado em referência ao famoso cético, variantes similares do trilema receberam o nome de “trilema de Münchhausen” em alusão ao personagem da história do Barão de Münchhausen, que conta ter se desatolado puxando a si ao cavalo no qual estava montado pelo próprio cabelo. Há ainda versões advindas

duas estratégias para a resolução desses problemas epistemológicos: responder ao problema de coordenação e de representação junto de uma resposta afirmativa ou negativa sobre os seus fundamentos.

Oferecer uma resposta afirmativa para o problema dos fundamentos com a esperança de responder aos outros dois questionamentos é uma estratégia epistemológica clássica, de caráter fundacionalista. Contudo, parte da literatura recente tem caminhado por outra via, visando responder aos problemas de coordenação e de representação sem argumentar que haja um alicerce epistemológico. Atentando para a história da ciência e recorrendo a uma noção de progresso científico, é possível argumentar que a circularidade aparentemente viciosa na “coordenação” é, pelo contrário, virtuosa (cf. Tal, 2013, p. 1162). Chang (2004) defende que é através dessa circularidade que refinamentos prático-teóricos ocorrem, formando um processo virtuoso de re-coordenação entre o progresso experimental e o desenvolvimento das teorias científicas. Segundo o autor, “a única maneira produtiva de lidar com essa circularidade é aceitá-la e admitir que a justificação na ciência empírica deve ser coerentista. Dentro desse coerentismo, a iteração epistêmica fornece um método eficaz de progresso científico” (Chang, 2004, p. 220). Algo similar é argumentado por van Fraassen (2008), para quem as perguntas sobre o que conta como um procedimento de medida para uma grandeza e o que é essa grandeza sequer fazem sentido quando separadas. De acordo com ele, é apenas quando adotamos um ponto de vista fundacionalista, buscando um ponto de partida fixo para esses processos, que há uma aparente e errônea falta de justificação (cf. van Fraassen, 2008, p. 137).⁶⁰

Porém, como afirmado por Mari (2005), a imagem tradicional do empreendimento científico recorre à metáfora de uma construção, escolhida de modo a enfatizar que o conhecimento é produzido a partir de certos alicerces. Steup (2018) afirma que uma abordagem fundacionalista é plausível se responde a dois problemas: em virtude do que os elementos fundacionais são justificados e como esses justificam os demais. Na epistemologia tradicional, o conceito de “crença básica” atua em função dessas perguntas, mas qual seria seu correlato nos contextos de medida? Há um debate sobre o caráter (não) metafísico desse fundamento.

do trabalho de Popper (1975), denominadas por “trilema de Fries” e “trilema do dogmatismo contra o psicologismo contra o regresso ao infinito”.

⁶⁰ As abordagens de Tal (2012), van Fraassen (2008) e Chang (2004) são discutidas na Parte III.

2.3 MÉTODO, LINGUAGEM, METAFÍSICA E EMPIRISMO

Os problemas de representação, coordenação e fundamento se conectam através do posicionamento de relações de (in)dependência sobre os componentes de uma medição. Que um componente é (in)dependente de outro é uma afirmação que pode ser feita em diferentes âmbitos filosóficos: através de perspectivas semânticas e epistemológicas, de caráter metodológico ou adentrando às considerações de caráter metafísico. A dimensão metafísica envolvida nesses problemas é posicionada por estudos que argumentam em favor da crença na realidade dos alvos (abstratos) das medições, avançando abordagens de caráter realista.

O atual debate sobre o realismo científico é complexo; a adaptação dessas posturas em vista da especificidade do objeto de estudo da epistemologia das medições também o é. Mari *et al.* (2017b) explicam que há uma variedade de posições que podem ser classificadas como realistas sobre medições em contextos científicos. Ao menos uma delas afirma que uma propriedade mensurável é um fato e que dizer algo sobre ela é fazer uma afirmação sobre como o mundo é. Por esse viés, uma postura realista pode envolver a crença na realidade de propriedades gerais – algo que as grandezas denotam. Por outro lado, pode-se enfatizar a crença sobre “quantidades reais” – aquilo que os valores de grandeza denotam. Em ambos os sentidos, é preciso esclarecer como as medições são maneiras de acessar essas “realidades” independentes, bem como em que sentido elas podem determinar substancialmente as características representacionais das medições. Por exemplo, Kyburg (1997) enfatiza a crença de que o mundo impõe limitações físicas na capacidade perceptiva e nas técnicas de medida. Batitsky (2000) argumenta que uma teoria sobre uma propriedade mensurável é aceitável se impõe certas relações e operações físicas associadas a uma coleção mínima de propriedades estruturais, a qual só faz sentido junto da crença de que essas são estruturalmente semelhantes aos alvos “reais”. Assim, a representação adequada de uma propriedade mensurável é algo que “transcende” – para utilizar o termo do autor – as interações qualitativas observáveis, não podendo ser reduzida às relações qualitativas.⁶¹

⁶¹ Batitsky (1998, p. 68) argumenta em favor de uma espécie de realismo mínimo, isto é, que há uma certa formatação, ou constrangimento, para as representações numéricas que, em parte, são cognitivas. De acordo com ele, é a crença fundamental de que há correspondências sistemáticas entre relações matemáticas e relações no mundo que permite justificar quando uma representação é (in)adequada. Essa crença seria “fundamental” por não ser ela mesma empiricamente justificada. Ou melhor: não pode ser justificada da maneira com que o autor pensa que uma abordagem empirista deveria ser capaz de fazer, isto é, apenas com base em qualidades, relações qualitativas e interações perceptíveis.

Uma das virtudes e um dos problemas de algumas posturas realistas são os seguintes. Por um lado, obtém-se a possibilidade de avaliar o resultado das medições em vista de algo independente dos procedimentos, pois “abrigamos algum tipo de distinção ‘realista’ entre ‘comprimento real’ [...] e ‘comprimento medido’” (Batitsky, 2000, p. 106). Por outro lado, o problema é mostrar como o acesso a essa realidade independente é obtido, sobretudo sendo um aspecto epistemológico relevante para comparar e avaliar o que é medido. Aqui, a questão da objetividade-absoluta dos produtos da ciência aparece como tese e como problema, sobretudo vinculada à acusação de se recorrer a uma espécie de visão a partir de um lugar nenhum para posicionar esses alvos “reais”.⁶²

Berka (1983, p. 206) esclarece que o problema dos fundamentos das medições pode ser especificado havendo aspectos quantitativos dos objetos que existem de maneira independente dos procedimentos de medida, ou alguma outra forma de suporte para as medições. Historicamente, as abordagens representacionistas argumentam em favor desse suporte estar em elementos empíricos, as qualidades e as relações qualitativas. Para isso, elas distinguem entre medições em sentido fundamental e derivado. Um processo de medição é dito “derivado” se utiliza quantidades ou leis quantitativas previamente estabelecidas para obter os valores de grandeza visados. Como explica Díez, a abordagem representacionista entende que a “medição não pode ser sempre derivada, porque a medição derivada utiliza valores já conhecidos, isto é, medidos, e nós precisamos começar em algum lugar” (Díez, 1997a, p. 169). Esse ponto de partida é encontrado pelas medições fundamentais: métodos que não recorrem a outras medições ou valores previamente estabelecidos, cuja adequação dos resultados está diretamente relacionada com características observáveis.⁶³

Em vista disso, a abordagem representacionista é interpretada em função de um propósito fundacionista e empirista. Além dela, há outros dois projetos que possuem um caráter empirista, o operacionalismo e o convencionalismo. Mas esses também visam certos fundamentos e, caso sim, em que sentido? Por exemplo, Mari *et al.* entendem que as posturas empiristas “geralmente enfatizam o compromisso com a observação direta como base para o

⁶² Por exemplo, a crença “fundamental” de que há correspondências sistemáticas entre relações matemáticas e relações no mundo não parece ser uma boa justificação, uma vez que é essa própria crença que precisa ser justificada. Sobre isso, penso que van Fraassen acerta o núcleo do problema: pode-se postular que grandezas denotam propriedades que existem de maneira independente dos métodos de medida, mas essas abordagens estarão construindo “castelos no ar se o próximo passo envolver alguma visão divina ou telescópio ontológico para comparar seus valores [reais] com o que nossos instrumentos mostram” (2008, p. 138).

⁶³ Discutido brevemente no Capítulo 3, a distinção entre medição fundamental e medição derivada remonta ao trabalho de Campbell (1920).

conhecimento. [...] maneira pela qual atribuições numéricas são derivadas de relações observáveis” (2017b, p. 119). De modo similar, na interpretação de Tal essas posições são classificadas por tratarem as questões epistêmicas das medições a partir da relação entre resultados e procedimentos empíricos observáveis. Assim, são ditas fundacionalistas, pois “tomam a observação direta como a base última para justificar reivindicações sobre a individuação das grandezas” (2019, p. 856).⁶⁴

Para além disso, aspectos epistêmicos, metodológicos e semânticos caminham juntos na epistemologia sobre as medições. Van Brakel (1984, p. 47) argumenta em favor dessa prática científica recorrer a uma espécie de realismo metodológico. De acordo com o autor, um realismo moderado, que é utilizado como axioma metodológico, contextualiza as medições atribuindo um sentido não arbitrário aos seus elementos.⁶⁵ Essa utilidade metodológica é derivada de uma conjectura semântica: sentidos não arbitrários são atribuídos aos elementos teóricos das medições postulando que esses referem, ao invés de serem vazios de significado.

Um viés *prima facie* oposto é atribuído às posturas convencionalistas e operacionalistas. No trabalho de Cartwright e Chang (2008), ambas são apresentadas através de versões moderadas e radicais (respectivamente) de um nominalismo sobre as propriedades mensuráveis.⁶⁶ Cartwright e Chang (2008) distinguem entre um nominalismo moderado e radical junto da diferença entre o significado e a definição de um conceito. Aqui, o significado de um termo deriva da coleção de seus usos; enquanto uma definição é algo que regula esses usos. Assim, o operacionalismo é interpretado como um nominalismo radical por definir as grandezas nos termos de operações concretas, regulando o seu significado através dos seus respectivos procedimentos. Inseparável do trabalho de Bridgman (1927), a abordagem defende que o significado do conceito reside nos elementos operacionais que o definem. Nas

⁶⁴ É preciso destacar que Tal (2019) está se referindo ao operacionalismo de Bridgman e ao convencionalismo de Ellis.

⁶⁵ Da maneira como interpreto, o realismo metodológico colocado por van Brakel (1984) também pode ser formulado nos termos de um “realismo epistemológico” em contextos tecnológicos que, similar ao resumido por Cupani (2016, p. 109), libera cientistas e tecnólogos para endossar certos postulados sobre o caráter cognoscível das grandezas, sobre o aspecto mensurável das propriedades, dentre outros.

⁶⁶ Cartwright, Bradburn e Füller (2016) explicitam que uma diferença semântica central entre o realismo e o nominalismo consiste em, respectivamente, afirmar que há uma referência “real” para conceitos como “temperatura” e “qualidade hospitalar”; ou pensar que tais conceitos são apenas palavras usadas em uma linguagem, mas sem referência. Há implicações interessantes para ambos os casos quando se ilumina a relação entre o conceito e a sua escala – ou outro esquema matemático. Se o conceito refere, o seu esquema matemático pode ser visto como uma representação das próprias características (reais) dessa referência. Por outro lado, sem essa referência, os esquemas matemáticos podem ser uma estruturação interna do próprio conceito. Então, os valores utilizados são peças simbólicas úteis na realização de certas inferências, isto é, que satisfazem certos critérios em vista de certos propósitos.

palavras do autor “entendemos por qualquer conceito nada mais que um conjunto de operações; o conceito é sinônimo do conjunto de operações correspondente” (Bridgman, 1927, p. 5).⁶⁷

Há múltiplos problemas associados à tese operacionalista (cf. Chang, 2017b). Em uma versão menos sutil da proposta, se um conceito é definido por uma coleção de operações, uma variação simples nessas operações define um novo conceito, originando uma multiplicidade exacerbada e *prima facie* desnecessária dos mesmos. Ademais, Cartwright e Runhardt (2014) argumentam que o caráter muito específico de um conceito mensurável e o pluralismo resultante dos mesmos possui consequências contraproducentes para o desenvolvimento científico. A multiplicidade de conceitos em um mesmo campo torna confuso o entendimento científico dos alvos e a divulgação das informações relevantes para o seu uso público. Pensando nesses usos, categorias demasiadamente específicas facilitam o enviesamento dos dados em favor de um beneficiário, minando a confiança das informações resultantes. Pensando no entendimento científico em um determinado campo, o trabalho com várias noções mensuráveis dificulta o estabelecimento das relações entre elas, das comparações genuínas que permitiriam identificar se os resultados efetivamente são discrepantes, ou se estão medindo características diferentes. Como resultado, o acúmulo de conhecimento na área parece se desenvolver através de investigações cada vez mais específicas, dificultando a unificação explanatória da ciência.

Ademais, desde um ponto de vista da pragmática da ciência, os significados dos conceitos não podem ser completamente regulados em função da operação instrumental. Chang (2004, p. 151) argumenta que os conceitos científicos são amplamente utilizados e os contextos de medida fornecem apenas um aspecto do significado desses. Em vista dessa amplitude, uma abordagem operacionalista reduz a análise dos conceitos a um contexto específico, resultando em uma teoria inadequada para compreender e estabelecer os seus significados.⁶⁸ O mesmo não pode ser dito das abordagens convencionalistas, uma vez que nessas as operações não esgotam os significados dos conceitos, mas auxiliam a fixar refinamentos provisórios e localmente úteis. Um problema atualmente apontado sobre o

⁶⁷ Cumpre notar como isso responde ao problema de coordenação: a circularidade viciosa coordenação é desfeita posicionando o alicerce semântico-operacional que define os conceitos.

⁶⁸ Cartwright, Bradburn e Füller (2016) destacam que, embora uma teoria operacionalista do significado pareça inadequada enquanto uma abordagem global, não há motivos para descartar sua utilidade e correção para algumas análises locais. Como exemplo, Cartwright, Bradburn e Füller (2016) questionam o que poderia ser o significado da grandeza medida pelos testes de QI, afirmando que, nesse caso, o conceito *prima facie* não denota qualquer propriedade fora do próprio contexto dos seus testes.

convencionalismo reside na suposta defesa de uma liberdade arbitrária na escolha das definições das grandezas, acarretando em uma lacuna explicativa sobre como ocorre a substituição de uma definição por outra para um mesmo conceito no desenvolvimento científico.

De modo geral, uma tese convencionalista defende que um determinado aspecto da realidade, por trás de qualquer aparência, possui uma origem convencional. Presente nas mais diversas áreas da filosofia, abordagens convencionalistas *grosso modo* argumentam que há alternativas interessantes sobre um tema e as escolhas entre elas não são completamente determinadas pela natureza dos alvos. Casos exemplares são algumas análises dos conceitos de “justiça”, “moralidade”, “necessidade”, “identidade pessoal”, “propriedade”, além da escolha por uma ontologia e por uma geometria em alguns campos (cf. Rescorla, 2019). Em versões menos ou mais moderadas, argumenta-se que uma produção se deve completa ou parcialmente aos seres humanos, distinguindo-se de outras posturas filosóficas por não afirmar que considerações racionais, categorias do entendimento, explicações biológicas da cognição ou características fisiológicas da percepção humana sejam aspectos completamente determinantes nos estudos desses objetos. Nesse sentido, afirma-se que há uma formulação cujo resultado é o fruto não trivial de uma escolha (ao menos em uma das suas partes constitutivas). Aplicada às investigações científicas, afirma-se que o que é produzido pela ciência é obra do exercício de uma liberdade. O que essa liberdade significa, o lugar em que ela pode e deve se manifestar adequadamente, são tópicos que variam entre os proponentes de um entendimento convencionalista da ciência.

Construindo esse viés, Mach (1986), Poincaré (1898) e Duhem (1989 [1892]) argumentaram que a natureza não fornece uma determinação completa para a prática científica, isto é, certos passos investigativos não triviais não são ditados pela natureza do objeto de estudo. Mach (1986) enfatizou que certos padrões operacionais e princípios termométricos são convencionalmente estabelecidos no sentido de que os próprios princípios só são empiricamente significativos depois de certas escolhas. Poincaré (1898) destacou como os padrões operacionais para a marcação de intervalos de tempo e os *frameworks* geométricos utilizados na prática científica estão diretamente relacionados com certas preferências descritivas – como a sua simplicidade. Duhem (1989), por sua vez, afirmou a separação entre uma noção intuitiva (como o quente e o frio) da noção da física que a toma como objeto de estudo (como a temperatura), argumentando que as definições e os princípios que subjazem à teorização na ciência são convenções cujo vínculo é fruto de uma escolha coordenativa.

Assim, as definições “constituem um verdadeiro vocabulário: assim como um dicionário francês é um conjunto de convenções [...] numa teoria física, as definições são um conjunto de convenções, fazendo corresponder uma grandeza a cada noção física” (1989, p. 16). Para ele, essas escolhas representam uma certa liberdade criativa, não havendo regras prévias, pois “em princípio, somos absolutamente livres para fazer essa escolha do modo que melhor nos parecer” (1989, p. 17).

A argumentação em favor de certa liberdade constitutiva da prática científica encontra espaço não apenas na dimensão semântica, mas sobretudo em sua constituição metodológica. Mais recentemente, Ellis argumentou que um entendimento das grandezas que decorre da utilidade de pressupor um valor de grandeza ideal é atraente por conta da visão de que a ciência é uma atividade que fornece resultados que se aproximam de uma realidade ideal (cf. 1966, p. 49). Para ele, a fixação de uma referência ideal que condiciona quando e se os resultados estão próximos ou distantes dessa é uma postura que deriva da influência platônica no pensamento moderno. *Mutatis mutandis*, esse entendimento de inspiração platônica é uma espécie de realismo que, na visão convencionalista, não só pode comprometer a compreensão da prática científica, como o desenvolvimento da própria ciência.

Pelo viés oposto, Swoyer (1987) defende que uma visão realista sobre as medições é útil para a prática científica, isto é, que há uma utilidade metodológica no pensamento de que há fatos sobre os alvos que podem ser objetivamente alcançados.⁶⁹ Se esses fatos devem estar localizados em algum lugar no contexto das medições, então deveriam ser encontrados por uma análise descritiva ou colocados pela metodologia científica, de maneira prescritiva. Sobre uma análise descritiva, Knorr-Cetina (1981) questiona se há uma “natureza”, ou uma “realidade independente”, que possa suportar uma noção realista sobre dos “fatos” nas atividades laboratoriais. Nas palavras dela:

Afinal, o que é um laboratório? Um acúmulo local de instrumentos e dispositivos dentro de um espaço de trabalho composto por cadeiras e mesas [...] Todos os materiais-fonte foram especialmente cultivados e criados seletivamente. A maioria das substâncias e produtos químicos é purificada e foi obtida através da indústria que serve a ciência ou em outros laboratórios. Mas, compradas ou preparadas pelos próprios cientistas, essas substâncias não são menos o produto do esforço humano do que os dispositivos de medição ou os papéis nas mesas. Parece, então, que a

⁶⁹ Um “realismo” útil para a prática científica é proposto por Chang (2018), discutido brevemente no Capítulo 6, mas substancialmente diferente do que propõe Swoyer (1987).

natureza não pode ser encontrada em um laboratório, a menos que seja definida desde o início como produto de trabalho científico. (Knoorr-Cetina, 1981, p. 3-4).⁷⁰

Considerações de índole similar, mas sobre os componentes teóricos, são feitas na conclusão de Ellis (1966), segundo a qual não há determinações naturais, nem ideais que regulem uma única concepção para os conceitos utilizados.⁷¹ Contudo, o realismo metodológico pode dispensar esse âmbito descritivo e defender a utilidade normativa: que esses fatos sejam diretrizes virtuosas no contexto investigativo. O convencionalismo contra-argumenta: essa estratégia pode possuir virtudes, mas também possui vícios que devem ser pesados na adoção de certos axiomas metodológicos.

Apontando o ideal da “teoria mecânica”, Duhem (1989[1892]) argumenta que a suposição histórica de que as grandezas físicas possuem uma natureza mecânica acarretava em uma limitação desnecessária e prejudicial para a compreensão do fenômeno. Ilustrando como isso ocorre, o autor pede que

imaginemos dois artistas aos quais se pede para representar a forma de um mesmo objeto; a um, permite-se o emprego de todos os recursos que lhe fornecem as artes do desenho; ao outro, só se permite o emprego do traço. O primeiro, pelo jogo das sombras, poderá com um único traçado dar do objeto uma representação que o segundo igualará com muito esforço desenhando um grande número de perfis. O primeiro artista é a imagem do físico que compõe uma teoria física, o segundo do físico que constrói uma teoria mecânica. (Duhem, 1989, p. 24).

Nesse sentido, a análise de Duhem (1989) encontra a etapa de preparação das medições discutida no capítulo anterior. Conceitos servem como guias sobre o que está sendo medido. Partindo de noções intuitivas sobre esses alvos, esses são refinados através da sua caracterização e representação quantitativa. Supor que há um único par caracterização-representação “correto” para os conceitos limita a coleção de ferramentas que podem ser utilizadas. Também não se deve ignorar que o julgamento das características que são relevantes é sensível ao contexto, sobretudo dos seus aspectos teleológicos. Assim, é imprescindível atentar para o *télos* da ciência e das medições, sobretudo em vista de haver uma coleção mínima de postulados que atravesse os propósitos científicos legítimos. Aqui, o

⁷⁰ Como diz Haack (2007), que o conhecimento científico seja uma produção é uma constatação pacífica em vista do caráter institucional da ciência. Que sejam artefatos, no sentido visado por Knoorr-Cetina, é um tema mais controverso. Por exemplo, vale questionar se a tese da autora envolve uma identificação dos “fatos” com uma completa ausência de influência humana, havendo uma dicotomia forte entre um mundo natural e um mundo artificial que precisa ser relevante para que a produção do conhecimento científico não verse sobre a realidade.

⁷¹ A solução do autor, contudo, suspende o caráter empírico geralmente avançado pelas teses convencionalistas, defendendo que há certos princípios coordenativos que são definidos *a priori*.

convencionalismo aparece com uma sugestão atraente: não precisa existir uma coleção mínima unificada para que as atividades científicas sejam epistemicamente frutíferas.

Sintetizado por Cartwright e Chang (2008), o tema da liberdade na ciência representa uma abertura para se estipular métodos, estabelecer conceitos, formular escalas... em função de propósitos variados. O que está em jogo é assim conduzido para o terreno das diretrizes que fazem das práticas científicas projetos epistemologicamente saudáveis: que façam justiça ao objeto de estudo e promovam o desenvolvimento da ciência. Posicionar postulados que orientem esse desenvolvimento em uma única direção soa tão prejudicial quanto afirmar que qualquer direção serve. Desse ponto de vista, tanto as críticas que a abordagem convencionalista recebe, quanto os seus méritos, podem ser relacionados com a formação de um ambiente científico autônomo e sadio: o equilíbrio entre o não engessamento da liberdade de pesquisa e o seu exercício irrestrito que escorrega até à irremediável subjetivação do mundo; ao enviesamento dos fatos.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira parte desta tese possui os objetivos de apontar a complexidade em torno da noção de “medição”, esclarecer três dos seus tradicionais problemas epistêmicos e efetuar relações com os temas tratados de maneira transversal, como a objetividade da ciência. Com isso, as discussões efetuadas no restante desta tese podem ser melhor esclarecidas. Iniciando pela Parte II, questionar em quais sentidos uma objetividade-fidelidade pode ser resguardada pelas medições envolve compreender a maneira pela qual as abordagens representacionistas responderam aos problemas de fundamentação e de representação. Isto é, como o programa entendeu o que significa formular representações quantitativas suficientemente fiéis do que está em alvo e por quais motivos ele tem sido criticado. Contudo, é possível responder ao problema de coordenação sem buscar uma resposta afirmativa para a questão dos fundamentos das medições. A Parte III versa sobre abordagens que argumentam em favor disso, esclarecendo algumas das características distintivas entre as propostas de Tal (2012), de van Fraassen (2008) e de Chang (2004).

Como fechamento, retomo a esperança de chamar atenção para o valor filosófico das medições, da sua história e dos seus temas. Olhar para a história da metrologia e demais ciências com esse enfoque, como exemplarmente feito por Gooday (2004), é uma área inteira

que está aberta. Revisitar as teses, as teorias e os movimentos filosóficos ao longo dessa história também fazem parte desses temas. Não raro, o convencionalismo é visto como uma abordagem que recorre ou defende a presença de aspectos aleatórios e arbitrários na investigação científica. Por exemplo, Tal afirma que “na substituição de um princípio de coordenação por outros, convencionalistas enxergam uma mudança repentina e arbitrária na utilização aceita de um termo, ao invés de uma marca do progresso científico” (2013, p. 1162). Mas a arbitrariedade dessas escolhas é uma defesa ou uma consequência de qualquer forma de convencionalismo?⁷²

Após afirmar a ideia de que somos livres para escolher os princípios adequados de uma teoria, Duhem imediatamente complementa que “de fato, certamente essa escolha não se faz ao acaso” (1989, p. 17). Ellis afirma que considerava “ser sempre importante saber exatamente o que estava envolvido na mudança de qualquer uma dessas convenções, pois, como Poincaré, não acreditava que fossem arbitrárias” (1992, p. 168). Carnap (1966) usa a expressão “convencionalismo puro” e Chang (2004) qualifica um “convencionalismo simples” ou “ingênuo” para distinguir entre a defesa da importância das convenções de uma afirmação sobre escolhas irrestritas ou arbitrárias. A moral desse pensamento pode ser encontrada no diagnóstico feito pelo próprio Carnap (1966):

as convenções desempenham um papel muito importante na introdução de conceitos quantitativos. Não devemos ignorar esse papel. Por outro lado, devemos também ter cuidado para não superestimar o lado convencional. Isso nem sempre é feito, mas alguns filósofos o fizeram. Hugo Dingler na Alemanha é um exemplo. Ele chegou a uma concepção completamente convencionalista, que considero errada. Ele disse que todos os conceitos e até mesmo as leis da ciência são uma questão de convenção. Na minha opinião, isso vai longe demais. Poincaré também foi acusado de convencionalismo nesse sentido radical, mas acho que isso é um mal-entendido de seus escritos. Ele, de fato, muitas vezes enfatizou o papel importante que as convenções desempenham na ciência, mas também estava bem ciente dos componentes empíricos que entram em ação. Ele sabia que nem sempre somos livres para fazer escolhas arbitrárias na construção de um sistema de ciência; temos que acomodar nosso sistema aos fatos da natureza como os encontramos. A natureza fornece fatores na situação que estão fora do nosso controle. Poincaré só pode ser chamado de convencionalista se tudo o que isso significa é que ele foi um filósofo

⁷² Destaco que o que vem a seguir no texto não é uma crítica direta ao levantado por Tal, por dois motivos. Em primeiro lugar, o seu “*Making Time*” (Tal, 2016b) é um ótimo exemplo para o próprio ponto visado: é uma análise exemplar de algumas propostas convencionalistas e as suas limitações explicativas frente ao Tempo Universal Coordenado - UTC. O segundo motivo advém da constatação de que a ênfase no caráter arbitrário das convenções nem sempre é o problema aqui, mas sim o caráter estático do tratamento convencionalista sobre a ciência. Se esse caráter estático é uma parte integral da tese geral de que as convenções desempenham papéis não triviais, ou uma característica das ferramentas filosóficas utilizadas pelos seus expoentes que pode ser modificada mantendo essa tese, já é outro assunto.

que enfatizou, mais do que os filósofos anteriores, o grande papel da convenção. Ele não era um convencionalista radical. (Carnap, 1966, p. 59).⁷³

Padovani (2017, p. 59) efetua um questionamento retórico sobre o esforço para não se entender direito aquilo que Reichenbach não entendeu errado. Penso que ele pode ser generalizado aqui para indicar que revisitar essas posturas também é um caminho profícuo dentro das discussões epistêmicas sobre as medições.⁷⁴ Também por isso, a discussão que segue revisita a abordagem representacionalista. O Capítulo 3 discute o seu desenvolvimento. Ao tratar do problema de representação, a abordagem argumenta em favor das já mencionadas medições fundamentais. O Capítulo 4 versa sobre algumas das críticas que a TRM tem recebido, elencando também algumas alternativas frente a essas e as suas consequências.

⁷³ Utilizo aqui a tradução de Olegario da Silva (2020, p. 186-187). Em outro trabalho, Carnap ressalta ainda que “um convencionalismo puro (como o de Hugo Dingler, por exemplo) nunca foi defendido por nenhum aderente do empirismo lógico, ou nem por Mach ou Poincaré. [...] Eu enfatizei o componente objetivo não convencional no conhecimento dos fatos [...]. Também assinalei que a primeira operação no teste de declarações sintéticas é o confronto da afirmação com os fatos observados. Assim, tomei uma posição claramente oposta a um convencionalismo puro e a qualquer teoria coerentista de verdade” (Carnap *apud* Olegario da Silva, 2020, p. 187).

⁷⁴ As seguintes palavras de Chang sobre a influência operacionalista no seu pensamento exemplificam o ponto: “as reflexões de Bridgman sobre o significado dos conceitos nos ajudam a providenciar um *framework* realista e prático para o progresso científico [...] se visitarmos Bridgman em um dia mais otimista [...]. Conceitos se tornam mais significativos se eles existem em uma relação mais densa com uma coleção de práticas [...], conceitos mais significativos são facilitadores mais efetivos da investigação da natureza [...]. Operacionalismo, nesse sentido [...] é uma estratégia otimizada para alcançar o máximo de unidade sistemática que a natureza permitirá, em um sistema de conhecimento empirista e forte” (2017b, p. 56).

PARTE II. EMPIRISMO E REPRESENTAÇÃO

CAPÍTULO 3. A TRM: HISTÓRIA E VIRTUDES EXPLICATIVAS

“Para nós, em vez de medição, deve-se falar de obtenção de estruturas”.

*Newton da Costa**

O presente capítulo discute como as abordagens representacionistas tratam o problema dos fundamentos e o problema da representação das medições. Díez (1997a) afirma que essa abordagem é uma espécie de programa de pesquisa na filosofia da medição, uma investigação sobre as condições da mensurabilidade, cujo ápice é marcado pela consolidação da Teoria Representacional das Medições (TRM). Buscando essas condições, a abordagem representacionista responde às questões dos fundamentos epistêmicos e das representações numéricas. Se essas respostas são suficientes para realizar o que a abordagem se propõe é um dos motivos pelo quais a TRM não está isenta de críticas - tema do capítulo seguinte. Por hora, cumpre antecipar apenas que o seu escopo teórico, seus propósitos e os limites da sua aplicação são pontos controversos que formam um diagnóstico frequentemente reiterado na literatura recente. A saber, que a teoria é demasiado abstrata, muito idealizada e, no mínimo, incompleta. Do meu ponto de vista, esse diagnóstico é corroborado pelo contraste entre teses influentes na filosofia da ciência atual e alguns pressupostos da abordagem (ou atribuídos a ela). O capítulo inicia discutindo a história de alguns desses pressupostos.

3.1 AXIOMATIZAÇÃO, ESCALAS E MEDIÇÕES FUNDAMENTAIS

Díez (1997a, 1997b) considera que a TRM é fruto da convergência de duas investigações paralelas.⁷⁵ Por um lado, na continuidade do trabalho de Helmholtz [1887], está a investigação sobre as condições que tornam as representações numéricas possíveis e adequadas. Por outro lado, há o influente trabalho de Stevens (1946) sobre as regras que permitem construir esquemas algébricos que admitem certas manipulações com os seus valores, obtendo uma taxonomia de escalas. Díez (1997b) argumenta que certos aspectos de

* *“O Conhecimento Científico”* - Da costa (1997, p. 55).

⁷⁵ Outra maneira de entender essa história é discutida por Michell (1999). Ele reconstrói a história da TRM desde a perspectiva do conceito de “número” e, em vista disso, há outros autores protagonizando o seu desenvolvimento, dentre eles, Russell.

ambas linhas investigativas são reunidos no artigo de Suppes (1951).⁷⁶ Até então paralelas, essa unificação resulta em um *framework* frutífero para tornar explícitas certas asserções básicas que subjazem ao trabalho com representações numéricas. Através de uma série de trabalhos colaborativos, com variados estudos de casos sobre a aplicabilidade dessa ferramenta, esse *framework* foi discutido, aperfeiçoado e generalizado, resultando na TRM. Alguns resultados dessas colaborações foram reunidos, expandidos e publicados nos três volumes de *Foundations of Measurement*, respectivamente Krantz *et al* (1971), Suppes *et al* (1989) e Luce *et al* (1990). Cumpre entender alguns aspectos de como isso ocorreu, iniciando pelas investigações sobre as condições da mensurabilidade.

Em *Numbering and measuring from an epistemological point of view*, Helmholtz (1977 [1887]) toma por objeto de estudo os alicerces epistêmicos dos aspectos quantitativos da prática científica. Observando que houve pouco interesse em analisar as fundações epistemológicas da quantificação dos conceitos científicos, embora seja reconhecidamente um dos pilares do sucesso da ciência, ele posiciona o já mencionado problema sobre os sentidos objetivos em que relações empíricas podem ser expressadas através de números.⁷⁷ Interessado em formular as condições da mensurabilidade em contraste a uma visão kantiana da ciência, a sua estratégia apoia uma visão empirista sobre esses condicionamentos.

Sem entrar em pormenores, a revisão das teses kantianas sobre as condições de possibilidade do conhecimento, sobretudo científico, é o motor geral das investigações epistêmicas sobre os fundamentos empíricos das medições. Especialmente: que o espaço e o tempo são condições de possibilidade da experiência cognoscente e que a cognição possui uma estrutura regrada por certas categorias. *Grosso modo*, Helmholtz [1887] ajuda a construir um cenário que contrasta essas teses com os desenvolvimentos científicos.⁷⁸ Esse cenário é marcado por tornar as condições de possibilidade do conhecimento uma lacuna interdisciplinar, um tema que perpassa a evolução fisiológica do cérebro, os limites biológicos da cognição, a compreensão da percepção e da linguagem.

⁷⁶ Díez (1994, 1997a, 1997b) considera que essa publicação separa dois estágios do desenvolvimento de uma mesma abordagem, um período de formação e um período maduro do que ele chama de “*measurement theory*”, no sentido de uma teoria da “mensurabilidade”. É preciso notar, contudo, que o autor propõe uma reformulação na amplitude da TRM. No capítulo seguinte, esse ponto é esclarecido em função da questão do escopo de uma teoria sobre a mensurabilidade, isto é, quais tipos de propriedades são de seu interesse.

⁷⁷ Como observa Díez (1997a), o trabalho de Helmholtz (1977[1887]) não distingue se essas condições são necessárias e/ou suficientes.

⁷⁸ Como diz Luchetti, “a visão de que o espaço, o tempo e as categorias lógicas são condições fixas, universais e *a priori* para a experiência e a cognição logo começou a ser considerada insustentável” (2020, p. 11).

Por exemplo, Helmholtz desenvolveu uma visão da ciência aberta ao conhecimento como resultado de crescentes entendimentos da experiência, apoiando-se em uma teorização sobre a percepção que substitui os argumentos transcendentais por generalizações fisiológicas (cf. Luchetti, 2020, p. 12). Junto dessas pretensões, o tema das medições aponta para as regularidades e generalizações que permitem quantificar o mundo, substituindo qualquer condição não empírica por condições empíricas. Por esse viés, o sentido objetivo da utilização de números para expressar relações empíricas deriva de duas questões: 1) como podemos declarar que dois objetos são semelhantes em vista de uma grandeza; 2) que tipo de conexão física entre os objetos permite um tratamento aditivo das suas representações.

Para respondê-las, utiliza-se dois procedimentos de manipulação dos objetos, a comparação e a concatenação, cujos resultados devem satisfazer certas características – condições da mensurabilidade. Se o resultado da comparação concreta for simétrico e transitivo, pode-se afirmar que esses objetos são semelhantes com respeito a essa grandeza. Assim, o comprimento dos objetos x , y e z será semelhante $\#$, se satisfizer:

$$\begin{array}{lll} (\# \text{-simetria}) & \text{se } x \# y, \text{ então } y \# x; & \text{(i)} \\ (\# \text{-transitividade}) & \text{se } x \# y \ \& \ y \# z, \text{ então } x \# z. & \text{(ii)} \end{array}$$

Ou seja, se o resultado do método de comparação não se alterar significativamente quando invertemos a ordem dos objetos, além de não haver alteração significativa quando comparados com um terceiro, então as propriedades desses objetos são semelhantes. Caso uma dessas características falhe, então os objetos comparados não são semelhantes com respeito a essa grandeza.

Estabelecidas condições da relação de semelhança, uma maneira de combinar esses objetos pode originar um resultado comutativo e monotônico. Abreviando a operação de combinação de objetos por $*$:⁷⁹

$$\begin{array}{lll} (* \text{-comutação}) & x * y \# y * x & \text{(iii)} \\ (* \text{-monotonicidade}) & x \# y \text{ se, e somente se } (x * z) \# (y * z) & \text{(iv)} \end{array}$$

⁷⁹ Seguindo Díez (1997a, p. 174), Helmholtz afirma ainda que a fórmula “se $(x * y) \# z$, então $(x * y * w) \# (z * w)$ ” pode ser derivada das anteriores. Porém, essa condição é redundante, visto que é um caso de monotonicidade.

Em posse de operações cujos comportamentos satisfaçam essas condições, determina-se uma relação de “maior que”, abreviada por \triangleright , aplicando a intuição de que um todo é maior do que as suas partes.⁸⁰ Isto é:⁸¹

$$(*\text{-positividade}) \qquad ((x * y) \triangleright x) \ \& \ ((x * y) \triangleright y) \qquad (v)$$

Por fim, determinando essa relação, é possível edificar um ordenamento a partir do qual pode-se identificar relações proporcionais. De acordo com Helmholtz, encontramos essas relações se conseguirmos “especificar completamente” a grandeza em questão através de números. Isto é, se “o maior de dois números for retratável como a soma do menor com a sua diferença” (1977, p. 94).

Assim, há três aspectos que justificam o sentido objetivo de vincular certos números com certas características: a avaliação comparativa; a operação de concatenação e o ranqueamento das representações. Nesse sentido, o comportamento dos resultados dos procedimentos concretos é determinante para haver um tratamento numérico significativo de uma grandeza. Isso significa que apenas as características físicas que se encaixarem nesse detalhamento são mensuráveis e, portanto, nem sempre é possível aplicar um tratamento matemático à natureza (cf. Cantú, 2018, p. 97). Em especial, a abordagem indica a condição de haver uma combinação de objetos que satisfaça características similares às da operação de adição entre os números reais, o que limita o seu escopo às propriedades extensivas. *Grosso modo*, uma grandeza é dita extensiva se permite um tratamento aditivo. Sobre isso, Helmholtz (1977) utiliza a relação parte-todo como condição *sine qua non* para uma ordem de grandeza entre objetos que manifestam diferentes níveis nessas características. Como consequência imediata, grandezas para as quais não há uma operação física de combinação, como a dureza dos minerais tratada pela escala de Mohs, não se encaixavam no estipulado por Helmholtz.⁸²

⁸⁰ Nas palavras do autor: “tendo encontrado o método de conectar as magnitudes em questão, da maneira descrita acima, também se segue agora quais são maiores e quais são menores. O produto da conexão aditiva, o todo, é maior do que as partes que o compõem” (Helmholtz, 1977, p. 96).

⁸¹ Como mostra Díez (1997a, p. 174), o esclarecido por Helmholtz permite definir $(x \triangleright y) =_{\text{def}}$ existe um z tal que $x \# (y * z)$. Cabe notar também que (v) não é uma definição, mas uma condição para a positividade. De um ponto de vista intuitivo, isso é satisfeito visto que objetos não possuem propriedades nulas. Porém, essa condição limita a abordagem ao tratamento de propriedades cujo procedimento de concatenação jamais resulte menor do que as propriedades dos objetos usados – as chamadas “grandezas extensivas”. Por exemplo, “concatenar” objetos em função da temperatura não satisfaz essa condição, uma vez que eles obedecem à entropia.

⁸² Visto que é possível estabelecer um ordenamento para a dureza dos minerais e que a escala de Mohs data de 1812, é no mínimo curioso que Helmholtz apresente os ordenamentos como elementos derivados das condições aditivas (cf. Díez, 1997a, p. 172-173).

Outra consequência dessa abordagem é a impossibilidade de vincular números completamente aleatórios com as propriedades. Uma vez estabelecidas as relações de semelhança e de “maior que”, as proporções (aproximadas) subdeterminam quais números as expressam. Isso indica também que o sentido dos números utilizados é relativo às proporções obtidas na construção dessa ordem, ou seja, não há um significado que possa ser considerado de maneira individual para essas representações. Como o próprio autor sintetiza,

Chamamos de *magnitudes* os objetos ou atributos de objetos que quando conectados com seus similares permitem a distinção entre maior, semelhante ou menor. Se pudermos expressá-los através de um denominado número, chamamos esse último de *valor* da magnitude, e o procedimento pelo qual encontramos esse número de *medição* da grandeza. A propósito, em muitas investigações realizadas na prática, apenas conseguimos reduzir a medição com unidades que são escolhidas arbitrariamente ou dadas pelo instrumento utilizado; os números que encontramos, portanto, possuem apenas o valor de *números proporcionais* (Helmholtz, 1977, p. 89, grifos no original).

De modo similar à ideia de que uma propriedade precisa ser “completamente especificada” para haver um vínculo entre propriedades não numéricas e valores numéricos, Hölder [1901] mostrou que relações qualitativas podem ser representadas por relações numéricas se for possível construir uma “tradução completa” (cf. Díez, 1997a, p. 175).⁸³ Enquanto no trabalho de Helmholtz (1977) não fica claro se as condições destacadas são necessárias e/ou suficientes para os propósitos estipulados, Hölder fornece uma coleção de axiomas que juntos formam condições suficientes para haver um tratamento proporcional das magnitudes em sentido euclidiano.

O problema posicionado no trabalho de Hölder pode ser assim entendido (cf. Ernst e Michell, 1996, p. 236): supondo que um atributo é mensurável, que tipo de estrutura ele deve possuir para que proporções sejam representadas por números reais? O seu resultado é uma coleção suficiente de sete axiomas.⁸⁴ Para evitar explicitações repetidas, é preciso mencionar agora apenas a inclusão de condições que não haviam sido mencionadas por Helmholtz

⁸³ O trabalho de Hölder citado é “*Die Axiome der Quantität t und die Lehre vom Mass*”, publicado originalmente em 1901. Foram consultadas as versões traduzidas para a língua inglesa por Ernst e Michell (1996, 1997).

⁸⁴ O trabalho de Hölder é sintetizado por Ernst e Michell da seguinte maneira: “ele axiomatizou o conceito clássico de grandeza (utilizando o conceito de continuidade de Dedekind) de maneira com que a razão das magnitudes (como entendidas no Livro V dos Elementos de Euclides) possa ser expressada como números reais positivos (como sugerido por Newton). Importante, ele alcançou esse resultado com uma clareza que não foi alcançada por outros que também trabalhavam dentro da estrutura clássica” (1996, p. 235). O artigo de Suppes (1951) teve por objetivo adaptar o legado de Hölder para axiomas que melhor se adequam a algumas intuições sobre como as medições funcionam, fornecendo o *framework* que posteriormente é aperfeiçoado pela TRM. A tamanha influência desse teorema para a TRM é ressaltada por seus próprios expoentes. Por exemplo, Luce considera que “a teoria da medição não é nada além de aplicações do teorema de Hölder” (Luce, 1996, p. 82)

[1887]. A arquimedeanidade e a resolubilidade das operações qualitativas são esses acréscimos. Intuitivamente e respectivamente: a condição de que nenhum objeto possua uma magnitude infinitamente maior que a de outro; e a condição de que para qualquer objeto x de magnitude maior que um objeto y , existe (no domínio) um objeto z que combinado com y resulta igual à magnitude de x .

Os trabalhos de Helmholtz [1887] e de Hölder [1901] estipularam o cerne da abordagem representacionista sobre as medições: há uma separação entre números e propriedades qualitativas, eles precisam ser vinculados e essa conexão precisa ser justificada através de certas condições que devem ser satisfeitas (cf. Cantú, 2018, 104). Por uma perspectiva empirista, tanto a abordagem de Hölder [1901] quanto a de Helmholtz [1887] indicam que uma operação de concatenação entre objetos permitirá um tratamento numérico e aditivo se essa conexão satisfizer certas condições, dadas por axiomas. Porém, ao contrário do elaborado por Helmholtz [1887], o trabalho de Hölder [1901] axiomatiza o tratamento quantitativo de elementos não numéricos demonstrando a suficiência de uma coleção de axiomas para os propósitos estipulados. Todavia, as condições utilizadas tornam difícil ampliar e aplicar esse procedimento para âmbitos com sensibilidades empíricas.

Como mostra Cantú (2018), enquanto Helmholtz possui o propósito de justificar propriedades físicas, Hölder trabalha com a geometria de Euclides junto do *continuum* de Dedekind.⁸⁵ Nesse sentido, há uma diferença entre os âmbitos e os pontos de partida dessas investigações. Por consequência, em Helmholtz (1977, p. 97-98) há uma conclusão assertiva sobre a impossibilidade da aplicação dos conhecimentos matemáticos a todo conceito da física em vista das condições estipuladas, isto é, há propriedades que não podem ser medidas. Nos casos em que as condições são satisfeitas, há uma conexão direta entre magnitudes e números da qual pode-se derivar um tratamento quantitativo para outros conceitos. Essa ideia foi discutida por Campbell (1920) através da distinção entre medições fundamentais e medições derivadas.

A investigação realizada por Campbell (1920, p. 268) coloca as medições como principal objeto de estudo a partir da pergunta sobre em virtude do que podemos medir algumas coisas, mas não outras. De acordo com ele, medir é um procedimento de atribuição numérica para representar “qualidades” (cf. Campbell, 1920, p. 267). Observando a variedade

⁸⁵ Essa afirmação é corroborada por Ernst e Michell: “Hölder não estava interessado em estruturas empíricas mais ou menos diretamente observáveis [...]. Seu interesse estava no que chamou de grandeza contínua absoluta, o que é um conceito essencialmente teórico utilizado para explicar observações, mas que nem sempre está aberto a verificação direta” (1996, p. 236).

das qualidades que recebem um tratamento numérico na ciência, bem como as diferentes formas com que efetuamos essas atribuições, Campbell (1920) efetua algumas distinções: entre número e numeral; entre procedimentos fundamentais e derivados; entre qualidades e grandezas.

Nesse contexto, um “número” possui propriedades matemáticas e um “numeral” é apenas um símbolo, para os quais convencionamos ordenamentos (cf. Campbell, p. 269).⁸⁶ Dessa forma, atribuímos tanto números quanto numerais para representar objetos. Por exemplo, a sinalização dos quartos de um hotel, mesmo que em ordem crescente, atribui apenas numerais aos quartos. Um quarto sinalizado por “24” não possui relações com o quarto “12” (para além de padronizações usuais, como estarem posicionados no segundo ou no primeiro andar, de ser encontrado um após o outro...), enquanto o número 24 possui a propriedade de ser o dobro de 12.

Assim, o que uma medição atribui: números ou numerais? De acordo com Campbell (1920, p. 277), medir certas propriedades, como a densidade, pressupõe as medições de outros elementos, como área e volume. Isso não ocorre nos procedimentos de medida do comprimento, o que permite distinguir entre grandezas fundamentais e derivadas. Mas em virtude do que há essa pressuposição? Para que uma propriedade seja mensurada de maneira fundamental, isto é, não envolvendo a medição de outra propriedade, é necessário encontrar uma operação de “adição física” para ela (cf. Campbell, 1920, p. 268). Nesses casos, as propriedades apresentam semelhanças com as propriedades aditivas (cf. Campbell, 1920, p. 278).

Essas semelhanças são especificadas por Campbell (1920) através de duas “leis”. De modo similar às condições colocadas por Helmholtz (1977), a primeira lei consiste em não haver como a conexão de objetos resultar em algo menor ou igual as suas partes, indicando que não há propriedade “nula” ou “reduzora”. A segunda diz que o resultado obtido não pode depender da ordem dos objetos concatenados. Para ele, ambas leis são empíricas e apenas um experimento concreto pode determinar quando e se elas são satisfeitas. Porém, uma vez que sejam, há um procedimento fundamental de medição

⁸⁶ De acordo com o autor, esse ordenamento convencional representa relações de grandeza entre números propositalmente: “numerais não são realmente maiores ou menores; estritamente, eu entendo que um numeral, que vem mais cedo ou mais tarde em uma ordem arbitrária, é usado convencionalmente para representar um número maior ou menor” (Campbell, 1920, p. 18).

Em sua visão, esse procedimento delimita a existência de apenas um aspecto convencional nas medições: a escolha de uma unidade (cf. Campbell, 1920, p. 268). Por fim, essas considerações permitem distinguir também entre dois tipos de propriedades empíricas, as quais ele denomina por “grandezas” e “qualidades”: enquanto as primeiras permitem atribuições de números, as representações que utilizamos para as segundas são numerais, mesmo que o seu ordenamento não seja aleatório.

Em síntese, Campbell (1920) oferece a seguinte definição de medição fundamental: um procedimento que atribui números às grandezas sem recorrer a medições de outras propriedades. Aqui, atuam as similaridades entre as operações empíricas e a operação de adição numérica. Todavia, as condições requeridas para esses procedimentos indicam uma definição implícita e restritiva para as medições fundamentais. Como notado por Suppes e Zinnes (1962), a exclusão de grandezas não extensivas é uma consequência direta da condição de haver um espelhamento entre a operação de adição numérica e a concatenação empírica. Esse requerimento faz parte dos motivos que levaram Stevens (1946) a formular a sua teorização sobre as escalas, propondo reformular a própria noção de “medição”.

Os trabalhos de Helmholtz [1887], Hölder [1901] e Campbell (1920) formaram uma escola de pensamento sobre as medições científicas, as vezes referida por “teoria clássica da medição” ou apenas “teoria da medição”.⁸⁷ Eles são unificados através da visão de que medir envolve dois elementos separados, qualidades e números; através do propósito de investigar o que fundamenta o tratamento quantitativo das propriedades; bem como através do argumento de que podemos representar com certos números quando há uma espécie de espelhamento entre operações numéricas e empíricas. Investigando as condições que permitem construir uma representação numérica de elementos não numéricos, possuímos diferentes escalas de para uma mesma grandeza foi um tópico pouco explorado, objeto de estudo posicionado no trabalho de Stevens (1946).

Ao contrário dos autores anteriores, que possuíam formação em física ou matemática, Stevens (1946) adentrou o tema das medições desde a perspectiva da psicologia. Investigando a possibilidade de sensações humanas, especialmente auditivas, serem mensuráveis, Stevens submeteu um trabalho para a *British Association for the Advancement of Science* (atual *British Science Association*). O estudo abordava a formulação de escalas para grandezas psicológicas, como a intensidade da sensação auditiva, sendo recusado pelo comitê, no qual Campbell era

⁸⁷ Essa nomenclatura é utilizada por diversos autores, como Michell (1999), Díez (1997a), Tal (2020), dentre outros.

um dos membros.⁸⁸ Dentre as justificativas havia a ideia de que uma medição exigia um certo mecanismo empírico que não está disponível para as sensações humanas. Posteriormente, em “*On the Theory of Scales of Measurement*”, Stevens (1946) argumenta em favor de compreendermos uma medição como qualquer tipo de atribuição numérica a partir de uma regra. Parafraseando a definição de medida de Campbell, Stevens (1946, p. 677) afirma que uma escala é uma atribuição numérica e diferentes regras originam diferentes tipos de escalas.

A abordagem de Stevens (1946) avança os seguintes propósitos: explicitar quais regras estão disponíveis para realizar atribuições numéricas; analisar as propriedades matemáticas e operações estatísticas para as escalas formadas a partir de regras diferentes. Esses objetivos podem ser ilustrados considerando que é possível utilizar a escala Celsius ou a escala Fahrenheit para medir a temperatura de um objeto, então seriam elas formadas por regras diferentes? Do mesmo modo, sabe-se que 30° C não é a metade de 60 ° C, mas 30 metros é a metade de 60 metros: isso ocorreria caso as escalas de temperatura e comprimento fossem formadas através das mesmas regras? De acordo com o elaborado por Stevens, a resposta para ambas perguntas é não.

Resumidamente, Stevens (1946) elabora uma classificação com base nas transformações algébricas que os tipos de escalas permitem. O primeiro tipo é denominado de escalas nominais, as quais não permitem transformações algébricas, utilizando números apenas para nomear objetos. O exemplo citado pelo autor é a numeração de um time de futebol: o jogador número 11 é diferente do jogador número 10, mas há apenas esse significado para esses valores. O segundo tipo consiste nas escalas ordinais, cujos valores preservam uma ordem de grandeza. O exemplo paradigmático aqui é a escala de Mohs para a dureza dos minerais: expressamos que a dureza de um mineral avaliado em 8 Mohs é maior que a de um mineral avaliado em 7 Mohs. O terceiro é chamado de escalas de intervalos, nas quais diferenças entre intervalos numéricos são preservadas e, por consequência, também a ordem. Nesse grupo de escalas, encontramos as escalas Celsius e Fahrenheit. Por fim, escalas proporcionais preservam razões entre os números utilizados e, por consequência, ordem e diferença entre intervalos também são preservados.

O trabalho de Stevens (1946) explica uma série de questões sobre os usos e significados de valores numéricos através de diferentes tipos de escalas, sendo especialmente

⁸⁸ Essa história está relatada em Luce e Suppes (2002, p. 15) e em Díez (1997a). Algo similar também é contado por van Fraassen (2008).

notável por agrupar os tipos de escalas.⁸⁹ Finkelstein e Leaning (1984, p. 25) afirmam que Stevens (1946) direcionou todo o campo das teorizações sobre as medições para novas linhas de investigação, sobretudo em relação ao modo como as medições são entendidas e classificadas. Por outro lado, ele não apresenta resultados significativos sobre as condições que determinam os diferentes tipos de escalas. Apesar de afirmar que “escalas são possíveis em primeiro lugar apenas porque há um certo isomorfismo entre o que podemos fazer com os aspectos dos objetos e as propriedades das séries numerais” (Stevens, 1946, p. 677), não está claro como podem existir “isomorfismos” entre cada um desses tipos de escalas com os seus respectivos alvos. Assim, ao afirmar que “o tipo de escala alcançado depende das características das operações empíricas básicas realizadas [...] usualmente limitadas pela natureza do que está sendo escalado e pela nossa escolha dos procedimentos” (1946, p. 677), Stevens deixa uma lacuna sobre como os tipos de escalas efetivamente se relacionam com as operações empíricas.

Em contrapartida, os trabalhos de Helmholtz [1997], Hölder [1901] e Campbell (1920) ajudam a pensar o que pode estabelecer esses “isomorfismos”, os axiomas que expressam as condições operacionais que devem ser satisfeitas para a representação numérica. Assim, a questão primordial sobre as medições, para a qual o artigo de Suppes (1951) oferece um ponto de partida, passa a ser a seguinte: em virtude do que construímos representações que podem ser agrupadas em tipos de escalas que preservam as mesmas transformações algébricas?

Embora a aplicabilidade a domínios físicos não tenha sido o objetivo da abordagem de Hölder [1901], cumprindo estritamente propósitos matemáticos, observar as sensibilidades empíricas é uma tarefa essencial de uma teoria das medições que não seja estritamente formal. Suppes (1951, p. 164) coloca o objetivo de encontrar um sistema formalmente adequado para representar grandezas extensivas que supere duas dificuldades metodológicas encontradas na abordagem de Hölder (1901) em vista dessa aplicabilidade. A saber: (1) da relação de semelhança entre as magnitudes não ser dada pela relação lógica da identidade, mas por axiomas específicos de uma relação de equivalência mais fraca; (2) da exigência de

⁸⁹ Por exemplo, na escala Celsius 30°C não é o dobro de 15°C , mas as diferenças são preservadas, isto é, $30^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$. Na escala de Mohs isso não ocorre, a diferença de dureza entre 7 Mohs e 8 Mohs não é a mesma que entre 9 Mohs e 10 Mohs. Pode-se exemplificar também como é possível traduzir os valores de grandeza de uma escala em outra. Por exemplo, o grupo das transformações admissíveis para as escalas de temperatura é dado pela fórmula: $f(x) = x \times w + y$ (com w condicionado a ser maior que zero). Tomando x como um valor em Celsius e y como um valor em Fahrenheit, deriva-se uma fórmula de conversão: $(x \times 1,8) + 32 = y$. Portanto, embora o valor 1 não seja equivalente nas escalas, pois $1^{\circ}\text{C} = 33,8^{\circ}\text{F}$, a diferença de 1°C entre valores na escala Celsius, para mais ou para menos, equivale à diferença de $1,8^{\circ}\text{F}$ entre os valores da escala Fahrenheit.

construirmos sempre “traduções completas” entre os sistemas.⁹⁰ De acordo com ele, ambas características são demasiado exigentes e contra intuitivas, pois, em primeiro lugar, a semelhança no grau de manifestação de uma mesma propriedade entre objetos distintos (por exemplo, que dois objetos sejam semelhantes em seu peso) é uma relação de equivalência, mas não a relação de identidade lógica. Em segundo lugar, uma caracterização geral das grandezas extensivas pode atribuir um mesmo número para dois ou mais objetos, aqueles que são semelhantes de acordo com o grau da magnitude que está sendo medida. Ademais, se nem todas as propriedades numéricas são interessantes ou significativas para a medição empírica, então não há motivos para a exigência de uma representação isomórfica completa entre elementos e números, requerendo-se apenas uma representação adequada.⁹¹

Com isso em vista, Suppes (1951) apresenta um sistema M através da tripla ordenada $M = \langle K, Q, * \rangle$, na qual K é um conjunto não vazio (de elementos $x, y, z \dots$), Q é uma relação binária em K e $*$ é uma função binária em K . M será dita um “sistema de quantidades extensivas” (doravante, SQE) se satisfizer os seguintes axiomas:

- | | | |
|----------------------------------|--|------|
| (Q-transitividade) | Se $x Q y$ e $y Q z$, então $x Q z$ | (A1) |
| (*-Fechamento) | $x * y$ pertencem a K | (A2) |
| (*-Simetria) | $(x * y) * z Q x * (y * z)$ | (A3) |
| (Monotonicidade). | Se $x Q y$, então $x * z Q z * y$ | (A4) |
| (Resolubilidade) | Se $\neg x Q y$, então existe z em K , tal que $x Q y * z \ \& \ y * z Q x$ | (A5) |
| (Positividade) | $\neg x * y Q x$ | (A6) |
| (Arquimedianidade) ⁹² | Se $x Q y$, então há um número n tal que $y Q (n) x$ | (A7) |

⁹⁰ De acordo com o autor, o sistema de Hölder “é categórico no sentido de que quaisquer duas realizações são isomórficas e, ainda, isomórficas ao semigrupo aditivo de todos os números reais positivos. Porém esses requerimentos são certamente muito exigentes, pois é intuitivamente óbvio que um conjunto de grandezas extensivas não precisa ter a densidade dos números racionais” (Suppes, 1951, p. 164).

⁹¹ Um isomorfismo é um caso especial de homomorfismo. No contexto dessa abordagem, ele é entendido como uma função biunívoca. Ou seja, cada elemento diferente do domínio possui um elemento particular correspondente no contradomínio, e vice-versa. Como afirma Suppes (1951), é possível atribuir um mesmo número a dois ou mais objetos com propriedades similares, então não faz sentido exigir um isomorfismo aqui. Por esse motivo, o autor introduz a ideia de classes de equivalências, construindo isomorfismos entre classes de objetos e números. Assim, cada classe de objetos de magnitude similar corresponderá a um elemento no domínio numérico.

⁹² Cabe notar que Suppes (1951) não indica o que seja “(n)y”, para além de que n é um número natural aplicado à propriedade de um objeto. Dessa forma, o que essa aplicação significa é dado de forma implícita: um número de vezes com o qual o valor de uma magnitude de um objeto pode ser somado com o seu próprio valor. Para além disso, se a arquimedianidade é uma condição necessária para as medições é um tema vastamente discutido na literatura, mas que não será abordado aqui.

Suppes (1951, p. 168) explora os teoremas que se seguem desse sistema e afirma ter a intenção de que “Q” seja interpretado pela relação numérica “ \geq ” e que “*” seja interpretado pela operação numérica “+”, mostrando também como esses axiomas são independentes entre si e adicionando uma relação de equivalência C (para quando dois elementos x e y forem semelhantes), dada por $x C y =_{\text{def}} x Q y \ \& \ y Q x$. Como C é uma relação de equivalência para os elementos de K, o quociente K/C é uma coleção de subconjuntos de K, composto pelas classes de equivalências [x] entre os elementos pertencentes a K. Ele também discute a adequação formal desse sistema através de dois metateoremas – os quais não apenas cumprem uma função no objetivo de oferecer um sistema mais flexível que o de Hölder [1901], mas à luz da história indicaram respostas para as questões que as abordagens anteriores haviam deixado em aberto. O primeiro metateorema estabelece que: se um sistema M é um SQE, então o quociente M/C é isomorfo a um subconjunto dos números reais positivos, “espelhando” a relação Q e a operação * na relação \geq e na operação +, respectivamente.⁹³ Ou seja, se um sistema satisfaz (A1) – (A7), então é possível construir um isomorfismo de suas classes de equivalência no semigrupo dos reais positivos através de uma função f (que o autor chama de “mapeamento”).⁹⁴ O segundo metateorema estabelece que se um sistema M é um SQE, então quaisquer dois semigrupos dos números reais positivos que são isomorfos ao M/C do sistema estão relacionados por uma transformação similar. Ou seja, é possível encontrar uma relação de equivalência entre os elementos de quaisquer semigrupos isomorfos a um mesmo M/C através de uma transformação algébrica.⁹⁵

É através desses metateoremas que o artigo de Suppes (1951) indica como reunir as abordagens realizadas pelos autores anteriores. Por um lado, o primeiro metateorema retoma o problema colocado por Helmholtz (1977) e estabelece em que sentido certas condições empíricas são suficientes para uma representação matemática. Por outro lado, o segundo metateorema indica em que sentido as diferentes representações numéricas estão relacionadas entre si, quando e se essas representações são únicas. Em retrospectiva, por realizar as tarefas

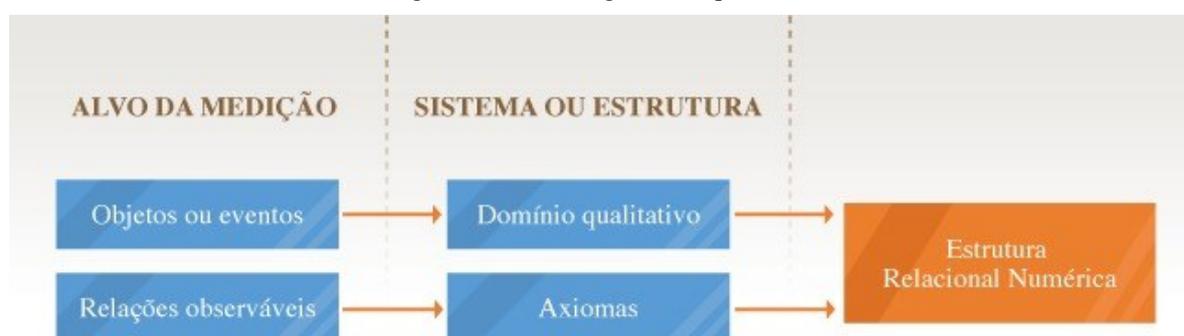
⁹³ Nas palavras dele, o M/C “é isomórfico a um semigrupo aditivo dos números reais positivos, fechado para a subtração de números menores por números maiores” (Suppes, 1951, p. 169, grifo do autor).

⁹⁴ Suppes (1951) fala em “isomorfismos” aqui pois está pensando no subconjunto K/C, que contém as relações de equivalência dos elementos (semelhantes entre si) em K. Então, a função mapeamento f pode ser 1-1 e admitir inversa, pois estabelece que f se dirige a uma classe [x] de equivalência em K e não aos seus elementos isolados. Todavia, nas expansões posteriores dessa ideia usualmente não se trabalha com isomorfismos, mas com funções que interpretam os elementos do domínio (e não as classes de elementos), os quais podem ser atribuídos a um mesmo número.

⁹⁵ Isso significa que para qualquer função mapeamento f de um SQE em um semigrupo A, e qualquer função mapeamento g desse mesmo sistema em um semigrupo B, haverá uma transformação admissível t capaz de determinar $f([x]) = t \circ g([x])$.

das investigações que até então ocorriam em paralelo, Díez considera que no artigo de Suppes (1951) essas “abordagens complementares convergem e todos os elementos da teoria estão integrados apropriadamente pela primeira vez” (Díez, 1997a, p. 167). Essa integração monta a estratégia geral posteriormente maturada pela TRM. Nessa perspectiva, há duas relações representativas nos processos de medição fundamental, uma qualitativa e outra quantitativa, como ilustrado na Figura 2. A primeira relação é entre uma estrutura (que Suppes chamava de sistema) com domínio não numérico e o alvo da medição. A segunda é o mapeamento entre essa estrutura e uma outra estrutura, a qual deve possuir um domínio diferente daquele, usualmente, numérico.

Figura 2. TRM: Diagrama simplificado.



Fonte: elaborada pelo autor.

3.2 A TEORIA REPRESENTACIONAL DAS MEDIÇÕES

Apesar de indicar respostas para o que é uma representação adequada das características mensuráveis e em virtude do que construímos diferentes tipos de escalas, o artigo de Suppes (1951) esteve limitado às magnitudes extensivas – as que são tratáveis através de um SQE – além de possuir outras dificuldades. Duas delas são reconhecidas pelo próprio autor. Segundo ele, de um ponto de vista metodológico, o domínio K parece exigir um número infinito de elementos para satisfazer alguns axiomas – como (A5) e (A7), tendo em vista (A2) – o que não faz sentido do ponto de vista empírico. Além disso, a relação binária Q parece exigir que haja uma transitividade perfeita entre os objetos, por conta de (A1), o que pré-condiciona os procedimentos empíricos. Essas e outras dificuldades permanecem nos escritos posteriores da TRM, sendo recolocadas pelos autores que criticam a teoria. Ainda assim, o que é apresentado por Suppes (1951) possui muitas virtudes, com destaque especial

para o caráter frutífero da abordagem, a qual foi estendida para diferentes tipos de escalas e grandezas.

A busca por sistemas com axiomas mais flexíveis e os metateoremas introduzidos por Suppes (1951) *prima facie* não dependem de uma natureza específica do que está sendo medido, nem estão condenados a um único tipo de escala. Díez (1997b, p. 240) aponta ainda que o artigo de Suppes (1951) mostra que as condições apresentadas nos axiomas (A1) - (A7) são suficientes para a representação de um SQE em uma escala proporcional, mas indica que elas não são necessárias. Nesse sentido, o trabalho de Suppes (1951) não implica que apenas um SQE pode gerar uma escala proporcional, colocando em dúvida se outros tipos de sistemas, com outros axiomas, poderiam possuir representações que preservam proporções entre os números representados.

Explorando essas questões, alguns trabalhos colaborativos realizados durante as décadas de 1950 e 1960 construíram uma abordagem geral, explorando a ferramenta apresentada no artigo de 1951 para outras estruturas qualitativas, esforços que deram origem à TRM.⁹⁶ Assim, a TRM nasce com o propósito de apresentar “sistemas diferentes que são todos fundamentais através do critério intuitivo de independência de outras medições” (Krantz *et al.* 1971, p. 1). Os primeiros trabalhos após a publicação de 1951 visaram um esquema geral das medições fundamentais, iniciado em Scott e Suppes (1958) e aprofundado em Suppes e Zinnes (1962). Nesse último, os autores apresentam uma discordância em relação à ideia de que apenas grandezas para as quais há uma operação física de concatenação podem ser medidas em sentido fundamental, advinda de Campbell (1920).

Do ponto de vista da TRM, uma medição fundamental é a construção de um mapeamento entre um sistema empírico e um sistema numérico, sem recorrer a mapeamentos prévios. No esquema geral fornecido pela TRM, o que Suppes (1951) denominava por “sistema”, ou “sistema empírico”, foi recolocado nos termos de “estruturas relacionais” – com inspiração tarskiana.⁹⁷ Uma estrutura relacional é uma $E = \langle D, R_1, \dots, R_n \rangle$, na qual D é um domínio não vazio de objetos e R_1, \dots, R_n são relações n -árias entre os elementos de D . Essas

⁹⁶ É interessante notar, como alerta Moscati (2016), que esses desenvolvimentos foram diretamente influenciados por investigações sobre outros tópicos em filosofia da ciência (veja-se também Moulines e Sneed, 1979; e Boumans, 2015). A grande virtude da TRM parece estar no bem sucedido tratamento geral e atento às diferenças sobre o que está em alvo. Todavia, a vasta aplicabilidade do viés representacionista avança uma noção de medição fundamental que se distancia da compreensão clássica – principalmente em relação à ideia defendida por Campbell (1920) de que elas exigem um procedimento de concatenação empírica.

⁹⁷ A inspiração tarskiana para as estruturas relacionais advém da definição de um sistema relacional, nos termos de um domínio não vazio de elementos de algum tipo; uma coleção finita de relações entre os elementos desse domínio e uma série de leis que caracterizam esses elementos, isto é, axiomas (cf. Luce, 1979, p. 93-94; Michell, 2020)

estruturas são diferenciadas em quantitativas e qualitativas. Uma estrutura relacional quantitativa, ou numérica, (doravante, ERN) possui um domínio não vazio de elementos matemáticos, como números ou vetores. Uma estrutura relacional qualitativa (doravante, ERQ) possui um domínio não vazio de elementos não numéricos, isto é, qualitativos.

Utilizando a teoria intuitiva de conjuntos como *framework*, a teoria estabelece que medir é construir um mapeamento entre uma ERQ em uma ERN. Essa construção envolve três passos principais: 1) formular uma ERQ, estipulando axiomas que condicionem o comportamento das relações qualitativas; 2) postular hipóteses de trabalho (funções para essa ERQ em ao menos uma ERN); 3) provar teoremas de representação e de unicidade para essas hipóteses.⁹⁸

A construção de estruturas relacionais qualitativas é o ponto fundamental dos processos apresentados pela TRM. Elas são definidas da seguinte maneira:

Def. 1. Uma estrutura $E = \langle D, R_1, \dots, R_n \rangle$ é uma ERQ se possui um domínio D não vazio de elementos (não numéricos) e pelo menos uma relação R_j ($j = 1, \dots, n$) n -ária entre os elementos de D .

Em geral, as relações R_1, \dots, R_n são binárias, terciárias ou quaternárias (cf. Luce, 1979, p. 94-95). O comportamento dessas relações é determinado por uma coleção de axiomas, como colocado no Exemplo 1.⁹⁹

*Exemplo 1.*¹⁰⁰ Estrutura qualitativa $E^1 = \langle D^1, R^1 \rangle$, na qual D^1 é um domínio de elementos não vazio, dado pelo conjunto $D^1 = \{a, b, c\}$, e R^1 é uma relação binária em D^1 , tal que, para todos x, y, z pertencentes a D^1 :

(R^1 -conectado e não reflexivo) não $(xR^1x) \ \& \ ((xR^1y) \text{ ou } (yR^1x))$ (B1)

⁹⁸ A ideia de pensar a abordagem da TRM através de passos está colocada de modo similar em Frigerio, Giordano e Mari (2010). Cumpre notar que é feita apenas uma passagem breve por essas etapas, sobretudo pelas etapas 2 e 3. Isso ocorre porque as críticas à TRM se direcionam à etapa 1.

⁹⁹ Os exemplos aqui mencionados servem apenas para fins heurísticos, pois a prova dos teoremas da adequação formal para essas estruturas está ausente. Eles estão numerados para facilitar o entendimento do que está sendo desenvolvido.

¹⁰⁰ Esse exemplo é um esquema ilustrativo de uma medição com escala ordinal. Para fins de simplicidade, a estrutura está supondo em (B1) que os objetos são sempre diferentes de acordo com o nível da magnitude que está sendo medida. Estruturas semelhantes a essa pode ser encontrada em vários lugares, como em Suppes (1998), em Luce e Suppes, (2002, p. 3), Scott e Suppes (1958, p. 117-118) e em Krantz *et al.* (1971, p. 15).

Exemplo 2. Estrutura qualitativa $E^2 = \langle D^2, *, \triangleright \rangle$, na qual D^2 é um domínio não vazio de elementos não numéricos e $*$, \triangleright são relações binárias entre os elementos de D^2 , que satisfazem (para todos x, y, z pertencentes a D^2):¹⁰¹

$$(\triangleright - \text{transitividade}) \quad \text{se } x \triangleright y \text{ e } y \triangleright z, \text{ então } x \triangleright z \quad (C1)$$

$$(\triangleright - \text{monotonicidade}) \quad \text{se } x \triangleright y, \text{ então } x * z \triangleright z * y \quad (C2)$$

$$(\triangleright - \text{resolubilidade}) \quad \text{se } x \triangleright y, \text{ então existe } z \text{ em } D^1, \text{ tal que } (y \circ z) \triangleright x \quad (C3)$$

$$(* - \text{positividade}). \quad \neg x * y \triangleright x \quad (C4)$$

$$(* - \text{fechamento}) \quad x * y \text{ pertencem a } D \quad (C5)$$

Estipulados esses elementos, a primeira etapa na construção de uma medição fundamental está completa. Os demais passos consistem em posicionar hipóteses de trabalho e provar a partir de tais hipóteses que é possível construir uma representação numérica adequada para a ERQ em questão.

Explorando algumas características matemáticas advindas dos seus axiomas, o segundo passo metodológico consiste em lançar hipóteses como as seguintes: há ao menos uma ERN que representa a ERQ em foco; há ao menos uma função mapeamento que estabelece um homomorfismo entre a ERQ e essa ERN; os axiomas estipulados para a ERQ são suficientes para provar a existência dessa função. Detalhando esses elementos, uma ERN é definida como:

Def. 2. Uma estrutura $E' = \langle D', R_j' \rangle$ é dita uma ERN se D' é um subconjunto não vazio dos números reais e cada R_j' ($j = 1, \dots, n$) for uma relação de aridade n entre os elementos de D' .

Por conta do contexto das aplicações dessas estruturas, as R_j' usualmente correspondem à relação numérica “ \geq ”, bem como as aridades de cada R_j' em E' são condicionadas pelas aridades das R_j de uma determinada ERQ em alvo. Por exemplo:

Exemplo 3. $E^3 = \langle D^3, \geq \rangle$, na qual D^3 é um domínio numérico, composto por um subconjunto não vazio dos números reais e “ \geq ” é uma relação binária em D^3 .

¹⁰¹ Essa coleção de axiomas consiste em um recorte do que foi apresentado inicialmente no artigo de Suppes (1951) e posteriormente desenvolvido em diversos lugares.

O mapeamento de uma ERQ em uma ERN utiliza a noção de semelhança estrutural. Como argumentado por Díez (1997b, p. 241-242), afirmar que as relações numéricas representam as relações empíricas nesse contexto significa dizer que a estrutura quantitativa expressa com números aquilo que a estrutura qualitativa expressa sem eles, recorrendo a existência de um homomorfismo. A justificação dessa afirmação recai na tarefa de mostrar como tal homomorfismo é possível; ou seja, a partir da hipótese de que existe ao menos uma função f que interpreta os objetos da ERQ nos elementos da ERN, preservando suas relações. A função que cumpre essa tarefa é definida como uma *função mapeamento*:

Def. 3. Uma função f de D em D' é dita uma *função mapeamento* se constrói um *homomorfismo* de E em E' .

A última etapa do estabelecimento de uma medição fundamental consiste em provar essas hipóteses, derivando algumas consequências matemáticas dessa prova. Obtém-se com ela uma representação numérica adequada para elementos e relações qualitativas, cujo resultado é uma “escala”. Inicialmente, essa adequação é dada pela prova de um teorema de representação, cuja forma geral é:

Teorema de representação: se uma $E = \langle D, R_1, \dots, R_n \rangle$ é uma ERQ que satisfaz uma determinada coleção de axiomas, então existe uma função f de E em uma E' tal que, para cada R_j em E : $f(x) R_j' f(y)$ se, e somente se $x R_j y$ (sendo x e y variáveis para os elementos de D).

Todavia, como diferentes estruturas qualitativas não administram as mesmas relações e axiomas, o teorema de representação precisa ser decomposto “caso a caso”. Assim, prova-se uma versão particular desse teorema para as estruturas em foco. Utilizando como exemplo a E^1 e a E^3 :

Exemplo 4. Se $E^3 = \langle D^3, \geq \rangle$ é uma ERN e $E^1 = \langle D^1, R_j^1 \rangle$ é uma ERQ que satisfaz (B1) e (B2), então existe uma função f de D^1 em D^3 , tal que:

$$f(x) \geq f(y) \text{ se, e somente se, } x R^1 y$$

Luce (1979) esclarece que o teorema de representação cumpre o propósito de mostrar que os axiomas condicionam as relações qualitativas de uma ERQ a fim de permitir e determinar a construção das medições fundamentais.¹⁰² Por um lado, os axiomas são condições suficientes para uma representação numérica. Por outro lado, eles realizam o vínculo das estruturas matemáticas com as características empíricas dos alvos de uma medição. Ao final, são os axiomas que capturam e abreviam as regularidades das relações empíricas. Portanto, estabelecer em que sentido uma atribuição numérica é adequada para uma coleção de relações empíricas envolve mostrar como certas regularidades, abreviadas na forma de axiomas, são condições suficientes para se construir um homomorfismo de uma ERQ em uma ERN.

Em síntese, provando que existe uma função mapeamento demonstra-se que os axiomas de uma ERQ são condições suficientes para que haja uma representação numérica adequada dessa em uma ERN. Se isso ocorrer, a TRM diz que há uma “escala”:

Def. 4. Escala. Uma tripla $\langle E, E', f \rangle$ é uma escala se E é uma ERQ que satisfaz a Def. 1, E' é uma ERN que satisfaz a Def. 2; f é uma função que satisfaz a Def. 3; e está provado um TR para f de D em D' .

Introduzida a noção de escala, a TRM explora as características matemáticas dessas construções, de modo similar ao realizado por Stevens (1946). A prova de um teorema de representação estabelece se as representações numéricas são adequadas para uma ERQ, mas em princípio podemos provar esse teorema para diferentes funções ($f, g, h...$), obtendo uma coleção de representações numéricas adequadas. Por conta disso, a TRM questiona em que sentido elas são únicas, em que sentido são de um mesmo tipo ou pertencem a um mesmo grupo. Para isso, há um teorema de unicidade, retomando algo semelhante ao segundo metateorema de Suppes (1951). A saber:

¹⁰² De acordo com o autor: “o objetivo do teórico da medição é formular restrições – axiomas – nas relações das estruturas empíricas que atendem a dois requisitos. Primeiro, cada axioma deve ser uma afirmação empírica (aproximadamente) verdadeira – uma lei do tipo mais primitivo – *ou deve ser uma restrição técnica de um tipo ou outro que escolhermos aceitar por conveniência*. Em segundo lugar, a coleção de axiomas deve ser suficiente (e necessária, se possível) para a existência de um homomorfismo da estrutura relacional empírica para a numérica” (Luce, 1979, p. 94-95, grifo meu).

Teorema de unicidade: se $\langle E, E', f \rangle$ é uma escala, para qualquer outra g , $\langle E, E', g \rangle$ é uma escala se, e somente se, existe uma h pertencente a T , tal que $f = h \circ g$ (sendo \circ uma composição de funções e T um grupo de transformações similares).¹⁰³

Se o teorema de representação permite afirmar que certas condições (axiomas) são suficientes para uma representação (homomorfismo), a prova de um teorema de unicidade demonstra que há uma relação de equivalência entre as possíveis representações numéricas para a mesma estrutura qualitativa. Como mostra Díez (1997b, p. 242), ambos teoremas podem ser unificados em um teorema de unicidade representacional:

Teorema de unicidade representacional: Seja $E = \langle D, R_j \rangle$ uma estrutura qualitativa e $E' = \langle D', R_j' \rangle$ uma estrutura quantitativa, se E satisfaz os axiomas $(A_x - A_{x+n})$, então existe uma função f de D em D' tal que, para qualquer outra g , g é um homomorfismo de E em E' se, e somente se, g é uma T -transformação de f .

Nesse caso, ser uma T -transformação significa que as funções f e g pertencem a um mesmo grupo de transformações admissíveis, satisfazendo $g = h \circ f$, sendo h uma função que também pertence ao grupo T .¹⁰⁴ A prova desse teorema é o último passo da construção de uma medição fundamental. A partir dessa construção, a TRM fornece um método para representar numericamente elementos qualitativos. Essa ferramenta possui diversas virtudes explicativas, dentre elas, a de ser aplicável a muitos contextos.

3.3 VIRTUDES EXPLICATIVAS

Há ao menos duas grandes virtudes na abordagem representacionista aperfeiçoada pela TRM. A primeira delas consiste no fornecimento de uma ferramenta para construir

¹⁰³ É interessante salientar que não há uma única versão dos teoremas de representação e de unicidade. Como mostram Roberts e Franke (1976), analisando os trabalhos de desenvolvimento da TRM, até o volume 1 de *Foundations* (Krantz *et al.* 1971), encontramos ao menos três versões do teorema da unicidade que são discrepantes entre si, isto é, que através das consequências de suas características formais, possuem amplitudes diferentes.

¹⁰⁴ Nas palavras do autor: “tomados juntos, o que deve ser provado, então, é o seguinte. Seja $E = \langle A, R_1, \dots, R_m \rangle$ um sistema empírico e $M = \langle N, S_1, \dots, S_m \rangle$ um sistema numérico particular. Se E satisfaz Ax_1, \dots, Ax_p , então existe uma função f tal que para qualquer g , g é um homomorfismo de E em M se, e somente se, g é uma T -transformação de f . Aqui ‘ g é uma T -transformação de f ’ significa que há uma função $F \in T$ tal que $g = F \circ f$ (‘ \circ ’ denota a composição de funções), na qual T é um conjunto de funções de N em N , i.e. T é o grupo de transformações [...]. Se um sistema empírico particular E satisfaz as condições, pode-se prosseguir com a atribuição-medição, ou, se já existe, justificar ou estabelecer o seu tipo. A prova da parte existencial do teorema também mostra como executar a atribuição” (Díez, 1997b, p. 242).

mapeamentos que *prima facie* independem de uma natureza específica do alvo. A segunda, o vínculo entre elementos empíricos e teóricos permite interpretar e compreender, a partir de certos elementos invariantes, em virtude do que as representações numéricas possuem determinados significados.

Sobre a aplicabilidade dessa ferramenta representativa, o escopo das aplicações da TRM é vasto. Mencionando brevemente alguns desses casos, a TRM amplia as medições fundamentais para o tratamento de propriedades em conjunto. Considerando que certas propriedades exigem um tratamento relacionado com outras grandezas, foram realizados estudos sobre as medições “conjuntas” (cf. Luce e Tukey, 1964; Tversky, 1967). Eles fornecem um modo de tratar os procedimentos fundamentais com duas ou mais propriedades que estejam relacionadas. Como sintetiza Díez (1997b, p. 249-250), nesses casos, a estrutura qualitativa é composta por ao menos dois domínios – os quais podem possuir duas interpretações pretendidas: que cada domínio represente diferentes propriedades dos mesmos objetos, ou que cada domínio represente objetos de diferentes tipos de acordo com uma mesma propriedade.

Além de ampliar o escopo dos casos das medições fundamentais, outra virtude da TRM consiste no esclarecimento dos elementos convencionais que são determinantes para essas. Provando um teorema de unicidade representacional através de diferentes funções geram-se escalas igualmente adequadas. Nesse caso, não há qualquer característica formal determinante para afirmar que uma escala é preferível. Então, restam considerações pragmáticas e metodológicas. Um exemplo intuitivo dessas preferências está na ideia de que uma propriedade dita extensiva é aquela que permite uma representação aditiva. Usualmente é requerido que uma propriedade extensiva admita procedimentos de concatenação para permitir um tratamento aditivo. Isto é, retomando Campbell (1920), o procedimento deve espelhar a operação de adição numérica. Porém, pode-se mostrar que se há um mapeamento de uma certa ERQ em uma ERN com a operação “+”, substituí-la pela operação de multiplicação também origina uma escala (cf. Díez, 1997b, p. 242 - 243).

Voltando a questão do escopo, no desenvolvimento da TRM, as escalas não extensivas foram tratadas inicialmente em Suppes e Winet (1955) e em Davidson e Suppes (1956), com aplicabilidade voltada para a teoria da utilidade (cf. Moscati, 2016). Como resultado, a construção desses mapeamentos ocorre de forma muito distinta do que é feito para as grandezas extensivas. Inicialmente, o domínio de uma ERQ para esse caso é composto por

pares de objetos, originando um mapeamento que preserva diferenças entre esses pares (cf. Díez, 1997b, p. 244-245). Assim, os axiomas aqui utilizados são condições suficientes para haver uma função que constrói um mapeamento dessas estruturas em um domínio numérico preservando diferenças entre os intervalos nas escalas.

Explorando as peculiaridades desse tipo de ERQ (cf. Scott e Suppes, 1958, p. 121-122), pode-se estabelecer uma estrutura $E^4 = \langle D^4, R^4 \rangle$, na qual R^4 é uma relação tetrádica que abrevia certas regularidades comportamentais que observamos na manipulação de objetos em função da grandeza em vista. Assim, um teorema de unicidade representacional adaptado a esses casos explora uma relação tetrádica R^4 entre pares de objetos pertencentes ao domínio em questão, visando uma função f desse domínio em um domínio numérico, tal que:

$$(xy) R^4 (zw) \text{ se, e somente se, } (f(x) - f(y)) \geq (f(z) - f(w)) \quad (\text{iii})$$

Desde uma perspectiva empirista, a TRM indica aqui que deve haver um procedimento empírico de comparação entre ao menos quatro objetos, agrupados em pares, para que haja uma medição fundamental desse tipo de grandeza. As regularidades observadas nesse procedimento são representadas na relação tetrádica R^4 . Uma vez provada uma versão do teorema de unicidade representacional, há um vínculo entre regularidades empíricas e os significados dos valores das escalas – nesse caso, escalas que preservam diferenças entre intervalos. Esses esclarecimentos corroboram a ideia que os valores numéricos atribuídos através de medições fundamentais possuem significados derivados da forma como os axiomas de uma ERQ se relacionam com a unicidade das escalas construídas. No caso das escalas ordinais, o significado dos valores atribuídos expressa unicamente a relação “x maior que y”. Relacionando esses entendimentos com o problema de fundamentação das medições, a TRM esclarece que há convenções em diversos aspectos da construção das medições fundamentais, mas elas param em algum lugar. Assim, a teoria indica em virtude do que se pode justificar o tratamento quantitativo de certas noções e determina os significados desse tratamento.

Como resultado, há um guia que subdetermina uma coleção de representações adequadas. Por alocar que a fonte da adequação das representações numéricas são as condições que os procedimentos qualitativos devem satisfazer, a abordagem posiciona um fundamento epistêmico e metodológico para essas representações. Isso responde parcialmente ao problema do fundamento das medições e ao problema de representação, isto é, em relação às grandezas que podem ser mapeadas junto do critério intuitivo das medições fundamentais.

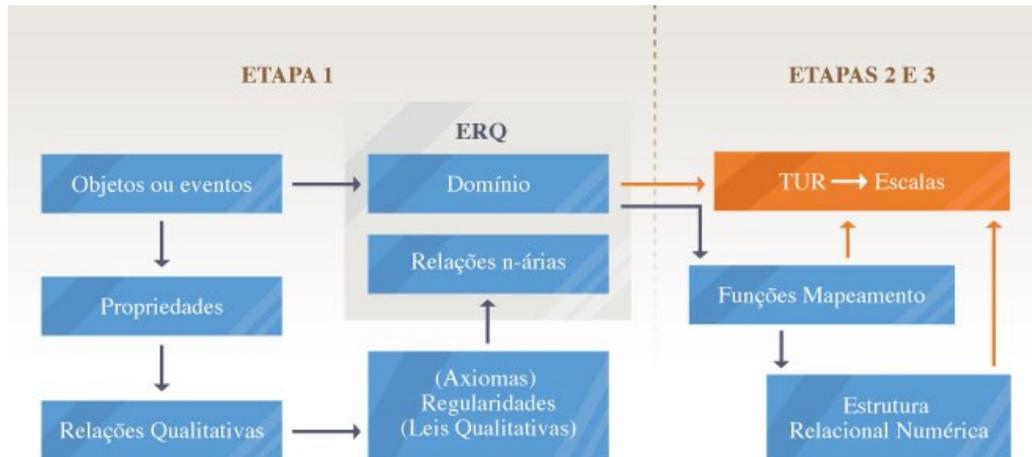
Por esse viés, o que conta como justificção para um processo de medição fundamental está no modo como as relações qualitativas são trabalhadas, de modo a vincular as valorações atribuídas com os elementos relevantes sobre o que está em alvo. Isso constitui o primeiro e determinante passo de um método para obter representações quantitativas, mas também para reconstruir e justificar as representações já existentes. Sobretudo, a proposta aponta um sentido de justificção nos termos de algo que garante que certas representações são objetivas através do critério do resultado ser suficientemente fiel ao alvo e, portanto, adequado. Assim, a objetividade-produto das medições pode ser pensada nos termos da representação que preserva as características relacionais dos seus alvos.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: SÍNTESE

Seguindo a história discutida por Díez (1997a, 1997b), a TRM reúne a abordagem iniciada por Helmholtz [1977] com a análise dos tipos de escalas de Stevens (1946), apresentando um método construtivo que argumenta em favor da realização de medições em sentido fundamental. Organizado em três etapas, o método resulta em uma ferramenta para atribuir representações quantitativas a elementos qualitativos e compreender os significados dessas representações. Em síntese, esses estágios consistem em caracterizar relações qualitativas através de uma ERQ, posicionar hipóteses sobre a preservação das relações da ERQ em ao menos uma ERN através de uma função mapeamento e provar um teorema de unicidade representacional.

Por um lado, o corpo teórico da TRM, seu legado positivo, consiste principalmente na análise da variedade em que as duas últimas etapas podem ser feitas, isto é, uma vasta coletânea de teoremas e características formais para diferentes ERQ. Por outro lado, o cerne das virtudes explicativas dessa ferramenta está no posicionamento de axiomas como condições suficientes e que devem espelhar regularidades empiricamente perceptíveis. Nesse sentido, a representação de regularidades interessantes através de axiomas é a base do processo. A Figura 3 ilustra uma síntese do esquema geral dessa abordagem (abreviando o teorema de unicidade representacional por “TUR”).

Figura 3. TRM: Síntese.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As medições fundamentais são procedimentos epistêmicos que estabelecem os significados dos valores atribuídos aos alvos, evitando aleatoriedades e círculos viciosos. Assim, a TRM oferece uma resposta tanto ao problema de fundamento, quanto ao problema de representação das medições, a saber: há algo não-trivial e não convencional que determina e justifica os valores obtidos em um processo de medição, as regularidades que são abreviadas na forma de axiomas. Nas palavras dos seus próprios expoentes:

Acabamos de enfatizar que as escalas numéricas de medição estão sujeitas a convenções arbitrárias. Existem transformações permissíveis, correspondentes a escolhas arbitrárias de unidade, e os próprios teoremas de representação e de unicidade dependem da escolha convencional de uma estrutura relacional numérica. O que é invariável e, portanto, não é uma questão de convenção, é a estrutura relacional empírica e suas propriedades empíricas, algumas das quais são formuladas como axiomas. Um conjunto de axiomas que levam aos teoremas de representação e de unicidade da medição fundamental pode ser considerado como um conjunto de leis empíricas qualitativas (isto é, não numéricas). (Krantz *et al.* 1971, p. 13).

Em suma, os axiomas de uma ERQ fornecem uma ponte entre âmbitos empíricos e matemáticos, determinando e eliminando o caráter puramente convencional dos processos de medição. Assim, há uma alternativa para pensar a objetividade-fidelidade, isto é, uma coleção de valores que forma uma representação suficientemente fiel ao objeto de estudo. Todavia, parte da literatura filosófica trabalha com o diagnóstico de que a TRM resulta em uma abordagem incompleta. Em especial, questiona-se o caráter empírico e epistemológico do vínculo entre as regularidades empíricas observáveis e a formulação dos axiomas de uma ERQ.

CAPÍTULO 4. ABSTRATA E INCOMPLETA

“Em parte, clareza de significado e simplicidade estão nos olhos do observador”.

*Krantz, Luce, Suppes e Tversky***

Alguns problemas têm sido apontados sobre o que é formulado pela proposta representacionista. Por um lado, os próprios expoentes da Teoria Representacional das Medições (TRM) levantaram desafios que permanecem em aberto.¹⁰⁵ Por outro lado, defensores de posições alternativas interpretam que o projeto avançado através das medições fundamentais não cumpre aos seus propósitos, ou as finalidades que uma teoria sobre as medições científicas deveria visar. Assim, ela é vista como uma abordagem incompleta. Em ambos os casos, o sucesso da aplicação do método axiomático e dos teoremas é respeitado. O que difere na recepção desses resultados são as explicações para esse sucesso. Parte da literatura recente sobre o assunto discute como fornecer complementos adequados a fim de utilizar seus resultados. Nesse panorama, se o escopo da TRM poderia ser ampliado, ou se deveria ser reduzido, são temas que questionam quais propósitos ela satisfaz e quais finalidades ela negligencia.

Para além disso, o entendimento de que a TRM é incompleta é corroborado pela interpretação de que a mesma possui pressupostos que são contrastados com teses consensuais na epistemologia da ciência atual. Por exemplo, há um conflito aparente entre o método das medições fundamentais e a tese de que não há observações sem pressuposições teóricas, sobretudo em contextos científicos. Esses conflitos são posicionados pelas críticas de que a TRM está muito distante da prática científica. Dentre essas, Batitsky (1998, 2000) argumenta que a abordagem representacionista toma por garantido uma relação não problemática entre

** *Foundations of Measurement* - Krantz *et al.* (1971, p. 25).

¹⁰⁵ Penso que esses problemas podem ser distinguidos em “interno” e “externos”. Uma lista de questões “internas” à TRM é oferecida por Luce e Narens (1994). Ao contrário dessas, as questões tratadas no texto a partir daqui são externas no sentido de que não são lacunas a serem preenchidas no programa da TRM, mas questões filosóficas que versam sobre os seus pressupostos.

as medições e a observação, afirmando que as medições fundamentais são uma espécie de mito do empirismo contemporâneo.¹⁰⁶

Mesmo diante da consideração de que a TRM seja incapaz de cumprir alguns propósitos, as suas virtudes deixam muitos legados. Por exemplo, Heilmann (2015) destaca que uma reinterpretação do corpo teórico fornecido pela TRM pode permanecer frutífera para a formação de conceitos quantitativos. Díez (1997b) pensa que o escopo da abordagem deve ser revisto, pois ultrapassou os limites de uma teoria da mensurabilidade. Com isso em vista, cumpre notar que há diferentes tipos problemas aqui. Por um lado, é necessário compreender o que exatamente a TRM é, o que ela propõe e de fato realiza; por outro lado, há desafios que derivam do que se espera que uma teoria epistemológica sobre as medições faça.

4.1 ESCOPO E NEGLIGÊNCIAS

Uma das virtudes da TRM consiste em fornecer uma espécie de ferramenta para construir representações numéricas adequadas em diversos casos, organizando esses casos em tipos através das características das escalas. As tentativas de ampliar esses casos podem ser vistas como atividades que preenchem lacunas na teoria através da aplicação da ferramenta. Como resultado, a TRM lega uma coleção de teoremas e características matemáticas derivadas para inúmeras estruturas relacionais qualitativas (ERQ). Todavia, é possível que a construção de medições fundamentais tenha um limite, isto é, que certas propriedades sejam mensuráveis apenas a partir de medições derivadas. Em vista disso, há ao menos duas perguntas importantes sobre as pretensões da abordagem. A saber: 1) se o escopo da aplicabilidade da ferramenta avançada pela TRM não é limitado de modo a não abarcar casos importantes; 2) se sua amplitude não é demasiado abrangente, incluindo casos que não são medições. Observando os seus desenvolvimentos, a resposta para ambas é negativa: nem tudo a que a TRM se dirige pode ser intuitivamente entendido como uma medição, tampouco todas as medições são tratáveis através dos mapeamentos da TRM.

Sobre esse último aspecto, Moulines e Sneed (1979, p. 80) argumentam que certos conceitos extrapolam tanto as pretensões, quanto a utilidade da TRM. Suppes (1979) responde a isso da seguinte maneira:

¹⁰⁶ O alvo das críticas de Batitsky (1998, 2000) não é apenas a TRM, mas os projetos empiristas como um todo, argumentando que esse “mito” remonta ao menos até Hume e é perpetuado pela TRM, por Carnap e por van Fraassen.

eu certamente concordo com Moulines e Sneed que não é apropriado buscar medições fundamentais para todas as grandezas físicas. Em *Foundations of Measurement* (1971a, pp. 539-544), nós damos uma tabela de mais de cinco páginas, listando as dimensões e unidades de grandezas-padrão da física [...] e não penso nem por um momento que uma teoria fundamental das medições dessa longa lista seja apropriada. Muitas das grandezas físicas certamente são tratadas nos termos das medições derivadas e eu também concordo que muitas outras sejam consideradas grandezas físicas teóricas que não estão sujeitas a medição direta. (Suppes, 1979, p. 207-208).¹⁰⁷

Em vista disso, mostrar quais propriedades são casos para as medições fundamentais, bem como em vista do que outras não são casos e/ou não precisam ser, consiste em um desafio para as pesquisas atuais sobre a abordagem representacionalista.¹⁰⁸

O outro lado da questão do escopo da teoria interroga se esse não é demasiado abrangente. A TRM avança uma caracterização atípica do que seja uma medição, afirmando que em seu contexto que uma medição pode ser entendida como a construção dos mapeamentos entre as estruturas. Em vista disso, questionar se o escopo da teoria inclui apenas casos de medição só faz sentido à luz de uma noção mais abrangente do que essas sejam. Como argumentado por Díez (1997b), dispomos de intuições comuns para avaliar algo como um procedimento de medida, havendo casos contraintuitivos abarcados pela TRM que acarretam no questionamento do que separa uma atividade de representar, das atividades de contar e de medir.

Uma ERQ pode ser composta por uma determinada relação R, cuja interpretação pretendida abrevia as regularidades dos resultados de um procedimento de comparação empírica que fornece uma ordem de grandeza para as magnitudes nos objetos observados, isto é, uma relação de “maior/menor ou semelhante que...”. Porém, nem sempre esse é o caso. Como colocado no Capítulo 1, pode-se supor que grandezas são propriedades cujas manifestações necessariamente admitem graus. Se isso estiver correto, alguns estudos da TRM não visam propriedades mensuráveis *strictu sensu*. Por exemplo, as escalas nominais – que haviam sido apresentadas por Stevens (1946) e permaneceram na TRM (cf. Suppes, 1998) – e os sistemas multidimensionais, explorados inicialmente em Suppes e Zinnes (1962).

Esses últimos receberam um tratamento mais profundo no capítulo 12 do volume dois de *Foundations of Measurement* (Suppes *et al.* 1989). Nesses casos, o mapeamento de um sistema qualitativo é construído em um sistema vetorial, resultando em uma representação

¹⁰⁷ Do meu ponto de vista, essa passagem deixa claro que a TRM não defende em uma postura fundamentalista da ciência, isto é, argumentar em favor das medições fundamentais não acarreta defender a existência de elementos primários, dos quais todos os outros são derivados e/ou aos quais todos os outros são redutíveis.

¹⁰⁸ Ambas questões receberam um tratamento inicial em Díez e Moulines (1999, cap. 6).

geométrica das relações qualitativas. A controvérsia sobre esse mapeamento ser uma medição é colocada em foco por Díez (1997b, p. 261-263). O autor argumenta que esses casos são tratados através do mesmo esquema geral da TRM: há certas condições que, se satisfeitas por uma estrutura qualitativa, provam-se teoremas que indicam que há uma representação adequada – um mapeamento – dessa em outra estrutura. Porém, os alvos desses mapeamentos não são propriedades interpretadas junto de uma relação de “maior que” entre os objetos. De modo similar, as escalas nominais são construções que permitem numerar (ou contar) objetos, em detrimento de suas coleções numéricas não preservarem ordem de grandeza, nem proporções, nem diferenças entre intervalos, etc. Nesse sentido, as escalas nominais não oferecem qualquer espécie de “preservação estrutural”, mas apenas uma indexação numérica, utilizados como nomes e indicando uma certa quantidade de objetos.

Como indicado no Capítulo 1, são as restrições para que algo seja considerado uma medição e uma propriedade mensurável que estão em jogo. Ilustrativamente, há ao menos quatro relações entre os atos de medir e de contar em vista de uma teoria da representação numérica.¹⁰⁹ Pode-se entender que contar é um caso especial em uma teoria da medição ou vice-versa; que medir e contar são objetos de estudo de teorias completamente diferentes ou, finalmente, que ambos são casos especiais de uma mesma teoria, que se encerra neles ou é ainda mais ampla: uma abordagem sobre a representação em geral. Nessa última via, encontramos a visão expressada por da Costa (1997, p. 55) apresentada na epígrafe do capítulo anterior: a medição, no sentido de uma quantificação teórica e não de um procedimento concreto, consiste na imposição de uma estrutura em um domínio de objetos – diferentes tipos de estruturas, através da TRM. Assim, uma medição é um caso especial de estruturação.

Mutatis Mutandis, Díez (1997b) analisa o caso das medições multidimensionais, expondo que os expoentes da TRM trabalham com uma ideia “extremamente ampla e, em minha opinião inapropriada, do que seja uma teoria da medição, pois eles parecem colocar todo tipo de representação quantitativa de sistemas empíricos na mesma sacola” (Díez, 1997b, p. 262). Certamente, desenvolver uma teoria geral da representação matemática é importante, além de trabalhoso. Mas não perder de vista uma base unívoca ao tratar-se os casos em que características mensuráveis estão em alvo é essencial para uma teoria que visa compreender as características singulares das medições. Na visão de Díez (1994), uma teoria da

¹⁰⁹ Para uma oposição entre abordagens em que existe uma continuidade entre o contar e o medir e abordagens em que não há essa continuidade, veja-se Snyder (2020).

mensurabilidade precisa estar restrita às propriedades mensuráveis, limitando o escopo da abordagem às estruturas que possuem necessariamente a relação \supseteq entre os objetos do seu domínio, pelo critério intuitivo supracitado. Em vista disso, emerge um problema sobre o que de fato é o objeto de estudo da TRM e o que deveria sê-lo. Ao final, ela melhor se encaixa nos termos de uma teoria geral da representação matemática.

Em “*The Theory-Net of Interval Measurement*”, Díez (1997c) argumenta que o projeto representacionalista deve ser entendido em vista do objetivo de resultar em uma teoria empírica.¹¹⁰ Ele sinaliza a importância desse horizonte apontando que certas mudanças investigativas, no decorrer da tradição representacionalista, foram motivadas por temas empíricos – enquanto estudos desprovidos de interpretação empírica *ab initio* são pontos fora da curva nessa história.

No meu entendimento, os objetos de estudos da TRM são *ipso facto* as propriedades formais das ERQ, resultando em um projeto autônomo, parcialmente desligado das teorias da mensurabilidade, cujo caráter empírico é secundário. Acompanhando a síntese de Finkelstein e Leaning (1984, p. 25), essa autonomia advém da constatação de que as estruturas investigadas pela teoria não são extensões relativas a uma ou outra área da ciência, com aplicabilidades pré-estabelecidas e bem determinadas. Pelo contrário, os mapeamentos avançam sobre uma série de estruturas que não possuem correlações empíricas e/ou conceituais pré-estabelecidas, não havendo restrições empíricas ou operacionais relevantes para excluir de antemão uma ERQ hipotética que pode ser mapeada.

Essas considerações indicam que as restrições das medições fundamentais na TRM não são empíricas, tampouco metodológicas em sentido operacional, mas formais: restritas aos esquemas que vinculam as estruturas qualitativas e quantitativas. Isso posto, o vínculo dos axiomas com os procedimentos empíricos atua em segundo plano. Constatar a primazia do aparato formal na proposta da TRM questiona o caráter (não) empírico do seu objeto de estudo. A pretensão de haver um conteúdo empiricamente significativo em uma ERQ está explícita, por exemplo na afirmação feita em Krantz *et al.* (1971, p. 13) sobre a possibilidade

¹¹⁰ Reivindicar uma abordagem adequada ao escopo de uma teoria sobre a mensurabilidade empírica é uma constante no pensamento de Díez. Em trabalho anterior, ele já destacava que “medir é atribuir a objetos números que expressam o 'grau' em que uma grandeza se manifesta em um objeto. Então, a teoria que estuda as condições empíricas que tornam possíveis a *medição* se ocupa exclusivamente de sistemas empíricos qualitativos que *expressam grandezas*. Podemos utilizar as palavras como quisermos, podemos chamar de 'Measurement Theory' uma teoria geral da representação, porém isso não muda o fato de que uma coisa é a representação de grandezas e outra a representação de outros sistemas qualitativos também empíricos, mas que não expressam grandezas” (Díez, 1994, p. 84, grifos do autor).

de entender os axiomas que conduzem as medições fundamentais como leis empíricas qualitativas.

Também em vista disso, a literatura atual oferece o diagnóstico de que a TRM é muito abstrata, isto é, está distante da prática científica.¹¹¹ Uma síntese é feita por Heilmann:

as críticas se concentram principalmente no fato de que a TRM avança uma concepção abstrata de medição, que não está tão intimamente ligada ao trabalho empírico quanto deveria: ela reduz a medição à representação, sem especificar o processo real de medir algo, e problemas como o erro na medição e a construção de instrumentos de medição confiáveis são ignorados [...]. A partir disso, pode-se concluir que alguns críticos consideram a TRM limitada para servir como uma teoria da medição. (2015, 790).

Nesse panorama, a TRM é interpretada em função do que uma teoria epistemológica sobre as medições deveria tratar e fornecer. Um dos principais problemas não abarcado pela TRM é a presença de erros e incertezas nos procedimentos de medida.¹¹² Essa ideia é reiteradamente levantada pelos próprios expoentes da teoria, por exemplo, na seguinte passagem:

esse processo de formalização de forma alguma esgota o problema das fundações. A *omissão mais importante é uma análise do erro na medição*. [...] Realizar uma avaliação empírica satisfatória de um sistema axiomático é um pouco mais difícil do que parece à primeira vista. [...] *O problema mais difundido é o erro* - não uma falha humana de um tipo ou outro, mas características inerentes à situação observacional que nos levam a deixar de observar exatamente o que queremos observar. [...] Obviamente, uma interação sutil é obtida entre as observações, a teoria e as observações refinadas, nas quais a teoria é tanto testada, quanto usada de maneira normativa para definir a existência e a natureza do erro. Provavelmente não é possível formular atualmente as condições exatas gerais que nos levam a atribuir uma discrepância entre teoria e observação ao erro, e não a uma inadequação da teoria. À medida que explicitas teorias sobre os erros são desenvolvidas para acompanhar as teorias da medição, deve ser mais fácil tornar mais rotineiras essas decisões. Atualmente, no entanto, poucas teorias sobre os erros existem. (Krantz *et al.* 1971, p. 13 – 27, grifo meu).

Para além dessa negligência, a abordagem é vista como muito abstrata no sentido de supor que é possível identificar experimentalmente as relações entre uma ERQ e o que está em alvo.

¹¹¹ Veja-se, por exemplo, Batitsky (1998, 2000); Frigerio, Giordani e Mari (2010) e Tal (2013).

¹¹² Cumpre notar que no segundo volume de *Foundations of Measurement* (Suppes *et al.* 1989), o tema do “erro” aparece, mas não em sentido metrológico: “ao invés dos erros na representação propriamente dita, eles lidam com as várias possibilidades representacionais para os sistemas em que alguma condição central dos casos padrão falham” (Díez, 1997b, p. 261). Dentre as críticas à TRM, Kyburg (1984) argumenta que ela é incapaz de fornecer um tratamento adequado para o fenômeno do erro, reformulando a abordagem para distinguir entre asserções em níveis observacionais e idealizados. Uma ênfase na necessidade dessa distinção também é colocada no trabalho de Frigerio, Giordani e Mari (2010). Finalmente, nos trabalhos de Tal (2012, 2019) os erros, sobretudo os sistemáticos, recebem uma atenção especial. De acordo com ele: “erros sistemáticos são uma ferramenta conceitual central na coordenação entre teorias e medições. Erros sistemáticos constituem a ‘cola’ conceitual que permite cientistas modelarem diferentes instrumentos nos termos de uma mesma grandeza [...] o conceito de erro sistemático é pelo menos pelo menos tão epistemologicamente rico e digno de atenção filosófica quanto o conceito de grandeza” (Tal, 2019, p. 877).

Michell considera que “um representacionalismo que enfatiza a representação numérica das relações empíricas entre objetos parece funcionar apenas se, em primeiro lugar, as relações empíricas interessantes puderem ser experimentalmente identificadas” (1999, p. 138). Retomando o esclarecimento de Luce (1979), os axiomas de uma ERQ são a ponte entre os aspectos empíricos e essa estrutura, bem como as condições suficientes que permitem provar a adequação formal dos mapeamentos. Nesse sentido, se esses axiomas fracassam no estabelecimento dessa ponte, o corpo teórico da TRM reside sumariamente em uma coleção de fórmulas abstratas e teoremas derivados a partir de hipóteses. Face a isso, Batitsky (1998, 2000) argumenta que o distanciamento entre as características axiomáticas das relações estruturais e o que ocorre na prática operacional acarreta na falta de justificação empírica das medições fundamentais.

4.2 O MITO DO EMPIRISMO CONTEMPORÂNEO

A pretensão de estabelecer condições empíricas para os sentidos objetivos em que se pode utilizar conceitos científicos de modo quantitativo é uma marca da abordagem representacionalista desde Helmholtz [1887]. Esses componentes são posicionados através das relações qualitativas observáveis. Quando o propósito representacionalista é maturado pela TRM, as regularidades empíricas que supostamente justificam esse tratamento quantitativo são abreviadas através de axiomas de uma ERQ, cuja coleção figura como condição suficiente para haver um mapeamento dessa em uma ERN. Estabelecer essas condições é a tarefa de uma primeira etapa das medições fundamentais, na qual se formula uma ERQ que deve representar certas características interessantes dos alvos das medições. Se os axiomas não constituem conteúdos vinculados a elementos empíricos, perde-se a conexão entre os alvos da medição e os mapeamentos obtidos pela TRM. Um raciocínio similar a esse é realizado por Batitsky (1998), concluindo que esses axiomas são muito idealizados e, em vista disso, não podem ser vinculados com relações qualitativas observáveis. Não havendo justificativa para esse vínculo, o autor afirma que o próprio método das medições fundamentais é uma espécie de mito.¹¹³

¹¹³ Nas palavras dele: “entretanto, penso que a suposição de que algumas medições científicas são fundamentais (no sentido descrito anteriormente) nada mais é do que um antigo mito empirista, persistente e falso sobre o *status* epistemológico e metodológico da medição na ciência – o mito cujas origens podem ser rastreadas ao menos até o Tratado de Hume” (Batitsky, 1998, p. 55).

Batitsky (1998) argumenta que uma visão empirista da ciência geralmente atribui à observação os papéis de verificação e justificação. Porém, a conexão entre os aspectos teóricos e os elementos empíricos em contextos científicos é fornecida pelas medições.¹¹⁴ Há um paradoxo: medições fundamentais cumprem o propósito de fornecer representações quantitativas apenas através de elementos qualitativos e observáveis; ao mesmo tempo, as condições estabelecidas para a construção de uma medição fundamental são idealizações, ao invés de relatos observacionais.

Em parte, estão em alvo as duas dificuldades metodológicas sobre o caráter empírico de um sistema de qualidades extensivas (SQE) colocadas no próprio artigo de Suppes (1951).¹¹⁵ A primeira, que o axioma do fechamento para a operação de concatenação parece exigir que o domínio da estrutura seja composto por uma coleção infinita de objetos. A segunda dificuldade consiste na exigência da relação \triangleright condicionar e/ou estar condicionada pela sensibilidade dos instrumentos concretos de medida. Esses desafios metodológicos permaneceram no que foi desenvolvido posteriormente pela TRM e são explorados no argumento de Batitsky (1998).¹¹⁶

A análise de Batitsky (1998) toma o caso de uma ERQ formulada em vista da grandeza do comprimento, como a estrutura $E^2 = \langle D^2, *, \triangleright \rangle$ do Exemplo 2, apresentada no capítulo anterior. O autor investiga em que sentido uma coleção de axiomas, como os (C1) – (C5) do Exemplo 2, são condições suficientes e empíricas para uma representação quantitativa dessa estrutura. O problema está naquilo que supostamente torna as relações $*$ e \triangleright interpretações de elementos qualitativos, empíricos e observacionais. Iniciando pela operação de concatenação $*$, a TRM afirma que ela deve satisfazer o axioma do fechamento.¹¹⁷ Para que esse seja o caso, o domínio D^2 deve possuir uma coleção infinita de elementos – como

¹¹⁴ Como ele afirma: “por que as interpretações empiristas das teorias das relações mundanas [...] enfatizaram o conceito de observação em detrimento da medição [...] a resposta, penso, é que os empiristas simplesmente tomam como garantido que uma classe bem compreendida de medidas científicas - muitas vezes chamada de ‘fundamental’ - produzem representações numéricas de atributos físicos que nada mais são do que um atalho conveniente (e em princípio dispensável) para as manipulações adicionais dos fenômenos observáveis. E como todas as outras medições, muitas vezes chamadas de ‘derivadas’, são interpretadas como, em última análise, ligadas ao mundo observável por meio das medições fundamentais, isso permite que os empiristas tomem a relação entre medição e observação como epistemicamente não problemática e baseiam seus relatos da relação teoria-mundo em um conceito muito menos técnico de observação” (Batitsky, 1998, p. 53-54).

¹¹⁵ O que está discutido aqui é um resumo de algumas conclusões de um trabalho mais completo – qual está em desenvolvimento através de uma série de artigos – sobre o caráter representativo e os sentidos em que vários axiomas (de diferentes ERQs) podem (não) ser “leis qualitativas” (dias científicas e/ou da natureza); sobre a sua empiricidade e as funções representativas que (não) podem desempenhar em diferentes teorias na filosofia da ciência. Os casos analisados aqui apenas antecipam algumas conclusões desses estudos.

¹¹⁶ Uma discussão similar é feita por Hempel (1952, p. 66-69).

¹¹⁷ Para evitar a repetição ao longo do texto e auxiliar o seu acompanhamento, retomo nas notas de rodapé os axiomas do capítulo anterior aqui mencionados. Fechamento: $x * y$ pertencem a D^2 (C5).

havia sido afirmado por Suppes (1951) – uma condição desprovida de sentido empírico. Ou ainda, desprovida de uma justificação que seja ao mesmo tempo empirista e comprometida com a existência de uma coleção infinita de objetos.¹¹⁸

Analisando os axiomas para relação \supseteq , Batitsky (1998) afirma que interpretá-la como uma relação qualitativa e empírica é impossível.¹¹⁹ Como dito por Suppes (1951), o axioma da transitividade parece exigir uma sensibilidade perfeita dos procedimentos operacionais.¹²⁰ Assim, os trabalhos de Batitsky (1998, 2000) concluem que não é possível justificar que uma ERQ represente elementos empíricos e qualitativos, dado o caráter idealizado dos axiomas que caracterizam suas relações.¹²¹

Mais do que uma ênfase no caráter demasiado abstrato da abordagem fomentada pela TRM, o trabalho de Batitsky (1998) defende a impossibilidade de haver um fundamento empirista para as medições científicas.¹²² Ou seja, a ideia de que certos conceitos são quantitativamente tratáveis por conta de uma semelhança estrutural não pode ser justificada apenas em virtude de uma base perceptual e qualitativa. Frente a isso, ele defende que apenas uma visão “minimamente realista” desses procedimentos fornece essa justificação, isto é, comprometida com a asserção de que as grandezas possuem certas estruturas à parte do que identificamos experimentalmente. De acordo com ele:

[a] nossa aceitação de uma teoria científica quantitativa, mesmo quando construída envolvendo apenas a crença na concordância dessa teoria com todos os resultados das medições, acarreta um compromisso realista inevitável: o compromisso com a adequação de nossas representações numéricas dos atributos físicos básicos. Esse compromisso é o que chamei anteriormente de *princípio do realismo mínimo*. E o que espero emergir da discussão anterior é que a natureza quantitativa de tantas teorias científicas exige que esse princípio seja incorporado ao fundamento de uma interpretação adequada das relações teoria-mundo. (Batitsky, 1998, p. 68, grifos do autor).

¹¹⁸ Batitsky (1998) afirma ainda que essas estruturas pressupõem que para qualquer objeto x pertencente a um domínio D , deve existir nesse domínio um objeto y que corresponde a operação “ $x * x$ ”; o que compromete a abordagem também com a existência de uma coleção de réplicas dos objetos.

¹¹⁹ Além do axioma da \supseteq - transitividade, o autor também analisa o axioma da arquimedianidade – similar ao (A7) fornecido para o SQE de Suppes (1951).

¹²⁰ Isto é: se $x \supseteq y$ e $y \supseteq z$, então $x \supseteq z$ (C1).

¹²¹ Nas palavras do autor: “nossa representação numérica aceita do comprimento não pode ser substituída por (reduzida às) relações e operações qualitativas – o que expõe a noção de medição fundamental como um mito empirista: o mito cujo único trabalho é desempenhar o papel da medição ao vincular, de modo não problemático para os empiristas, as teorias quantitativas ao mundo observável” (Batitsky, 1998, p. 64).

¹²² Em um dos seus argumentos, Batitsky (1998) chega a mencionar que uma das alternativas de salvar a visão empirista desses métodos decai no problema de coordenação, embora o autor não utilize esse termo. De acordo com ele, existe a alternativa de recorrer a uma semântica modal das *grandezas* como componente auxiliar para interpretar as estruturas qualitativas, porém essa estratégia “obviamente, faria todo o empreendimento de justificar a noção de medição fundamental inaceitavelmente circular” (Batitsky, 1998, p. 63).

Cumpra notar que Batitsky (1998) não argumenta contra o corpo teórico dos mapeamentos TRM, mas sim sobre como um viés empirista não suporta o sucesso dessas construções. Dessa forma, o trabalho de Batitsky (1998) parece reivindicar que a TRM é um constructo teórico que precisa ser complementado por uma abordagem filosófica diferente. A TRM isolada é vista como uma teoria incompleta, cujos resultados formais podem ser uma parte significativa em um projeto filosófico mais amplo, ao que o autor certamente refinaria: realista!¹²³

4.3 AXIOMAS (NÃO) REPRESENTATIVOS

As críticas à TRM discutidas até aqui não afirmam a incorreção dos mapeamentos - embora Díez (1994) considere que alguns desses estejam para além de uma teoria estrita sobre a mensurabilidade. A TRM afirma que os axiomas de uma ERQ representam relações qualitativas observáveis. Batitsky (1998, 2000) argumenta que o alvo representativo de uma ERQ não pode ser esse, sugerindo um viés realista sobre esses alvos. Embora a exigência de certos complementos explicativos empurre a abordagem representacionista em direção a uma postura filosófica mais ampla, não parece necessário que ela atravesse esse portal metafísico. Uma primeira possibilidade aparece através dos argumentos de Díez (1994) sobre a TRM ser parte de um projeto teórico sobre as condições empíricas da mensurabilidade, a qual ultrapassou certas fronteiras que devem ser reajustadas em vista da empiricidade da teoria resultante. Para isso, o autor apresenta uma continuidade nos estudos sobre a mensurabilidade junto de uma visão estruturalista das teorias científicas. Nesse sentido, o caráter incompleto da TRM é endossado em relação ao propósito de ser uma teoria sobre medições de conceitos científicos.¹²⁴

Outra alternativa advém de Heilmann (2015). Ao invés de criticar a parte da TRM que ultrapassa uma suposta demarcação empírica, Heilmann (2015) explora esse aspecto não empírico. O autor avança a interpretação de que a TRM é uma biblioteca de teoremas, os

¹²³ Essa reivindicação é feita por diversas posturas realistas sobre as medições, por exemplo em Swoyer (1987), Mundy (1987), Berka (1992) e Michell (2005).

¹²⁴ Esse ponto é didaticamente esclarecido por Díez e Moulines: “na medição direta medimos alguma grandeza, porém por que é a mesma grandeza que aparece como função matemática nos modelos de uma certa teoria quantitativa? Isso indica que nossa análise da medição direta é incompleta. Temos caracterizado os procedimentos e métodos de medição direta em geral, porém não os procedimentos e métodos de ‘medição direta da grandeza G’. Para isso é necessário tornar explícito o vínculo entre certos procedimentos de medição direta e a teoria quantitativa [...] que o sistema qualitativo que constitui o procedimento de medição direta satisfaça as leis dessa teoria, é um de seus modelos. Intuitivamente: o que medimos com a balança é a massa da Mecânica porque a balança satisfaz as leis mecânicas, é um modelo dessa teoria” (1999, p. 216).

quais são úteis para investigar problemas vinculados com a formação de conceitos em diversas disciplinas científicas. Assim, o alvo de uma ERQ não são propriedades reais, tampouco relações empíricas-qualitativas, mas quaisquer relações qualitativas – em especial, relações conceituais.

Finalmente, há um caminho para atualizar a TRM em vista da negligência sobre os aspectos práticos e operacionais que torna uma ERQ muito idealizada, afirmando uma relação representativa sobre os sistemas de medição, isto é, que deve ser reconstruída em conformidade com estudos sobre os instrumentos concretos de medida. Com base na constatação de van Fraassen (2008) sobre a existência de dois níveis envolvidos na medição, Frigerio, Giordani e Mari (2010) argumentam que a TRM é demasiado abstrata por não considerar o âmbito empírico-operacional desses processos, o qual deve ser acrescentado à ela. Assim, ao invés de supor que há relações não problemáticas entre os axiomas de uma ERQ e certas relações observáveis, deve-se explorar essa conexão em vista da prática científica (sobretudo da etapa de modelagem dos procedimentos de medida).

Isso posto, há múltiplas alternativas para repensar a abordagem representacionalista, as quais dialogam com as discussões sobre os conceitos de “representação”, “leis”, “teoria”, “modelo”, “causação”, “objetividade”, dentre outros. A articulação de um conceito de “representação” adequado aos mapeamentos, em vista dos propósitos de uma epistemologia sobre medições, é um tema unilateral. O recurso construtivo de homomorfismos entre estruturas, se exclusivo, parece demasiado restritivo em vista da riqueza das ferramentas representativas empregadas na ciência (cf. Boumans, 2016), o que pode ser apontado para qualquer reinterpretação da TRM que não atente para isso.

Por outro lado, há questões vinculadas às especificidades de cada alternativa. Iniciando pela proposta de Batitsky (1998, 2000), se a fraqueza do projeto empirista desenvolvido pela TRM está em postular que há uma relação não problemática entre uma estrutura e a natureza, cabe questionar como uma saída realista não substitui isso por outro postulado *simpliciter*: que há uma relação não problemática entre as estruturas e as propriedades ditas “reais”. Por uma via ou por outra, alguns tipos de erros e incertezas presentes nas medições possuem um caráter experimental, os quais, a princípio, permanecem carentes de explicação.

Para além disso, a proposta de Batitsky (1998, 2000) é construída a partir da crítica de que os axiomas de uma ERQ não podem “espelhar” qualidades empíricas, isto é, não

representam características observáveis. Ao afirmar que uma ERQ não aponta para as relações qualitativas por conta do caráter idealizado dos axiomas, isto é, por não capturarem as sutilezas do domínio material, Batitsky (1998, 2000) avança uma concepção de representação que parece ser sinônimo de retrato perfeito. Nas palavras dele: “nem nossos sentidos, nem nossos instrumentos físicos possuem as capacidades de discriminação ‘matematicamente perfeita’ (ilimitada) para fornecer a essas relações [...] uma transitividade ‘matematicamente perfeita’[...]” (Batitsky, 2000, p. 106). O tema, mais uma vez, é o tipo de conexão representativa que pode e deve haver entre os axiomas qualitativos e o mundo. Sobre isso, vale a pena lembrar da célebre reflexão de Einstein (2005 [1921]) sobre a relação entre a geometria e a experiência. Parafraseando sua síntese inicial, se uma representação é exata, ela não se aplica ao mundo; ao passo que se visa representar algo mundano, ela já não poderá ser exata.

Do meu ponto de vista, isso se aplica à ideia de que a transitividade das relações qualitativas requer uma sensibilidade perfeita para serem representadas pelos axiomas de uma ERQ. A não ser que uma ERQ possua o propósito explícito de ser um modelo para expressar a incerteza das medições, isso não parece necessário. Afirmer que os axiomas “espelham” o mundo se, e somente se, eles forem uma representação não idealizada envolve uma concepção forte do que sejam essas representações. Afinal, em virtude de qual noção de “representação” pode-se dizer que “deveria parecer terrivelmente implausível que nossas interações qualitativas finitas, ‘imperfeitas’ e ‘imprecisas’ [...] incorporem uma estrutura suficiente para espelhar estruturas infinitas, ‘perfeitas’ e ‘precisas’” (Batitsky, 2000, p. 101)? A pergunta correta é: a concepção de representação que está sendo exigida é adequada a esse contexto? Desde uma perspectiva pragmática, isto é, tendo em conta as funções que os axiomas desempenham nos mapeamentos da TRM, considero que não.¹²⁵ Porém, é preciso ponderar que há ao menos dois tipos de axiomas que decorrem das funções que eles desempenham nos mapeamentos.

Observando por quais motivos uma ERQ possui relações governadas por uma certa coleção de axiomas ao invés de outros, o papel que esses desempenham enquanto condições necessárias e/ou suficientes advêm, ao menos parcialmente, de considerações formais. Nesse sentido, a justificativa para a inclusão de certos axiomas, como o axioma do fechamento, deriva desse ser uma condição necessária para que uma coleção finita de fórmulas seja

¹²⁵ Discutida na próxima parte, uma perspectiva pragmática das representações científicas também é avançada por van Fraassen (2008), afirmando que elas são guiadas por suas utilidades, com certa seleção e distorção desde a sua formulação em vista de propósitos particulares.

suficiente para provar a adequação formal de uma escala. Como os autores da TRM afirmam: “‘necessário’ aqui significa necessidade matemática, não prática. Um axioma é necessário se é uma consequência da existência do homomorfismo que estamos tentando estabelecer” (Krantz *et al.* 1971, p. 22). O caráter empírico desse tipo de axioma é acertadamente questionado pela literatura, uma vez que isso parece ser afirmado pela abordagem, inclusive sendo uma questão apontada no artigo Suppes (1951). Porém, cumpre questionar: em virtude do que esse tipo de fórmula deveria possuir uma contraparte empírica em primeiro lugar?¹²⁶

A exigência de que todos os axiomas sejam abstrações de operações empíricas parece buscar uma concepção de medição na qual todas as restrições para o próprio conceito são operacionais. Uma vez considerado que, para o sucesso de uma ferramenta que vincula elementos matemáticos e empíricos, certas condições podem e devem advir da empiria, enquanto outras condições podem advir do próprio *framework* utilizado, esse problema *prima facie* é dissolvido. Nesse sentido, pode-se distinguir entre axiomas que, nos termos de Krantz *et al.* (1971), são leis empíricas qualitativas, daqueles axiomas com funções manipulativas no próprio *framework*. A escolha e utilização desses últimos não deriva de regularidades empíricas observáveis, mas de virtudes sobre as ferramentas utilizadas, como o fornecimento de uma simplicidade operacional. Colocada essa perspectiva, penso que é especialmente a esse tipo de axioma que os autores se referem quando afirmam que “não possuímos regras para selecionar a coleção correta de axiomas necessários; em geral, é um tema de tentativa e erro, ou de *insight*” (Krantz *et al.* 1971, p. 22). Do meu ponto de vista, é preciso ter cautela para não se exigir que as abordagens sobre a aplicabilidade do conhecimento matemático ao mundo não sejam constituídas, também, por condicionamentos matemáticos.

Por outro lado, as relações de uma ERQ são empiricamente significativas se, e somente se, ao menos alguns axiomas refletirem regularidades perceptíveis. Assim, é sobre

¹²⁶ Essa ideia é exposta por vários autores. Por exemplo, van Fraassen (2008) afirma que muitos componentes dos modelos científicos não correspondem a qualquer recurso empírico; servindo aos objetivos de representar as relações qualitativas apenas indiretamente. Meu contraponto geral ao que é levantado por Batitsky (1998) é inspirado nessa ideia, mas pode ser aprofundado em função de outras abordagens sobre as características das representações científicas. Para ser breve, menciono três dessas. Primeiro, pode-se pensar que as ERQs são “modelos analógicos” no sentido de Hesse (*apud* Dutra, 2017, p. 150) e, assim como a autora, salientar aspectos positivos, negativos e neutros das analogias. Também soa acertado distinguir entre elementos exatos e coexatos nos axiomas das estruturas qualitativas, em sentido similar ao feito por Manders (2008). Finalmente, através do trabalho de Cartwright, pode-se pensar ainda que certos aspectos são introduzidos por conveniência. Nas palavras dela: “um modelo é uma obra de ficção. Algumas propriedades atribuídas aos objetos do modelo vão ser propriedades genuínas dos objetos modelados, mas outras vão ser apenas propriedades de conveniência. [...] algumas das propriedades e relações em um modelo vão ser propriedades reais, no sentido de que outros objetos, em outras situações, podem genuinamente as possuir. Mas elas são introduzidas no modelo como algo conveniente, para trazer os objetos modelados para o domínio de uma teoria matemática” (1983, p. 152-3).

essa exigência que os expoentes da TRM afirmam ser interessante que certos axiomas possuam “um significado direto e facilmente compreensível nos termos de operações empíricas, tão simples que sejam ou evidentemente empiricamente verdadeiros em termos intuitivos, ou seja evidente como testá-los sistematicamente” (Krantz *et al.* 1971, p. 25). É em relação a esses tipos, então, que há uma pretensão de representar algo no mundo, figurar como lei empírica, ou ser uma descrição fiel e objetiva. Sobre essa última, como diz Putnam: está na “hora de pararmos de equiparar objetividade com descrição” (2002, p. 33). Acrescento o alerta feito por Cartwright e Montuschi: a questão primordial sobre a objetividade das representações científicas “consiste em como representamos o mundo na ciência, o que e quanto dele, ao invés de uma preocupação infrutífera sobre se ele corresponde exatamente às maneiras com as quais o representamos” (2014, p. 6). Se essas representações podem ser objetivas e adequadas ao mesmo tempo em que são abstrações, então boa parte do problema se dissolve, ou melhor, origina novas questões.¹²⁷

A distinção entre as funções que diferentes tipos de axiomas desempenham esclarece um dos sentidos em que se pode exigir que o tratamento da TRM não seja demasiado abstrato: mostrando que o caráter empírico de certos axiomas (não) é tão evidente quanto os autores supõem. Porém, o estatuto abstrato e idealizado desses axiomas em uma ERQ não é um problema *per se*. Afinal, na TRM esse caráter é proposital: é justamente no sentido de serem idealizações e simplificações que certos axiomas podem ser vistos como leis empíricas qualitativas. O problema está, portanto, em não haver um tratamento explícito sobre de onde surgem essas leis e o que garante a sua empiricidade. Na falta disso, a teoria não versa sobre a aplicabilidade do conhecimento matemático ao mundo, mas sim sobre a aplicabilidade de relações quantitativas a qualquer coleção de informações qualitativas formuladas em uma estrutura – o que por si só apresenta resultados no mínimo louváveis.

No meu entendimento, a crítica ao caráter idealizado desses axiomas precisa atentar para se o caráter geral de algumas leis científicas é adequado ou não nesse contexto. Seguindo Cartwright (1983), ao passo que são explicativas, faz parte dessas serem abstrações; a sua imprecisão é um aspecto constitutivo dessa generalidade. Sem entrar na discussão sobre o caráter “mentiroso” dessas leis que é feita pela autora, destaco que a generalidade, a abstração e a distorção são características vinculadas com a utilidade das representações que tangenciam a exigência de uma perfeita *mimesis*. Vale a pena retomar o pequeno conto de Borges (1983),

¹²⁷ Parte dessas questões versam sobre como o trabalho com essas representações, ou a modelagem, é capaz de fechar uma lacuna sobre quais são e como funcionam os critérios para a validade nesses contextos.

“Sobre o rigor na ciência”, no qual a arte da cartografia alcançou tamanha perfeição que um único mapa ocupava uma cidade inteira, coincidindo ponto por ponto. Não obstante, o famigerado mapa de proporções gigantescas foi considerado inútil pelas gerações seguintes. De modo similar, uma ERQ só é adequadamente representativa em vista de um propósito, cujas sensibilidades devem ser avaliadas como precisas o suficiente para ser útil nesse ou naquele contexto. A questão não é, portanto, que inexistente uma relação adequada em vista de abstrações e elementos adicionais, mas sim como as próprias abstrações e demais características indicam os critérios para se considerar o vínculo adequado.

Ser uma boa representação significa ser uma representação com certas virtudes em função de certas utilidades. Um mapa com proporções distorcidas pode permanecer uma representação útil para sabermos quais países representados mantêm relações de vizinhança. Bem como o que é obtido por um teorema de unicidade representacional que é provado em vista de uma ERQ, com axiomas que respondem por uma sensibilidade não exata nas relações em alvo, permanece útil, válido e com enorme valor pedagógico na compreensão do significado de números atribuídos em função do tipo de escala resultante. Isso não significa, contudo, que o efetuado pela TRM pode ser considerado uma teoria epistemológica completa sobre a mensurabilidade de conceitos científicos, ou sobre as medições na ciência.

Penso que quando as críticas à TRM, como as de Batitsky (1998, 2000), reivindicam que uma ERQ parece requerer uma transitividade perfeita na relação comparativa entre os alvos, essas solicitam efetivamente um complemento sobre certas incertezas das medições. As incertezas, porém, só aparecem junto dos resultados das medições e a TRM *de facto* não versa sobre isso. Se a visão realista sugerida por Batitsky (1998) tem a pretensão de reposicionar a questão da maneira correta, penso que isso não pode ser feito sem que estudos sobre essas questões operacionais sejam incluídos na investigação. Similar ao argumentado por van Fraassen (2008, p. 137-138), a afirmação isolada de que uma determinada estrutura se relaciona, para além de qualquer aparência, com algo independente dos procedimentos de medida, assume justamente o que precisa ser demonstrado. Aqui, uma solução aponta para um suposto âmbito “real” de propriedades independentes dos procedimentos de medida do qual nos aproximamos; outra resposta pode reivindicar um olhar mais atento sobre a modelagem e as sensibilidades dos procedimentos de medida.

4.4 FERRAMENTAS CONCEITUAIS

Há dois tipos de funções para os axiomas em uma ERQ. Ser útil em vista das características próprias da ferramenta. Ser representativamente adequado em vista do alvo de aplicação. Os que advêm da própria ferramenta não precisam ter vínculos explícitos com o objeto de estudo; os que têm não precisam representar perfeitamente todas as características em alvo, mas apenas suficiente em vista dos propósitos visados, podendo ser revistos em função da sensibilidade requerida em diferentes contextos. Dizer que os primeiros são partes constitutivas inadequadas para que a ERQ seja considerada uma boa uma representação é similar a afirmar que uma música sobre a segunda guerra não a representa porque possui ritmo – o que a guerra não tem; ou que um filme não a representa porque desrespeitou a linearidade dos acontecimentos retratos. Afirmar que o segundo tipo de axioma é parte inadequada para que a ERQ “espelhe” o alvo, pois as fórmulas são matematicamente perfeitas e precisas enquanto o mundo é imperfeito e impreciso, é similar a requisitar o infrutífero gigantismo do mapa para considerá-lo uma boa representação de algo.

Isso não significa que os axiomas de uma ERQ estejam isentos de satisfazer certos critérios representativos, tampouco que já os cumpram. Se esses axiomas são idealizações inferidas do que *de facto* observamos, essas inferências precisam ser justificadas. Se são coleções suficientes para uma adequação representacional, nos termos de um fundamento teórico, o *status* (não) empírico dessas condições precisa ser esclarecido em vista dessa suposta fundação. Assim, alternativas aqui passam por mostrar como certas regularidades podem ser inferidas através dos procedimentos, inclusive vinculando os axiomas com a discussão sobre as leis da natureza, a modelagem, as hipóteses metodológicas e os contrafactuais.¹²⁸ Por outro lado, as relações qualitativas podem ser informadas pelas próprias teorias sobre a grandeza em alvo, investigando essas fórmulas junto do processo de formação de conceitos científicos. Essa última alternativa foi levantada por Heilmann (2015). De acordo com ele, os resultados obtidos pelos expoentes representacionalistas não formam uma teoria sobre medições em sentido estrito, mas fornecem casos em que uma ferramenta conecta dados qualitativos com dados quantitativos com sucesso. Por esse viés, a TRM consiste essencialmente na aplicação de um método para tornar certos conceitos quantitativamente tratáveis, resultando em uma série de teoremas locais que respondem a uma mesma estratégia

¹²⁸ Uma dessas aproximações é efetuada na proposta de Mets (2012), a qual vincula a TRM com as discussões sobre as leis científicas e a modelagem através das máquinas nomológicas de Cartwright (1999).

geral. Nesse sentido, se há algo que possa ser dito como sendo o corpo teórico da TRM, esse algo é imprescindivelmente essa coletânea de teoremas.

Ao invés de relações empíricas e observáveis, Heilman (2015) argumenta que uma ERQ é utilmente formulada em vista de relações conceituais previamente estabelecidas por uma teoria científica. Em decorrência, ele considera que: “a TRM não é mais vista como uma candidata a uma teoria completa sobre as medições, mas como uma ferramenta que pode ser utilizada na discussão sobre a formação de conceitos” (Heilmann, 2015, p. 788). Dessa forma, as críticas ao caráter não empírico e incompleto da TRM são absorvidas, mas a sua utilidade é preservada. Por consequência, o seu escopo é ampliado.¹²⁹ Para além de relações empíricas, os teoremas da TRM podem ser aplicados para “representar numericamente qualquer tipo de relação qualitativa entre qualquer tipo de objeto [...] esses objetos podem incluir alguns altamente idealizados ou hipotéticos” (Heilmann, 2015, p. 788).

Porém, o viés colocado por Heilmann (2015) descaracteriza completamente qualquer condição de mensurabilidade empírica, rompendo com os propósitos empiristas tradicionais das abordagens representacionistas. Ele mantém, contudo, a ideia de que a TRM não é parte de uma teoria científica específica, podendo ser utilizada por diferentes disciplinas. Assim, ela pode ser considerada uma ferramenta metateórica que preserva uma mesma estratégia geral: localizar as relações qualitativas em alvo e, uma vez feito isso, aplicar as etapas para gerar um mapeamento e obter uma representação quantitativa adequada e significativa. Ao mesmo tempo, a inclusão de contrafactuais e hipóteses mantém a autonomia formal dos estudos realizados pelos expoentes da abordagem.

Díez (1994), por outro lado, considera que a falta de caráter empírico distancia a TRM de uma teoria sobre a mensurabilidade. Na abordagem avançada por ele (cf. Díez, 1993, p. 88), para que uma teoria sobre a mensurabilidade forneça um esquema que possa ser aplicável a um conceito científico, precisa haver uma relação coerente entre ambas – da teoria da mensuração que fornece estruturas relacionais e daquela teoria científica ao qual o conceito mensurável em alvo pertence. Sobre isso, vale retomar o comentário de Da costa:

a axiomatização de uma teoria T, seja do prisma local, global ou estrutural, não dá conta das conexões de T com o contorno, com a experiência. Porém, o estudo de tais conexões não pertence propriamente à axiomatização em sentido estrito e deve ser

¹²⁹ Heilmann (2015) destaca que a interpretação proposta não é incompatível com as tentativas de argumentar que a TRM possa ser uma abordagem “completa” sobre as medições científicas, embora seja independente dessas.

analisada em separado (separar para vencer, segundo a máxima de César). (1997, p. 75).

Nesse sentido, a teoria da mensurabilidade poderia cumprir esse papel de fornecer um contorno com a experiência, informando certas condições suficientes para haver uma medição fundamental de um termo de uma teoria, isto é, uma semântica para conceitos mensuráveis (cf. Díez, 1993, p. 88-90).

Por um lado, ou por outro, são maneiras separadas da TRM vencer, usando as palavras de Da Costa. Isso porque a aplicação dos mapeamentos é um tema discutido pelos seus expoentes, versando justamente sobre o futuro frutífero da TRM. Em trabalho mais recente, Luce e Suppes (2002) discutem a utilidade da TRM enquanto uma teoria sobre relações empíricas e qualitativas, mas a desenvolvem enfatizando a sua aplicação a diversos tipos de conceitos e dados previamente modelados pelas abordagens científicas. Aqui, a obtenção de dados qualitativos – das relações conceituais interessantes – não aparece como tarefa da TRM, mas sim da própria atividade científica. Metaforicamente, o caráter teórico e instrumental da TRM pode ser ilustrado pensando em uma fábrica de martelos que podem ser úteis para pregos que são produzidos em outros lugares. Ao invés de uma ferramenta específica, ela produz uma coleção dessas, cujas características específicas são úteis para propósitos similares, mas em circunstâncias diferentes – inclusive para pregos hipotéticos, diria Heilmann (2015).

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS: SÍNTESE

A abordagem representacionista das medições forma uma tradição cujo percurso perpassa o posicionamento de problemas fundacionais, do conceito de medição fundamental e da classificação das escalas, através dos trabalhos de Helmholtz [1887], Hölder [1901], Campbell (1920) e Stevens (1946). Redirecionada por Suppes (1951) e demais colaboradores, a tradição resulta tanto em um programa de pesquisa sobre estruturas relacionais qualitativas, quanto em uma coletânea de ferramentas numérico-representativas para dados qualitativos. A TRM posiciona uma resposta empirista para os problemas de fundamentação e de representação das medições científicas. Um alicerce metodológico e epistêmico dessas construções é alocado na manipulação operacional e na observação de relações empíricas. Essa primeira etapa construtiva das representações numéricas é o tema controverso. Ao invés de encontrar um fundamento empírico e direto, com relações qualitativas e observáveis que

são identificáveis de modo não problemático, esse âmbito é composto por uma complexidade operativa. Essa complexidade não foi abarcada pelos trabalhos que formam a TRM, motivo pelo qual o diagnóstico de que a mesma é incompleta parece acertado.

Junto disso, há um diagnóstico sobre a TRM ser muito abstrata em função do caráter idealizado das condições de mensurabilidade. Em que sentido há um distanciamento entre os axiomas de uma ERQ e as relações que eles “espelham” depende do que se exige aqui. Se por “espelhar” se entende certos propósitos representativos, então algumas críticas sobre o caráter demasiadamente idealizado dessas fórmulas podem ser dissolvidas. Ainda assim, o caráter abstrato da TRM pode ser apontado no sentido de que ela esteve muito distante das medições científicas, seja por não atentar para a modelagem dos procedimentos de medida, ou por não estabelecer relações explícitas entre as ERQ e os conceitos científicos.

Finalmente, quando o escopo teórico da TRM é avaliado, o diagnóstico é um aparente paradoxo: ele é muito restrito e ao mesmo tempo muito abrangente. Desde um ponto de vista interno à tradição dos estudos sobre as condições da mensurabilidade, o escopo da TRM é muito abrangente, sendo melhor caracterizada como uma teoria da representação matemática em geral. Considerando o que uma teoria epistemológica sobre medições científicas deveria fazer, a amplitude da TRM é muito restrita em vista da aplicabilidade das medições fundamentais.

No atual contexto da filosofia da ciência, a conclusão sobre a TRM ser muito abstrata está em acordo com o crescente interesse filosófico que não coloca a ciência como objeto de estudo a partir de uma coleção de afirmações, mas através de suas práticas operacionais, tais como a construção e a manipulação dos instrumentos concretos de medida (cf. Frigerio, Giordani e Mari, 2010, p. 126). Por essa perspectiva, uma epistemologia sobre as medições reivindica um enfoque orientado para a prática científica e a história da ciência. Dentre eles, a recente proposta de Heilmann (2015) parece frutífera, uma vez que retorna com os bem sucedidos mapeamentos da TRM para auxiliar as práticas de formação e refinamento de conceitos. Todavia, assim como uma das consequências do que é sugerido por Heilmann (2015), alguns projetos em andamento na epistemologia das medições recusam uma resposta positiva ao problema dos fundamentos das medições. Três deles são discutidos na próxima parte desta tese.

PARTE III. COORDENAÇÃO E OBJETIVIDADE

CAPÍTULO 5. MODELOS EM CENA

“A ciência é como a ciência se faz, mas o que a ciência alcança, epistemologicamente, está aberto à interpretação por parte tanto de cientistas quanto de filósofos”

*Anjan Chakravartty **

Se a Teoria Representacional da Medição (TRM) é muito abstrata, então em que sentido uma epistemologia sobre as medições pode evitar o mesmo? A proposta representacionista posiciona nas relações qualitativas observáveis uma espécie de alicerce para a adequação representacional. Junto das controvérsias sobre a empiricidade desse fundamento, alternativas para reinterpretar o efetuado pelo programa enfatizam que a TRM precisa ser complementada. *Mutatis mutandis*, esses complementos apontam para a sua conexão com os conceitos em alvo e as teorias. Batitsky (1998, 2000) reivindica um enfoque realista sobre as grandezas, isto é, a crença de que as propriedades mensuráveis possuem uma coleção mínima de características gerais. Díez (1994) propõe que as estruturas que representam manifestações empíricas sejam explicitamente vinculadas com as reconstruções semânticas das teorias que conceituam aquilo que está sendo medido. Heilmann (2015) argumenta que o *framework* representacionista pode ser útil para a própria prática de formação de conceitos mensuráveis, isto é, a atividade teórica que transforma uma noção qualitativa em um conceito quantitativo, em uma grandeza. Em suma, a abordagem representacionista possui lacunas que, através dessas reinterpretações, podem ser preenchidas atentando para as funções epistemológicas que (partes de) teorias científicas e seus conceitos cumprem nos processos de medição.

Também por isso a história da ciência e a experimentação não podem ser temas complementares nas discussões atuais sobre as medições. O objetivo da última parte desta tese é elucidar como isso tem sido feito, sobretudo em vista de alternativas que explicitamente recusam a existência de um fundamento epistêmico para os contextos de medição. A questão

* Trecho da Seção V do artigo “*What is Scientific Realism?*” (Chakravartty e van Fraassen, 2018, p. 24).

central pode ser assim colocada: o que conta como justificção para as medições supondo a hipótese de que não há alicerces epistêmicos para os mesmos? A saída é responder ao problema de coordenação mostrando que as circularidades entre os âmbitos instrumentais e os âmbitos teóricos não é viciosa, mas virtuosa. Destaco três abordagens em desenvolvimento que trabalham dessa maneira. A primeira, avançada principalmente nos trabalhos de Tal (2012), consiste no que ele chama de “abordagens baseadas em modelos”. A segunda é desenvolvida por van Fraassen (2008) junto do seu empirismo construtivo. Finalmente, Chang (2004) propõe que a ciência seja compreendida reunindo uma série de considerações sobre os agentes, as tradições de pesquisa, a história e a filosofia da ciência, argumentando em favor de um “realismo ativo”. Essas três propostas possuem pontos de convergência, mas distanciam-se substancialmente ao avançarem os seus projetos epistemológicos.

Os três projetos se aproximam em vista do problema de coordenação. Eles avançam sobre o tema seguindo o ponto levantado por Chang (2004), a saber, que a falta de justificção para as medições é apenas aparente e advém de uma incorreta visão fundacionalista do conhecimento científico. Eles também compartilham teses sobre outros tópicos na busca pela compreensão do conhecimento científico. Por exemplo, a importância da historicidade da ciência, uma recusa reiterada de uma “visão a partir de lugar nenhum” para justificar o conhecimento científico, bem como o imperativo de considerar as práticas científicas junto das suas teorias, dos modelos ou das tradições de pesquisa. Contudo, há diferenças nos papéis e nos pesos atribuídos a cada um desses. O objetivo desse capítulo é discutir brevemente a relação entre as medições e os modelos em vista do proposto por Tal (2012) e por van Fraassen (2008). A abordagem de Chang (2004) é o tema do capítulo seguinte.

A investigação iniciada por esta tese recorreu a uma célebre fala de Lorde Kelvin, na qual se afirma uma relação entre medições e conhecimentos científicos ditos satisfatórios. Nesse momento, outra menção aos seus pensamentos sobre a ciência ajuda a empurrar os temas em vista:

Eu nunca estou satisfeito até que consiga fazer um modelo mecânico de alguma coisa. Se eu conseguir fazer um modelo mecânico de algo, eu consigo entendê-lo. Enquanto eu não consigo fazer um modelo mecânico do início ao final, não posso compreender. (Thomson *apud* Morrison, 2009, p. 34).

Como notado por Morrison (2009), não houve uma análise profunda sobre as conexões entre as medições e as considerações sobre a modelagem por parte do lorde britânico. Ainda assim, seus discursos sugerem que haja uma relação importante entre o conhecimento e a compreensão com as atividades de medir e de modelar. Salientado pela autora, parece

importante distinguir essas atividades, mas elas se misturam, sendo difícil dizer em que sentido o medir possui um valor epistêmico substancialmente diferente do modelar.¹³⁰

Mais do que uma relação entre dois conceitos, está em cena uma aproximação entre debates filosóficos, nos quais certas maleabilidades terminológicas são reflexos da complexidade das discussões e dos próprios objetos de estudo. A exemplo do exposto sobre o conceito de “medição” no Capítulo 1, a palavra “modelo” também administra uma polissemia, significados que se aglomeram em vista dos seus usos em contextos científicos e de tradições filosóficas díspares.¹³¹ Também por isso, abro um parêntese sobre os temas dos modelos na filosofia da ciência.¹³²

Encontrar uma caracterização para um conceito de “modelo” que reúna os sentidos substanciais nos quais a palavra tem sido utilizada – atravessando os contextos e a história – é uma tarefa ingrata. Desde o primeiro capítulo, o termo “modelo” tem sido usado em dois sentidos: uma coleção de dados e a esquematização simplificada dos procedimentos de medição através de fórmulas e funções. A palavra “esquema” tem sido utilizada para se referir aos diversos componentes do contexto teórico das medições, então os modelos são tipos especiais desses esquemas. Dadas as aparições da palavra “modelo” na filosofia da ciência, poderia-se dizer que quase todos esses esquemas são modelos e que uma coleção de dados é um (ou vários) tipo(s) de modelo(s). Para tangenciar ambiguidades, as palavras “modelo” e “modelagem” seguiram o vocabulário metrológico, o qual é de especial valor para a abordagem de Tal (2012). Tal (2012) propõe que as questões epistemológicas que emergem dos contextos da metrologia sejam tratadas em função das práticas de modelagem – motivo

¹³⁰ Dito anteriormente, a noção de “medição” aqui investigada recorta apenas experimentos com algum tipo de interação, excluindo, portanto, simulações. Como notado por Morrison (2009) essa exclusão é um tema delicado dadas as conexões entre as simulações e os experimentos. A compreensão das medições pode apontar uma primazia da modelagem em detrimento da interação entre instrumento e alvo. Uma vez que os resultados experimentais dependem substancialmente da modelagem, é possível considerar que processos de simulações, sobretudo computadorizadas, também devam ser consideradas medições ou ao menos possuir o mesmo *status* epistemológico que essas. Nas palavras da autora: “como o conhecimento associado à medição vem do modelo, o aparelho e o modelo funcionam, em muitos aspectos, como um único sistema” (Morrison, 2009, p. 35).

¹³¹ Ilustrando essa polissemia, não é apressado dizer que há um termo para cada ênfase ou recorte explicativo sobre as características, a constituição e/ou as funções visadas naquilo que se chama de “modelo”. Além dos “modelos mecânicos” na citação acima e os já mencionados *black-box* e *white-box* que retornam à discussão mais à frente, a lista é extensa. Mencionando alguns, falam-se em “modelos semânticos”, “modelos em escala”, “modelos analógicos”, “modelos matemáticos”, “modelos teóricos”, “modelos nomológicos”, “modelos icônicos”, “modelos de comportamento”, “modelos de uma situação” e “modelos mediadores” (cf. Dutra, 2017, cap. 5); encontramos também “modelos-réplica”, “modelos metamatemáticos”, “modelos interpretativos” e “modelos representativos” (cf. Dutra, 2006); além de “modelos explicativos”, “modelos simplificadores”, “modelos de testes”, “modelos idealizados”, “modelos heurísticos”, “modelos-caricatura”, “modelos didáticos”, “modelos ficcionais”, “modelos manipulativos” e “modelos imaginários” (cf. Frigg e Hartmann, 2018).

¹³² A elucidação efetuada aqui tem por base os trabalhos de Dutra (2005, 2006, 2017, 2020).

pelo qual sua proposta é denominada por “abordagens baseadas em modelos”. Aqui, um modelo é “uma representação abstrata e aproximada sobre o que acontece quando o processo de medição é executado e repetido [...] construídos a partir de suposições e pressupostos teóricos (ou pré teóricos) e estatísticos” (Tal, 2019, p. 870).

A abordagem de Tal, como o próprio enfatiza (cf. 2012, p. 17), recorre às teses de Cartwright (1999) e Morrison e Morgan (1999) na discussão sobre a relação entre modelos e teorias, bem como suas funções e sua natureza. Para as duas últimas autoras, os modelos são ferramentas de pesquisa autônomos cujo funcionamento e construção administram dependências teóricas parciais, bem como certa independência dos alvos, do mundo. Assim, a função representativa dos modelos é inseparável do seu caráter operativo, cuja aprendizagem ressalta a atividade de modelar, a modelagem (cf. Dutra, 2017, p. 166-167). Nos trabalhos de Cartwright (1983, 1999), as funções operativas são características destacadas dos modelos entendidos como máquinas nomológicas.¹³³ Anteriormente caracterizados como simulacros por ela, Cartwright distingue entre modelos representativos (os quais são o seu foco) e modelos interpretativos (cf. Dutra, 2017, p. 160-165). Similar ao dito por van Fraassen (1980, p. 44), a distinção da autora é motivada pelos sentidos atribuídos à palavra “modelo” nas ciências formais e não-formais. Opondo esses sentidos, parte da tradição filosófica utiliza o termo nos sentidos das ciências formais – que são chamados de “interpretativos” por Cartwright – cuja história atravessa a oposição entre duas maneiras de considerar o que são as teorias científicas. Mais precisamente, sobre quais ferramentas permitem reinterpretar seus aspectos estruturais relevantes.¹³⁴

A primeira delas é usualmente chamada de visão sintática das teorias, visão recebida, ou visão ortodoxa (cf. Winther, 2016), cuja característica marcante está na reconstrução das teorias científicas em uma linguagem formal. Assim, o conceito de “modelo” adentra à discussão em sentido tarskiano: estruturas que satisfazem um subconjunto das sentenças de

¹³³ Como ela esclarece: “o que é uma máquina nomológica? É um arranjo (suficientemente) organizado de componentes ou fatores, com capacidades (suficientemente) estáveis que no tipo certo de ambiente (suficientemente) irá originar, através de operações repetidas, o tipo de comportamento regular que representamos nas nossas leis científicas” (Cartwright, 1999, p. 50). E mais adiante (com tradução encontrada em Dutra, 2020, p. 169): são máquinas que geram regularidades no sentido de “configurações estáveis de componentes com determinadas capacidades apropriadamente protegidas e postas em funcionamento continuamente” (Cartwright, 1999, p. 51).

¹³⁴ A distinção entre modelos representativos e interpretativos exige uma das principais discrepâncias entre a abordagem de Tal (2012) em detrimento das propostas oriundas da visão semântica das teorias e dos modelos. Nas palavras do próprio: “a abordagem baseada em modelos não requer que os modelos espelhem a estrutura do sistema em alvo para que sejam instrumentos representativos bem sucedidos. Meu *framework*, então, diverge da visão ‘semântica’, a qual toma os modelos como sendo relações estruturais teórico-conjuntistas que são isomórficas às relações entre os objetos no domínio em alvo” (Tal, 2012, p. 18).

um cálculo formal. *Grosso modo*, uma teoria é uma coleção de sentenças axiomatizada em um sistema lógico (geralmente de primeira ordem) e um modelo é um sistema com regras semânticas que interpretam uma teoria. A segunda postura, chamada de visão semântica, desvincula o requerimento de que a reconstrução ocorra em uma lógica no sentido de linguagem, substituindo esse *framework* metamatemático por uma abordagem matemática, como a teoria intuitiva de conjuntos. Dentre os expoentes da visão semântica das teorias, estão Da costa e French (2003), Giere (2006), van Fraassen (1980) e alguns dos proponentes da TRM, notavelmente, Suppes (1951).

O papel desempenhado por Suppes (1951) nessa história é destacado por van Fraassen:

em qualquer tragédia, suspeitamos que algum erro crucial foi cometido desde o início. Penso que o erro era confundir uma teoria com a formulação de uma teoria em uma linguagem particular. O primeiro a reverter o movimento foi Patrick Suppes com sua máxima bem conhecida: a ferramenta certa para a filosofia da ciência é a matemática, não a metamatemática. Isso aconteceu nos anos 1950 – enfeitiçados pelas maravilhas da lógica e da teoria do significado, poucos quiseram ouvir. A ideia de Suppes era simples: ao apresentarmos uma teoria, definimos a classe de seus modelos diretamente, sem prestar nenhuma atenção a questões de axiomatização, em qualquer linguagem especial, por mais relevante, ou simples, ou logicamente interessante que possa ser. E se a teoria enquanto tal deve ser identificada com qualquer coisa que seja – se as teorias devem ser reificadas – então uma teoria deveria ser identificada com a classe de seus modelos. (van Fraassen *apud* Dutra, 2005, p. 216).

Além da TRM e da visão semântica das teorias, o pioneirismo de Suppes (1951) também avançou – dentre outros assuntos – sobre o tema dos modelos de dados nas ciências, sobretudo com o argumento de que os mesmos administram relações hierárquicas.¹³⁵

Então, a defesa de que há elementos que atuam entre a teoria e o mundo – chamados de “modelos-mediadores” ou “modelos-ponte” – remonta também ao seu argumento sobre a existência de “toda uma hierarquia de modelos que estão entre o modelo da teoria básica e a experiência experimental completa” (Suppes *apud* Boumans, 2016, p. 308).¹³⁶ Em certo sentido, os trabalhos de Tal (2012) e de van Fraassen (2008) aproveitam o *insight* dos modelos serem mediadores peculiares, mas de maneiras e para propósitos diferentes.

¹³⁵ Boumans (2016) explica que o nível mais baixo da hierarquia de Suppes consiste em elementos que não são considerados modeláveis, por exemplo, barulhos, luzes, odores e as fases da lua. Isso ocorre porque Suppes pensa que a modelagem desses envolveria uma coleção exacerbada de condições que deveriam ser consideradas – mais precisamente, condições *ceteris paribus*.

¹³⁶ De acordo com Boumans: “Suppes [...] admite que ‘não é possível examinar em detalhes aqui como as investigações fundamentais sobre os procedimentos de medição foram capazes de lidar com tais problemas sobre os erros’ [...]. No entanto, ele não realizou essa abordagem em outro lugar” (2015, p. 310).

5.1 A PRIMAZIA DOS MODELOS NA METROLOGIA

Dentre os projetos epistemológicos atuais que visam a história e as práticas das medições científicas, destacam-se as propostas de Chang (2004) e de van Fraassen (2008). Contudo, a aproximação com a metrologia e os seus desafios práticos e teóricos é a marca distintiva do trabalho de Tal (2012). Em “*The Epistemology of Measurement: A Model-Based Account*”, Tal (2012) propõe que os temas epistêmicos sobre as medições científicas podem receber tratamento adequado através dos papéis que os modelos desempenham na compreensão dos conceitos metrológicos, como a exatidão e a incerteza. De acordo com ele, há ao menos três questões epistêmicas tradicionalmente vinculadas com as práticas de medida: 1) como é possível saber se um dispositivo mediu o que foi pretendido; 2) o que significa reivindicar que essa medição é “exata” e como ela pode ser justificada; 3) se as discordâncias entre as indicações originadas por diferentes instrumentos (para uma mesma grandeza) são medidas diferentes ou sinais de erros. Tal (2012) argumenta que essas questões são epistemologicamente emaranhadas, não podendo responder primeiro uma e, posteriormente, derivar respostas para as outras. A saída, então, é formular uma abordagem que as abarque em conjunto. Para tanto, sua investigação sinaliza que as explicações devem ser buscadas na análise dos modelos utilizados nos contextos metrológicos.

O principal estudo de caso explorado por Tal (2011, 2012, 2016b) versa sobre a medição do tempo, isto é, a exatidão na realização da definição da sua unidade, o segundo padrão; bem como a internacionalização dessas junto do Tempo Universal Coordenado (UTC). O autor esclarece que o termo “exatidão” possui cinco sentidos: metafísico, epistêmico, operacional, comparativo e pragmático. Em sentido metafísico, a exatidão é correlata ao conceito de “verdade”, afirmada através de um critério de aproximação entre o medido e o seu valor verdadeiro. De acordo com ele, se essa aproximação envolve um valor verdadeiro no sentido de uma realidade independente dos instrumentos, então ela requer uma visão realista sobre os alvos das medições. Em acepção epistêmica, a exatidão é a concordância entre múltiplos valores razoavelmente atribuídos com base em suas medições, tornando a avaliação da incerteza o seu conceito correlato.¹³⁷ Pensada operacionalmente, a

¹³⁷ Cumpre destacar, por um lado, que isso não deve ser confundido com a precisão das medições; por outro lado, que há muitos fatores de incerteza. O GUM fornece a seguinte lista: “na prática, existem muitas fontes possíveis de incerteza em uma medição, incluindo: a) definição incompleta do mensurando; b) realização imperfeita da definição do mensurando; c) amostragem não representativa – a amostra medida pode não

exatidão pode significar a aproximação entre o valor medido da grandeza e o valor que é obtido para essa grandeza em comparação a um padrão, isto é, um valor utilizado como referência acrescido das informações sobre a incerteza (cf. INMETRO, 2012b, p. 46). Para além dessa, a comparação entre múltiplos procedimentos que satisfaçam certas condições de reprodutibilidade envolve o sentido comparativo do conceito de exatidão. Isto é: haver um mesmo alvo medido de diferentes maneiras, mas com variações controladas, para reproduzir resultados que podem ser avaliados comparativamente uns com os outros. Finalmente, há considerações sobre o uso dos resultados, por exemplo, satisfazer certos requerimentos para uma aplicação na engenharia. Aqui está o sentido pragmático da exatidão, o qual atravessa os sentidos metafísicos, epistêmicos, operacionais e comparativos da exatidão.

A partir disso, Tal (2012) afirma que há um viés metafísico na tendência de se explicar a exatidão em vista dos valores de grandeza verdadeiros e independentes dos métodos, o que atribui uma primazia ao primeiro sentido do termo. Ele argumenta que mesmo com a hipótese de que exista esse valor de grandeza as medições sempre o alcançam aproximadamente, indicando que não há como reduzir os outros sentidos àquele. Algo similar é explicado por Boumans: se a exatidão for definida apenas em vista de um valor verdadeiro do mensurando, então ela só poderia ser obtida se houvesse “um mensurando perfeito, [...] portanto, ‘valores verdadeiros são indeterminados por natureza’ [...] porque há potencialmente um número infinito de condições que podem influenciar o mensurando” (Boumans, 2016, p. 310). Na ausência de comparações com um valor verdadeiro, comparam-se efetivamente as coleções dos valores de grandeza medidos e modelados uns com os outros, revelando que se há uma primazia nesses processos, ela é epistêmica e está localizada na análise da coleção de resultados obtidos ou esperados, isto é, nos modelos.

Em vista desses múltiplos sentidos do conceito de exatidão, Tal (2012) explica que a calibração e o trabalho com padrões são maneiras com que, respectivamente, a exatidão em sentido comparativo e operacional é encontrada na metrologia. Por calibração, Tal (2012) entende a atividade de modelar os próprios processos de medição, isto é, a construção de

representar o mensurando definido; d) conhecimento inadequado dos efeitos das condições ambientais sobre a medição ou medição imperfeita das condições ambientais; e) erro de tendência pessoal na leitura de instrumentos analógicos; f) resolução finita do instrumento ou limiar de mobilidade; g) valores inexatos dos padrões de medição e materiais de referência; h) valores inexatos de constantes e de outros parâmetros obtidos de fontes externas e usados no algoritmo de redução de dados; i) aproximações e suposições incorporadas ao método e procedimento de medição; j) variações nas observações repetidas do mensurando sob condições aparentemente idênticas” (INMETRO, 2012a, p. 6).

representações simplificadas construídas junto de suposições teóricas e estatísticas idealizadas.¹³⁸ Essas suposições são utilizadas para prever o comportamento dos mensurandos e as indicações no contexto de medida, de modo com que seja possível contrastar recursivamente o que é informado pelos modelos e o cenário prático. Por sua vez, valores pré-estipulados, os padrões, podem ser referências que auxiliam o trabalho com os modelos, mas a sua maior importância está na formação de uma rede de medições em sentido global.

As indicações dos instrumentos precisam de um contexto interpretativo e avaliativo para se tornarem resultados, comparações entre o que é informado com os modelos e com os padrões. Embora haja certas diferenças sobre como a literatura utiliza a noção de “calibração” (cf. Tal, 2017b, p. 44), a abordagem do autor conecta dois sentidos funcionais a partir da definição metrológica do termo, apresentada no VIM 3:¹³⁹

operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação. NOTA 1 Uma calibração pode ser expressa por meio duma declaração, uma função de calibração, um diagrama de calibração, uma curva de calibração ou uma tabela de calibração. Em alguns casos, pode consistir duma correção aditiva ou multiplicativa da indicação com uma incerteza de medição associada. NOTA 2 Convém não confundir a calibração com o ajuste dum sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de ‘auto-calibração’, nem com a verificação da calibração. NOTA 3 Frequentemente, apenas a primeira etapa na definição acima é entendida como sendo calibração. (INMENTRO, 2012b, p. 27).

Os dois sentidos advêm das duas etapas, embora o termo “calibração” usualmente se refira apenas a primeira. Tal (2012) afirma que essa primeira etapa pode envolver uma função f^1 que visa um mapeamento das indicações em valores de grandeza razoáveis e suas incertezas, considerando suposições teóricas e estatísticas sobre o ambiente e o processo de medição. A segunda tarefa é decomposta em uma função f^2 que visa o mapeamento das indicações em um valor de grandeza, isto é, para expressar um resultado. A construção desses mapeamentos é um procedimento de modelagem dos procedimentos considerando as variáveis que podem

¹³⁸ Nas palavras do autor: “eu tenho caracterizado a calibração como uma atividade de modelagem, na qual cientistas representam um processo de medição sob suposições teóricas e estatísticas idealizadas, utilizam essas suposições para fazer previsões sobre os estados finais (indicações) do processo, iterativamente testando essas previsões contra as indicações observadas, e contando com esses modelos para realizar inferências retrospectivas sobre os melhores candidatos das indicações” (Tal, 2017b, p. 40).

¹³⁹ De acordo com o autor, sua abordagem diverge primariamente de outras discussões sobre a calibração na literatura por enfatizar as relações de coerência entre os modelos, vincular os modelos com as funções preditivas na ciência e relativizar os papéis epistêmicos dos padrões em procedimentos locais.

afetar a relação entre indicações e valores de grandeza. Assim, a (não) inclusão desses fatores distingue tipos de modelagem; por exemplo, modelos *black-box* ou modelos *white-box*.¹⁴⁰

O primeiro tipo é utilizado quando os fatores ambientais e demais variáveis podem ser negligenciados ou estejam ocultos. Nesse caso, f^2 é uma inversão simples de f^1 . De acordo com Tal (2012, 2017a, 2017b), modelos *black-box* podem ser vistos como casos especiais e simplificados de uma modelagem mais sofisticada, o trabalho com os modelos *white-box*. Nesses são incluídas variáveis que detalham aspectos relevantes na relação entre indicação e valores de grandeza, tornando a derivação de f^2 a partir de uma f^1 uma tarefa mais complexa.¹⁴¹ Em ambos os casos, uma vez que o par de funções é suficientemente estabelecido, está montado o contexto avaliativo para a calibração dos procedimentos em vista dos valores relevantes para as indicações de um instrumento. O termo “suficientemente” aqui de modo algum pode ser vago, exigindo que testes sejam detalhados e acompanhados para cada uma das funções.¹⁴² Não obstante, Tal (2012) argumenta que como esses testes atuam como pré-condições para o estabelecimento dessas funções, isto é, da calibração dos procedimentos, eles aproximam a modelagem metrológica com as funções preditivas da ciência.

À parte dos detalhes sobre a formulação das incertezas junto desse *framework*, a abordagem baseada em modelos vincula o caráter preditivo desses esquemas com as

¹⁴⁰ O INTROGUM ajuda a esclarecer: “a etapa de formulação da avaliação de incerteza envolve o desenvolvimento de um modelo de medição incorporando, conforme necessário, correções e outros efeitos. Em algumas áreas de medição essa etapa pode ser muito difícil. Ela envolve também o uso de conhecimentos disponíveis para caracterizar as grandezas de entrada do modelo por distribuições de probabilidade [...]. O modelo é construído em bases teóricas ou empíricas, ou ambos, e, geralmente, depende de diversas áreas: metrologia, elétrica, dimensional, massa, térmica, etc. O modelo é, então, acrescido de termos constituídos por grandezas de entrada adicionais, que descrevem efeitos que influenciam a medição.” (INMETRO, 2014, p. 15).

¹⁴¹ Mais precisamente, o detalhamento dos fatores que influenciam o processo de medição se dá através da inclusão de módulos atuantes em ambas as funções, cuja formulação requer condições de coerência. Esses módulos podem ser vistos como esquemas de elementos relevantes sobre, por exemplo, o mensurando; o instrumento; relações entre ambos; o ambiente; variações relativas aos usuários; características do armazenamento e do processamento dos dados, dentre outros.

¹⁴² Esse ponto é de suma importância para a discussão sobre o estatuto epistemológico das simulações computadorizadas. Enquanto os testes dessas funções envolvem comparações preditivas entre o que está nos modelos e o comportamento da situação concreta, isto é, da interação entre o aparelho medidor e o mensurando; isso não ocorre nas simulações computadorizadas. Nesse sentido, pode-se argumentar que se o tipo de teste requerido para essas modelagens for diferente, então uma equivalência epistemológica entre medir e simular só faz sentido se houver também certa equivalência entre essas pré-condições. Há aqui um desafio que a primazia dos modelos resulte em *status* epistêmicos semelhantes entre medições e simulações. Se essa equivalência for mantida, então, como dito pelo próprio Tal: “em princípio, nada impedirá que as previsões teóricas e as simulações computadorizadas igualem ou mesmo ultrapassem o grau de segurança das medições disponíveis para uma determinada grandeza [...] nesses casos pode ser útil pensar na computação como um tipo de processo de medição, ao menos enquanto origina evidências que são tão seguras como os melhores resultados das medições ‘tradicionais’ e equivalentes” (2016a, p. 5-6).

exigências de coerências locais e globais entre os diferentes procedimentos modelados para uma mesma grandeza. Por vezes, a utilização de padrões pode atuar como ponte para isso. Porém, Tal (2012) argumenta que a calibração pode indicar a exatidão dos procedimentos sem eles, ao menos localmente. É em um cenário global, contudo, que os padrões desempenham uma função normativa muito importante, por exemplo, na formação de uma rede coordenada entre relógios atômicos distribuídos ao redor do planeta.¹⁴³

A unidade padrão para a medição do tempo, o segundo, é atualmente definida como a exata duração de 9,192,631,770 períodos da radiação correspondente à transição de níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio-133. Os relógios atômicos não satisfazem completamente a definição, isto é, não a realizam com exatidão absoluta, uma vez que ela é uma descrição de um comportamento atômico na temperatura do zero absoluto.¹⁴⁴ Então, como um padrão, ou procedimento de referência, é estabelecido para a realização aproximada da unidade? De acordo com Tal (2011), a definição fixa uma referência indiretamente, orientando a construção dos modelos e relógios atômicos.¹⁴⁵ Como há diferentes procedimentos que podem ser construídos, sobretudo diferentes modelos com base nesse guia, há diferentes dispositivos que aproximadamente a realizam – o que o autor chama de “múltipla realizabilidade das unidades”. A definição do segundo é, assim, decomposta em uma coleção de durações que aproximadamente a realizam, sem haver nenhum método capaz de eliminar esse caráter aproximado. O problema da múltipla realizabilidade da unidade é, portanto, formar uma rede coerentemente unificada, a qual envolve desafios semânticos, epistêmicos e metodológicos.

Uma solução forçada para a formação dessa rede consiste em tomar um desses procedimentos primários como o padrão último, mas isso refletiria as peculiaridades desse método no trabalho com as demais tecnologias ao longo de uma hierarquia institucional. Em 2009, treze relógios atômicos eram utilizados como procedimento primário para realizar o

¹⁴³ Tal (2016b) esclarece que os relógios atômicos são dispositivos que produzem um sinal eletromagnético que rastreia a frequência de uma ressonância atômica particular, para o qual há duas condições de bom funcionamento, a estabilidade da frequência e a exatidão da frequência.

¹⁴⁴ O termo “realizar” se refere aqui a definição de “padrão de medição”, isto é, a “realização da definição de uma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência” (INMETRO, 2012b, p. 1089).

¹⁴⁵ A moral desse aspecto da abordagem é sintetizada nas seguintes palavras do autor: “o argumento pela coerência explica como é possível encontrar a confiabilidade dos instrumentos de medida sem o inacessível valor de grandeza ‘verdadeiro’ e a despeito do fato de que padrões não proporcionam valores de grandeza exatos, infalíveis. A principal função epistêmica dos padrões é legislar a maneira apropriada de aplicar um conceito quantitativo, pela regulação da distribuição de erros sistemáticos através da rede de comparações entre instrumentos. Essa função legislativa torna padrões mensuráveis ferramentas particularmente eficazes, embora não indispensáveis, para manter a coerência entre os modelos” (Tal, 2017b, p. 45).

segundo padrão; dos dispositivos secundários, isto é, com calibração rastreada em vista das realizações primárias, haviam algumas centenas (cf. Tal, 2011, p. 1087). Não haver a estipulação do método de referência explica a importância da contínua comparação dos dispositivos primários entre si, uma estabilização iterativa. Sempre à luz dos modelos, ela visa os aspectos relevantes sobre o seu comportamento das medições e a qualidade dos seus resultados através da sua mútua compatibilidade. Para essa, Tal (2011, 2012) argumenta que há uma condição (chamada de “condição de robustez generalizada”), a qual envolve duas cláusulas: que as discrepâncias na realização da mesma unidade estejam dentro das incertezas formuladas e que essas incertezas sejam derivadas dos modelos adequados de cada realização.

Ao final, o próprio Tal efetua um diagnóstico sobre o que pensa ser as características epistemológicas que atuam nesse cenário:

Como parte do processo de estabilização iterativa, os metrologistas ganham conhecimento sobre as inconsistências na aplicação do conceito de quantidade a particulares. Esse conhecimento é empírico no sentido de que pertence ao comportamento dos instrumentos. É um conhecimento confiável ao passo em que o conceito quantitativo relevante já obteve um modo de aplicação estável por meio de iterações anteriores, por meio de métodos alternativos de realização e por meio de suas relações com outros conceitos quantitativos. É um conhecimento contextual na medida em que é mediado pelos modelos relevantes e parcialmente moldado por considerações sociais e pragmáticas. (Tal, 2011, p. 331)

Penso que o exposto até aqui expõe o tom das atuais discussões na epistemologia sobre as medições e os sentidos em que essas são práticas sutis aos seus olhos. Retomando uma explicação de Cupani (2018), a ciência pode ser visada de diferentes maneiras, enquanto um conhecimento produzido que adquire certa autonomia; no sentido de uma rede de instituições, ou considerando as suas práticas – o fazer coletivo e metódico que visa a produção de certo tipo de conhecimento dentro de um programa de pesquisa. Se, como diz van Fraassen (1989, p. 189), a busca por entender o que é a ciência não deve focar apenas no que dela resulta, mas também em suas condições, propósitos e demais aspectos, então as discussões atuais na epistemologia das medições mostram um caminho para fazê-lo. Avançar pelos seus problemas requer fomentar um entendimento amplo, que combina diversos aspectos da atividade científica e ilumina algumas das suas características distintivas.

Por exemplo, para falar dos componentes epistêmicos das medições científicas é imprescindível considerar a cadeia de rastreabilidade metrológica. De acordo com o VIM 3, ela é uma “sequência de padrões e calibrações utilizada para relacionar um resultado de

medição a uma referência [...] uma cadeia [...] definida através duma hierarquia de calibração” (INMETRO, 2012b, p. 29). A cadeia de rastreabilidade metrológica evidencia características marcantes da ciência enquanto instituição social, uma hierarquia de órgãos e comitês oficiais que *grosso modo* vai desde o chão de fábrica, passa por laboratórios especializados nacionais e internacionais, até chegar aos padrões internacionais guardados pelo BIPM. “Acima” está o SI – as definições que norteiam todas essas práticas que são publicadas pelo BIPM.¹⁴⁶ Nesse sentido, considerar as medições científicas envolve, nas palavras de Tal, falar sobre “uma rede mundial de instituições metrológicas que é responsável pelo contínuo ajuste e comparação dos padrões” (2016b, p. 298). É apenas misturando sentidos práticos, teóricos e institucionais que se entende o que significa a divisão dos relógios atômicos em primários e secundários, bem como o caráter normativo do trabalho com padrões e com os modelos. Como diz Crease, “a história da mensuração é uma das manifestações mais espetaculares da globalização, foi-se o tempo em que cada região do planeta tinha seu ‘canhão do meio-dia’” (2013, p. 19). Mas aquela circularidade cômica, se foi junto com ele?

A partir daqui colocado em termos mais simples. O estudo de Tal (2011) indica que há jogos recursivos entre aspectos descritivos e normativos nessas práticas. A coordenação é visada em função de algumas finalidades, por exemplo, a máxima estabilidade. Os padrões são referências assumidas em vista disso e junto delas outras assunções idealizadas auxiliam a formular os modelos. Esses são usados para prever os comportamentos dos dispositivos, comparativa e recursivamente. Diferentes dispositivos (em um mesmo laboratório se houverem e) de diferentes laboratórios com seus respectivos modelos compartilham entre si as suas avaliações para compreender o que está acontecendo. Suas “descrições” precisam ser comparadas tanto em função dos respectivos dispositivos quanto das idealizações. Isto é, as discrepâncias através desses modelos são avaliadas em vista do ideal, da materialidade dos dispositivos, dos ambientes, dentre outros fatores. Suas operações são contrastadas tendo em vista o que pode e precisa ser feito, isto é, se há algo que sirva de referência compartilhada para se “remodelar”. Então, os dispositivos são novamente estrangidos em vista dos modelos que foram coletivamente reconstruídos também em função da materialidade dos dispositivos, seus ambientes e outros fatores julgados relevantes.

Isso significa que os modelos estão atuando como reguladores e que esses reguladores são periodicamente revistos e modificados à luz do que é compartilhado, promovendo

¹⁴⁶ O trabalho de Vaz (2017) discute em que sentido essa hierarquia institucional atua na calibração dos procedimentos de medida, determinando as características da confiabilidade das medições, relacionando-as com os aspectos da confiança pública.

desenvolvimentos teóricos que maximizam a estabilidade dessas medições. Mencionadas no Capítulo 2, a estabilidade e a exatidão são virtudes epistêmicas que atuam como ideal interno à metrologia (cf. Riordan, 2015). Em vista da estabilidade dos dispositivos, isto é, de manter as suas características interessantes para os contextos metrológicos (cf. INMETRO, 2012b, p. 42), o aprimoramento tecnológico também é um norte constante. Assim, o desenvolvimento das medições científicas é um cenário dinâmico que, em certo sentido, reflete uma das maneiras pelas quais a ciência contemporânea progride: havendo uma “troca recíproca entre modificações concretas e abstratas, o comportamento estável é iterativamente imposto na rede ‘desde cima’ e descoberto ‘desde baixo’, deixando espaço genuíno para explicações naturais e sociais” (Tal, 2016b, p. 331).

Desde um ponto de vista filosófico, a abordagem de Tal (2012) avança algumas características defendidas também por van Fraassen (2008) e por Chang (2004). Apontar uma relação mútua entre experimentação e teorização no desenvolvimento da ciência é um dos aspectos marcantes do trabalho de Chang (2004). A convergência das análises sobre os modelos científicos com o entendimento da história da ciência tem sido buscada também por van Fraassen (2008). Antes disso, vale destacar alguns papéis que os modelos e as medições (não) desempenham na abordagem desse último.

5.2. TEORIAS E APARÊNCIAS

Para além de uma continuidade dos projetos empiristas em sentido amplo, a abordagem representacionista das medições encontra um entendimento similar sobre a própria atividade científica no pensamento de van Fraassen, para quem “a ciência é uma representação da natureza, em forma matemática, alcançando por esse meio... certos fins que os filósofos debatem” (2002, p. 794). O empirismo construtivo de van Fraassen (1980) dispensa apresentações, mas alguns pontos importantes para os temas das medições precisam ser destacados. O primeiro deles é a proposta sobre como devemos entender e nos portar frente às finalidades dos empreendimentos científicos, a saber, que “a ciência busca fornecer teorias que são empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria envolve como crença apenas que ela é empiricamente adequada” (1980, p. 12). Assim, os papéis epistêmicos que as medições e as observações podem desempenhar é um ponto crucial em vista da adequação empírica, bem como as relações entre elas.

Sobre quais (não) são esses papéis, em “*From Vicious Circle to Infinite Regress, and Back Again*”, van Fraassen reitera uma visão não fundacional do conhecimento científico: “o conhecimento e a opinião racional não se apoia em fundações com segurança absoluta, auto validáveis, seja na experiência ou qualquer outro lugar” (1992, p. 6). No mesmo trabalho, ele sinaliza envolver na noção de “observação” um equilíbrio sutil entre o aspecto objetivo do conhecimento científico e a compreensão do mundo teoricamente situada.¹⁴⁷ A ausência de um alicerce epistêmico seguro e imutável indica limitações para um dos sentidos nos quais o conhecimento científico possui um caráter objetivo (cf. 1992, p. 21). Esse tema segue parcialmente em “*The False Hopes of Traditional Epistemology*”, no qual uma espécie de postura pragmático-coerentista é impulsionada sob a forma de uma condição humana para se fazer ciência. Além de afirmar o caráter inseparável do tema dos valores pragmáticos nos empreendimentos epistemológicos (cf. 2000, p. 272), ele enfatiza que uma visão não fundacionalista do conhecimento científico não acarreta em um relativismo danoso e inevitável (cf. 2000, p. 279). Finalmente, esses tópicos encontram o tema das medições em “*Representation and Perspective in Science*” (van Fraassen, 2007b). Aqui, há uma distinção tripla que atua no pano de fundo das representações que uma teoria fornece do mundo, na qual o resultado de uma medição não mostra “como o fenômeno é, mas como ele parece” (2007b, p. 105). Sumariamente, ele distingue entre:

- Postulados teóricos: terminologias não coordenadas, ou seja, conceitos que funcionam sem realização empírica determinada. Por exemplo, “força” e “campo”.
- Fenômenos observáveis: descrições fixadas por uma coordenação em um contexto. Por exemplo, “planetas” e “estrelas”.
- Aparências: representações a partir de uma orientação específica fixada. Por exemplo, os resultados das medições.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Sobre isso, ele afirma que: “quando escrevi *The Scientific Image*, segui Sellars e Feyerabend em uma abordagem pragmática da observação. [...] Me restringi apenas ao ponto de que se podemos ou não observar algo é mais ou menos a mesma questão de se uma pessoa pode funcionar como detector (aparelho de medição) para a presença de algum tipo de coisa [...]. Certamente, [...] a interpretação linguística da observação é determinada pelas nossas teorias e se altera junto com elas [...]. É claro que devemos esperar que nossas opiniões sobre o que é observável mudem conforme a ciência muda. Mas isso não significa que o que é observável também mude. [...] Nossos julgamentos sobre a adequação empírica das teorias podem variar, é claro. Mas se essas teorias são empiricamente adequadas – assim como se são verdadeiras ou não – é uma característica que elas não perdem quando começamos a pensar de maneira diferente” (1992, p. 14 - 20).

¹⁴⁸ Sobre o termo “resultado”, van Fraassen (2007b, 2008) utiliza a palavra “*outcome*”, por vezes qualificando “*that is, contents of measurement outcomes*”. Ele não explicita, contudo, se tem em vista a distinção entre indicações e resultados das medições utilizada no VIM 3. Em outras passagens ele utiliza o termo “*reading*”, algo mais próximo de “indicações” no sentido do VIM 3. Por esse motivo, optei por “resultado” para quando o

Outra vez, as distinções marcam um balanço entre a realidade perceptível e a compreensão situada por um contexto investigativo. As medições atuam de maneira substancial nessa compreensão, fornecendo perspectivas sobre o que está em alvo. O tema recebe ainda maior atenção na obra publicada no ano seguinte, “*Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*” (van Fraassen, 2008).¹⁴⁹ Dentre as várias teses sobre as funções das medições e seu *status* epistêmico, a ideia de que inevitavelmente “nós lemos os resultados das medições através de olhos teoricamente colorizados” (2008, p. 374) aprofunda os sentidos em que esses resultados são aparências. Sintetizada também em trabalhos mais recentes (cf. van Fraassen, 2012; 2018a; 2018b), ela consiste na defesa de que tanto aquilo que conta como medição de algo quanto o que é esse algo não são questões independentes e só podem ser afirmadas à luz de uma teoria (cf. van Fraassen, 2008, p. 123).

Isso posto, a distinção entre postulados teóricos, fenômenos e aparências deve ser entendida em função das teorias em vista serem uma representação de um todo, isto é, que não inclui apenas as medições e observações atuais, mas as entidades observáveis que existem, existiram ou existirão, sejam elas observadas, medidas ou não (cf. van Fraassen, 2008, p. 307). Assim, há recortes na representação desse todo, o mundo como descrito em termos independentes de coordenação; como representado junto de uma referência coordenativa e, finalmente, como ele aparenta desde um ponto de vista especificamente orientado. As medições se relacionam com esse último, são parte de uma representação estruturada, seletiva, que perpassa elementos de caráter indexical e que mostra como algo parece ser naquele contexto (cf. 2007b, p. 106-107; 2008, p. 289-290).¹⁵⁰

autor está falando de um “*outcome*”, acrescentando “conteúdo” se necessário e mantendo “indicação” para quando utiliza “*reading*”.

¹⁴⁹ Nessa obra, ele explica a opção pelas palavras “fenômeno” e “aparência”: “na longa história de tensão entre a física e a astronomia antes do período moderno, ‘salvar os fenômenos’ refere-se às aparições dos corpos celestes e seus movimentos para o astrônomo, isto é, nos resultados das medições do astrônomo. [...] Mas quando Kant assume essa terminologia de ‘aparência’ e ‘fenômeno’, ele entrelaça seus significados tão profundamente em sua filosofia transcendentalista que nos encontramos em uma linguagem diferente. Embora eu não tenha feito isso antes, farei aqui uma distinção terminológica entre essas duas palavras, embora nenhuma tenha o significado de Kant. Os fenômenos serão entidades observáveis (objetos, eventos, processos). Assim, ‘fenômeno observável’ é redundante no meu uso. As aparências serão o conteúdo dos resultados de observação ou medição. Os movimentos celestes que preocupavam o astrônomo antigo ou medieval eram todos fenômenos, no meu sentido, mas Copérnico insistia que eles haviam confundido o que esses fenômenos são com como eles aparecem para o observador terrestre. Assim, ele distinguiu, em meus termos, as aparências (nas medições feitas pelos astrônomos) dos fenômenos (que eles observaram e mediram)” (van Fraassen, 2008, p. 8).

¹⁵⁰ Mencionado também à frente no texto, o termo “aparência” e as menções aos “pontos de vista” são metáforas que propositalmente se relacionam com um paradoxo entre o caráter objetivo e público do conhecimento e a sua dependência teórica: “como um objeto ou processo observável (fenômeno) aparece nos resultados das medições

Ainda assim, essas aparências são indispensáveis para a noção de adequação empírica.

De acordo com ele:

devemos, portanto, distinguir os fenômenos, cujo principal e primário objetivo da teoria física é salvá-los, dos resultados da medição (por exemplo, aparências visuais) que também devem ser salvos de alguma forma - e sem os quais, possivelmente, não faz sentido tentar salvar os fenômenos. Os fenômenos são as coisas, eventos e processos observáveis na natureza. Isso pode ser medido e observado de muitas maneiras diferentes. Como eles aparecem nos resultados da medição irá variar de uma maneira para outra - e de uma ocasião para outra - especificamente porque esses resultados são perspectivas sobre os fenômenos. Portanto, dizer que a teoria deve salvar os fenômenos não é o mesmo que dizer que a teoria deve estar de acordo com os resultados experimentais e observacionais! Mas certamente há uma conexão estreita! Se a medição for bem projetada para seu propósito, o que será encontrado em sua conclusão [...] será especialmente revelador quando diferentes teorias tentarem alcançar seus objetivos designados. (van Fraassen, 2007b, p. 105).

Responder onde, como e se uma teoria é empiricamente adequada é imprescindível para qualquer abordagem empirista da ciência. No empirismo construtivo, uma teoria é empiricamente adequada se as suas reconstruções esquemáticas salvam ou se encaixam os fenômenos. Porém, esse encaixe é indireto: certas relações identificadas na reconstrução da teoria, no “modelo teórico”, se encaixam com as reconstruções dos dados mensuráveis, um “modelo de dados” ou “modelo de superfície”. Um “modelo de superfície” é formulado através da manipulação estatística de dados mensuráveis particulares, dos “modelos de dados” (cf. van Fraassen, 2008, p. 168). Há, então, quatro âmbitos envolvidos na conexão entre as teorias e os fenômenos, a saber: i) teorias científicas em sentido amplo; ii) modelo teórico: um esquema que reconstrói as relações relevantes dessas teorias; iii) modelos de dados: uma coleção de resultados de procedimentos particulares; iv) modelos de superfície: uma suavização estatística dessa coleção. Mas onde estão os próprios fenômenos?

A articulação das relações entre esses âmbitos é esclarecida pelo autor da seguinte maneira:

Uma teoria fornece, em essência, uma coleção de modelos. [...]. Esses modelos – os modelos teóricos – são fornecidos em primeira instância para se encaixar aos fenômenos observados e observáveis. Uma vez que a descrição desses fenômenos na prática já se dá por meio de modelos – os ‘modelos de dados’ ou ‘modelos de superfície’, podemos colocar o requisito da seguinte maneira: os modelos de dados ou de superfície devem ser idealmente embutidos isomorficamente em modelos teóricos. (van Fraassen, 2008, p. 168).

é em si um fato objetivo, um fato público, intersubjetivamente acessível. Mas há uma semelhança, no entanto, com a insistência de Kant em - para cunhar uma frase - a maior objetividade do fenômeno. Ou seja, temos que insistir na distinção: a aparência é determinada conjuntamente pela configuração da medição (envolvendo o aparelho e o sistema ao qual é aplicado), a prática experimental e o quadro conceitual teórico no qual o alvo e os procedimentos de medição são classificados, caracterizados e compreendidos” (van Fraassen, 2008, p. 284).

Com a inclusão de modelos de dados mensuráveis, uma teoria não é empiricamente adequada apenas em vista dos fenômenos, mas também do que van Fraassen (2007b, 2008) chama de “aparências”. Assim como no caso da TRM e dos outros trabalhos de Suppes, a inclusão de uma relação que cumpre um papel de ponte entre a natureza e as estruturas é um ponto controverso, especialmente desde um ponto de vista dos projetos realistas (cf. Borge e Lucero, 2018).¹⁵¹ Uma teoria é empiricamente adequada se salva os fenômenos, mas o que o *framework* do empirismo construtivo efetivamente informa é que a teoria está salvando as aparências. Dito de outro modo, desde um ponto de vista realista, se a adequação da teoria ao mundo depende das aparências e as aparências dependem da teoria, há um jogo exclusivamente interno entre elas, a realidade se perdeu.

Uma maneira de tangenciar esse problema consiste em haver uma relação entre as aparências e os fenômenos. Na abordagem de van Fraassen (2007b, 2008), essa relação pode ser pensada em torno dos papéis representativos das medições. Aqui, ser uma representação significa ser usado para representar: “não há representação exceto no sentido de que alguma coisa é usada, feita ou tomada para representar algumas coisas de uma maneira ou de outra” (2008, p. 23).¹⁵² Comparativamente ao que ocorre no uso de mapas, componentes teóricos que cumprem funções representativas só funcionam junto da fixação de certos pontos, isto é, da identificação de um “estou aqui” em alguma parte do pano de fundo representacional (cf. 2008, p. 261).¹⁵³ Os usuários que estão trabalhando com as representações conectam pontos (os indexicais) para trabalhar com elas. Esse aspecto pragmático de trabalhar com um esquema que desempenha papéis representativos, a perspectiva dos usuários, dissolve o problema da conexão entre a aparência e o fenômeno.

Por detrás desse pensamento, como afirma o autor, há uma moral idealista moderna. Ela serve de *slogan* para responder à crítica sobre haver algo de cunho ontológico acima dos

¹⁵¹ A perda da realidade é uma crítica reiterada aos projetos estruturalistas de caráter não realista, apontada também sobre a própria abordagem de Suppes. Sobre isso, veja-se Rolleri (2014).

¹⁵² A sinalização de que o uso é o aspecto primordial no conceito de “representação” identifica que van Fraassen (2008) mantém uma postura deflacionária, ao invés de substancial, com relação a esse conceito. As teorias ditas “substanciais” sobre o conceito de representação investigam as condições necessárias e suficientes entre representante e representado. Por outro lado, van Fraassen (2008) – e demais abordagens deflacionárias – pensam o conceito de “representação” dentro de um contexto de uso, salientando as características das atividades de representar dos sujeitos em um determinado campo, como na arte e na ciência (cf. Borge e Lucero, 2018, p. 317).

¹⁵³ Para objeções sobre a correção da metáfora e sobre a caracterização das representações por meio dos indexicais veja-se Borge e Lucero (2018). No mesmo trabalho há objeções sobre o caráter normativo, a suficiência e a coerência interna dos critérios metodológicos formulados por van Fraassen; outros comentários nesses sentidos também podem ser encontrados em Lucero e Borge (2017).

passos pragmático-metodológicos que atribuem sentido ao trabalho com ferramentas representativas. A saber, se “aparências” são o que aparece, então, por definição, nunca se está para além delas (cf. 2008, p. 99). Diferente do cenário moderno no qual figura esse *slogan*, não se trata aqui de “aparências” em sentido subjetivo, algo interno ao âmbito (in)consciente dos sujeitos e de acesso privado – mas de perspectivas públicas sobre os fenômenos estarem por essa ou aquela configuração em vista desses ou daqueles experimentos. Inclusive os “novos” fenômenos: aqueles que aparecem pela primeira vez na história através de um dispositivo e que também devem ser salvos pelas (novas) teorias, por vezes desafiando as teorias rivais (cf. 2008, p. 100; 276).¹⁵⁴

No tácito contexto representativo, uma diferença ontológica substancial entre o fenômeno e a aparência acarretaria em um paradoxo, algo similar a dizer se trabalha com essa representação, mas ela não representa. Isto é, que os modelos de dados representam o mundo sem representá-lo. Nesse sentido, que uma teoria seja adequada ao fenômeno e que seja adequada ao fenômeno como ele é representado desse ou daquele jeito é uma tautologia pragmática (cf. van Fraassen, 2008, p. 257-260). Então, como uma teoria pode ser avaliada como empiricamente adequada se os indivíduos se relacionam com ela como um peixe se relaciona com o mar? A resposta, claro, está em algo fora dessa relação, seja algo ontológico ou metodológico. Van Fraassen (2012) opta pelo último.

Visando esclarecer também em que sentido as medições se encaixam no quadro geral da ciência, ele apresenta três cláusulas metodológicas que juntas formam um critério (nomeado por “*empirical grounding*”) para simultaneamente ampliar o escopo da teoria, bem como ampliar o escopo daquilo que conta como evidência relevante para ela. Nas suas palavras:

Existem três partes, duas enfatizadas por Weyl e uma terceira por Glymour [...]:
Determinabilidade: qualquer parâmetro teoricamente significativo deve ser tal que existam condições nas quais o seu valor possa ser determinado com base na medição.

Concordância, que possui dois aspectos:

Relativo à Teoria: essa determinação pode e geralmente deve ser feita *com base nas mesmas conexões teoricamente posicionadas*.

¹⁵⁴ Aqui, os experimentos e as medições adentram ao tópico da descoberta científica. Sobre isso, van Fraassen (2008) fala em um sentido “produtivo” dos mesmos junto de outras metáforas para entender os papéis representativos desses na atividade científica: “eles criam novos fenômenos observáveis, aqueles que podem nunca ter acontecido na natureza [...] uma vez que um novo fenômeno foi criado, ele assume seu lugar na natureza - pois nós e nossos esforços fazemos parte da natureza. Esses novos fenômenos são observáveis e tornam-se parte de nosso mundo. Assim, eles se tornam parte do que a ciência pretende ‘salvar’. [...] A criação de novos fenômenos não é, em geral, um caso de *mimesis*. Pode, de fato, fornecer informações sobre fenômenos ‘naturais’, mas não precisa fazê-lo apresentando-nos uma semelhança” (2008, p. 98).

Unicidade: as quantidades devem ser ‘coordenadas de maneira única’; é necessário haver concordância nos valores assim determinados por meios diferentes.
 Refutabilidade, a qual também é relativa à própria teoria: deve haver um resultado possível alternativo para as mesmas medidas que teria refutado a hipótese *com base nas mesmas conexões teoricamente postuladas*. (Van Fraassen, 2012, p. 783, grifo meu)

Não obstante, se essas cláusulas não são internas às teorias, então eles não aparecem nos seus modelos. Assim, como é possível dizer se eles estão ou não sendo satisfeitos? Voltando com as metáforas sobre perspectivas, van Fraassen (2008) responde que é preciso também mudar o ponto de vista: olhar a ciência não só “desde cima”, mas também “desde dentro”, combinando-as em uma visão sinóptica.

5.3 POR UMA VISÃO SINÓPTICA DA CIÊNCIA

A distinção entre fenômenos e aparências e as cláusulas metodológicas do *empirical grounding* versam sobre a mesma questão: como a teoria pode ser dita empiricamente adequada se as medições são impregnadas por ela? Com essa última coleção de cláusulas, van Fraassen espera que “a compreensão adequada desse critério será um corretivo para as preocupações sobre a ‘infecção de teoria’ das medições” (2012, p. 782). Se isso de fato é alcançado, se esses princípios são normas metodológicas ou com resquícios ontológicos inevitáveis e, sobretudo, se é feito mantendo a coerência interna com outras teses do empirismo construtivo, são temas que têm sido discutidos (cf. Borge e Lucero, 2018; Lucero e Borge, 2017), cujos tratamentos adequados requerem outro espaço. Contudo, é necessário acrescentar que a pressuposição teórica das medições possui um sentido histórico, a qual envolve a maneira com que van Fraassen (2008) abarca o problema de coordenação.

Comentando alguns aspectos dos trabalhos de Reichenbach sobre a relação coordenativa entre conceitos e experimentos, van Fraassen (2008, p. 137) argumenta que não existe um ponto de partida fixo para conectar as grandezas e os instrumentos. As regras necessárias para a interpretação dos resultados não podem ser formuladas fora de um contexto em que algumas considerações sobre a mensurabilidade já estejam atuando. Ao mesmo tempo, os resultados das medições atuam na atribuição de suporte empírico para as teorias. Portanto, e por outro lado, a primazia do contexto teórico não pode significar que a teoria sequestrou completamente a experimentação, ao custo de alguma espécie de relativismo ou –

usando a terminologia cunhada por Kosso – de um “nepotismo teórico” (*apud* Chalmers, 2003).¹⁵⁵

Ao fundo, a constatação kuhniana de que as teorias são aceitas *de facto* antes das medições serem realizadas; de que “a estrada que leva as leis da ciência até as mensurações dificilmente pode ser percorrida pelo caminho inverso” (Kuhn, 1961, p. 189-190), precisa ser equilibrada com os papéis validadores que as medições podem desempenhar (e efetivamente desempenham) nos contextos científicos. Van Fraassen (2008) retoma que uma vez aceita, a teoria infecta a linguagem utilizada. Assim, diversos aspectos dos procedimentos de medição podem receber novos significados, impregnados por esse (novo) pano de fundo. Mas como, então, a teorização e a experimentação atuam em mutua dependência? Ele argumenta que há duas maneiras de ver como isso funciona, uma “desde dentro”; outra “desde cima”. Uma compreensão apropriada da ciência requer a combinação de ambas em uma visão sinóptica (cf. 2008, p. 122).

“Desde cima” as teorias e as medições são analisadas junto de um sistema teórico relevante que visa esclarecer certas relações internas, isto é, através dos modelos. Assim, o desenvolvimento de uma teoria científica é recortado e reformulado; no caso das medições, as relações relevantes que caracterizam os conceitos mensuráveis devem ser coerentes com os modelos de dados ou de superfícies. Contudo, na presença de uma teoria aceita, uma parte integrante da compreensão dessas relações, das coordenações, é deixada ao lado ao se esquecer que essa reconstrução é um ponto dentro de um contexto histórico. Afinal, desconsiderando esse contexto, uma resposta para as questões da coordenação não poderá recorrer às escolhas que foram feitas conduzindo à teoria resultante, ao custo das relações reconstruídas parecerem apoios viciosos ou aleatórios. Ou melhor, “desde cima”, os critérios avaliativos da adequação empírica só podem estar nas coerências entre os modelos, o que pode e precisa ser complementado por uma análise “desde dentro”.

Generalizando a análise da termometria feita por van Fraassen (2008, p. 128-129), há ao menos três tipos de escolhas a serem buscadas “desde dentro”: a) de um *framework* quantitativo para representar o que está em alvo; b) de alguma referência comparativa; c) das hipóteses sobre o tipo de manipulação quantitativa que essas representações admitem. Similar ao efetuado por Chang (2004), van Fraassen (2008) questiona as razões envolvidas nessas escolhas e conclui que não é possível avaliar o que será uma “boa escolha” antes de alguma já ter sido tomada. Por exemplo, o que é um “bom termômetro” ou quão exato ele é, não é algo

¹⁵⁵ O “nepotismo teórico” também é discutido por van Fraassen (2012).

avaliável antes desses terem sido construídos, ou sem que existam referências comparativas e certas suposições que conduzem à construção dos procedimentos que as testam.

Semelhante ao abordado por Tal (2012), van Fraassen (2008) também destaca que o desenvolvimento das medições científicas envolve a busca pela estabilidade. Para ele, essa estabilidade é tanto um fato empírico – que está correlacionado com outras medições que são reunidas de maneira explanatória pelas teorias; bem como um fato histórico, uma vez que a teorização e a experimentação caminharam juntas na condução das escolhas conceituais e das técnicas. “Desde dentro”, estará sempre no horizonte a moral historicista de que aquilo que agora é um procedimento de medida é um empreendimento epistêmico que foi conquistado com muito esforço, mesmo a medição mais estável e mais usual (cf. 2008, p. 124).

Lembrando que o problema de coordenação consiste em evitar circularidades viciosas entre os instrumentos e os conceitos para justificá-los, a resposta de van Fraassen (2008) consiste em dizer que esse caráter vicioso só existe junto da hipótese tácita de que essas escolhas poderiam ser justificadas de maneira independente de um contexto prático-teórico; fora do curso da história e do desenvolvimento científico.¹⁵⁶ Uma vez que essa perspectiva é abandonada, o que parecia uma circularidade viciosa reaparece como uma relação mútua e virtuosa: um longo processo de coordenação entre teorias e práticas de medida que podem culminar, em algum momento, em um ponto estável.

Assim, “não apenas o que um procedimento mede [...] mas se é uma medição em primeiro lugar é uma questão cuja resposta é, em geral, determinada pela teoria, não apenas pelas operações ou características empíricas” (van Fraassen, 2012, p. 781-782). Isto é, as próprias medições podem possuir significados distintos ao longo dos desenvolvimentos teóricos, ou em uma mesma disciplina que utilize teorias diferentes.¹⁵⁷ Nesse ponto, o empirismo vanfraassiano dialoga diretamente com a abordagem de Chang (2004). Não obstante, o papel imprescindível das teorias é o ponto que tem sido destacadamente defendido por van Fraassen (2008), o que pode ser visto na enfática colocação de conexões teóricas postuladas em duas das cláusulas do seu *empirical grounding*.

Se objetivo dessas cláusulas metodológicas é desfazer a dependência teórica na avaliação da adequação empírica teorias, então elas devem ser elementos externos às teorias, não aparecendo necessariamente nos seus modelos e podendo ser dispensadas por algumas

¹⁵⁶ Van Fraassen (2008, p. 123) analisa a existência dessa hipótese tácita no pensamento de Reichenbach – tema que é discutido no trabalho de Padovani (2017).

¹⁵⁷ Penso que a discussão de Montévil (2019) sobre as medições na biologia mostram algo nesse sentido.

teorias – com certos custos. O critério atua através do acréscimo mútuo entre a teorização e a experimentação, isto é, desenvolvendo o escopo da teoria de maneira harmoniosa com a ampliação daquilo que conta como evidência experimental para a própria teoria. Nesse sentido, o critério van Fraassen versa sobre diretrizes metodológicas para o desenvolvimento científico, um dos pontos também levantados por Chang (2004) para reformular o problema de coordenação. Contudo, o caráter do tema é pragmático e metodológico para um, mas ontológico para outro.

De acordo com o próprio Chang (2001), há uma diferença clara entre as suas conjecturas em contraste às de seus interlocutores, sobretudo no valor atribuído ao que ele chama de “função mitológica da ciência” – isto é, o pensamento de que a ciência possui a tarefa de “fornecer compreensão para além da descrição e previsão dos fenômenos” (2001, p. 25). Para Chang (2001), a função mitológica envolve um tipo de realismo. Mas ao invés de visar uma certa coleção de asserções com valor de verdade aplicadas ao inobservável, esse realismo enfatiza os princípios constitutivos das práticas científicas – por vezes chamados de princípios de “inteligibilidade” ou de “plausibilidade ontológica”. Todavia, se a função mitológica da ciência não é valorizada, então não há motivos para insistir em um realismo em geral e, segundo Chang, aqui está a postura de van Fraassen, de Duhem e demais que reivindicam uma atividade científica que não esteja “subordinada à metafísica” (2001, p. 26).¹⁵⁸

Discutido com mais detalhes no próximo capítulo, Chang (2001, 2009) enfatiza que a ciência busca tornar inteligível também aquilo que não é acessível pelos sentidos. Isso permite identificar um sentido específico em que esses autores se afastam: a maneira com que lidam com o tema das virtudes epistêmicas. No meu entendimento, dizer que van Fraassen (1980) não valoriza uma “função mitológica” da ciência aponta uma diferença entre os papéis epistêmicos e os papéis pragmáticos das virtudes na ciência. O empirismo construtivo argumenta que aceitar uma teoria requer a crença apenas em alguns dos seus aspectos, distinguindo entre crença e aceitação. Uma virtude epistêmica, assim, é algo que está relacionado com a crença, com a verdade e a justificação. Uma virtude pragmática pode estar relacionada com a aceitação ou várias outras maneiras de se portar frente a ciência e as suas

¹⁵⁸ Vale mencionar sua própria conclusão: “se um sistema de conhecimento for empiricamente bem-sucedido, ele nos ajudará a fazer; se for ontologicamente plausível, nos ajudará a entender; se for ambos, isso é ainda mais maravilhoso. Não está claro o que mais poderíamos razoavelmente exigir ou reivindicar. Insistir em alguma ‘verdade’ além da utilidade e da inteligibilidade seria apenas uma batida de pés” (Chang, 2001, p. 30).

teorias.¹⁵⁹ A explicação científica é muito valiosa, mas o seu valor é independente de serem verdadeiras. Assim como a simplicidade, uma teoria com melhor desempenho em sua função mitológica não a torna mais provável de ser verdadeira, motivo pelo qual as virtudes relacionadas com ela são razões para aceitar, mas não para crer. A divergência entre eles, então, é profunda, ela versa sobre o que pode ser epistemologicamente alcançado pela ciência, sobre a natureza do próprio conhecimento científico.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: CONHECIMENTO?

Como notado por Morrison (2009), as atividades de medir e de modelar se confundem, sobretudo nas investigações que buscam elucidar as características epistemológicas da prática científica. Medições são procedimentos que originam modelos e, ao mesmo tempo, a modelagem aparece como pré-condição para a sua construção e avaliação. Suas relações com a observação e com a teorização compõem a complexidade com que uma epistemologia da ciência deve lidar, especialmente face aos conceitos de “representação” e “objetividade”.

Se medições são procedimentos que só fazem sentido em um contexto teórico-teológico, então o que conta como contexto teórico suficiente para elas? Aqui, van Fraassen (2012) aponta para as teorias científicas e sua história – aqueles conglomerados unificantes mais completos e maduros dos quais se dispõe após muito esforço investigativo. Tal (2012) e Chang (2004) não indicam o mesmo. Discutido no próximo capítulo, Chang (2004) situa as medições nas tradições de pesquisa, na história e na prática da ciência em um projeto interdisciplinar, uma *science studies*, ao seu modo. Por sua vez, Tal (2012) aceita o convite de Morgan e Morrison (1999) e volta a sua atenção para a natureza híbrida dos modelos, cujos aspectos operacionais e representacionais

¹⁵⁹ Um dos principais pontos levantados pelo empirismo construtivo consiste no papel que crenças sobre o inobservável (não) desempenham na aceitação de uma teoria científica. A oposição entre as virtudes epistêmicas e as virtudes ditas pragmáticas origina um problema sobre as pretensões desse objetivo, formulado por Ladyman: “existe alguma razão pela qual um empirista deve adotar o empirismo construtivo, ao invés de um empirismo pragmatista no qual a distinção entre o epistêmico e o pragmático colapsa, bem como incorpora a crença em inobserváveis?” (2007, p. 53, grifo meu). Cumpre ressaltar que van Fraassen esboça uma resposta a essa questão (cf. 2007a, p. 344-346). Do meu ponto de vista, o problema permanece mesmo sem que a crença no inobservável seja incorporada.

idealizados os fazem figurar como fontes epistemológicas autônomas (cf. Dutra, 2017, p. 166).

Ao fazê-lo, Tal inicia uma “tentativa sistemática de trazer *insights* da crescente literatura sobre a filosofia da modelagem científica para lidar com problemas tradicionais na filosofia da medição” (2012, p. 4). Uma síntese de alguns dos principais pontos reivindicados pela abordagem baseada em modelos é fornecida pelo autor:

(i) a maneira adequada de aplicar um conceito teórico (por exemplo, o conceito de uniformidade de tempo) depende não apenas de sua definição, mas também da maneira como os instrumentos concretos são modelados nos termos desse conceito, tanto teórica quanto estatisticamente; (ii) metrologistas são, até certo ponto, livres para influenciar o modo apropriado de aplicação dos conceitos que padronizam, não apenas por meio de atos de definição, mas também ajustando redes de instrumentos e modificando seus modelos desses instrumentos; (iii) metrologistas exercem essa liberdade mudando continuamente o modo apropriado de aplicação dos conceitos que padronizam, de modo a maximizar a estabilidade de suas redes de padrões; (iv) no processo de maximizar a estabilidade, metrologistas descobrem e exploram regularidades empíricas no comportamento de seus instrumentos. (Tal, 2012, p. 125).

Explorado ao longo de todo esse trabalho, a sensibilidade ao contexto parece ser uma característica inerente aos processos de medição. Algumas das consequências desse pensamento revisitam noções tradicionais na filosofia da ciência, tais como progresso, confirmação, explicação e o caráter objetivo do conhecimento científico. Apontar para a importância dos contextos e para a dependência teórica das medições parece considerar que elas sejam casos de um “conhecimento” situado ou perspectivo. Como diz van Fraassen, isso “pode não ser muito satisfatório para alguém que sustente uma visão mais robusta do conhecimento” (van Fraassen, 2000, p. 349). Mas ao invés de um desafio para a objetividade dessas práticas científicas, esse caráter sensível pode reaparecer como uma sutileza virtuosa dessas metodologias.

Não obstante, a força na consideração das virtudes epistêmicas e pragmáticas está no centro da divergência entre o empirismo construtivo e a abordagem de Chang (2004). Essas considerações não são isoladas, são reflexos de uma discussão mais ampla, sobre o que é o genuíno conhecimento científico e como ele pode ser alcançado. Esse tema é tratado por van Fraassen (2008) explorando “paradoxos de perspectivas” vinculados às representações científicas. Penso que – para além de perspectivas metafóricas – são paradoxos sobre o próprio conhecimento, como diz Ravetz (1996, p. 236), ajudando a lembrar que talvez uma grande convenção nesse cenário esteja no quão amplamente o conceito de “conhecimento”

deva ser aplicado. Entre o útil saber efêmero e o conhecimento seguro que dificilmente é alcançado. Se “parece melhor restringir o termo aos resultados que são tão sólidos que sobrevivem [...] tanto quanto vive a estrutura da realidade em cujos termos esses são expressos” (Ravetz, 1996, p. 236), então a enfática distinção do empirista entre as virtudes epistêmicas e pragmáticas está no caminho. Penso que Chang (2004), por sua vez, destacaria outra passagem do mesmo autor: “para uma investigação profunda do conhecimento [...] outros tipos de conhecimento devem ser levados em consideração” (Ravetz, 1996, p. 240).

CAPÍTULO 6. COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

“A esperança dança na corda bamba de sombrinha e em cada passo dessa linha pode se machucar. Azar, a esperança equilibrista sabe que [...]”

*Ellis Regina ***

O capítulo anterior iniciou uma discussão sobre a conexão entre elementos teóricos e os instrumentos de medida, sobretudo em vista de uma (aparente) circularidade viciosa, adentrando ao problema de coordenação. Recentemente, Luchetti (2020) destacou que o termo “coordenação” envolve um problema geral na epistemologia da ciência, para o qual há casos especiais. Alguns desses casos são discutidos na epistemologia sobre as medições. Em um dos seus sentidos gerais, o tema da coordenação recai na dúvida sobre o vínculo epistemológico entre quaisquer componentes teóricos (sobretudo, representativos) e concretos (especialmente, experimentos).

Observando os componentes das medições, pode-se apontar casos de “coordenação” em qualquer elemento teórico que (supostamente) possui uma contraparte empírica, em vista das etapas de preparação, de manipulação e de interpretação das medições. O problema da representação numérica das manifestações empíricas é um deles. A busca por princípios coordenativos, como feito por Mach (1986), é outro. Ao estilo de Bridgman (1927), uma questão sobre como sabemos que diferentes instrumentos disponíveis para medir uma mesma grandeza estão efetivamente medindo a mesma coisa, também o é. Discutido no capítulo anterior, o trabalho de Tal (2012) expõe outras três variações desse tipo de pergunta em vista da prática metrológica.¹⁶⁰ Esses nortes investigativos possuem uma dificuldade em comum: justificar que as representações de certos alvos empíricos são adequadas, tendo em vista que esses alvos não são acessíveis de maneira independente das próprias operações concretas.

Havendo essa dependência, a identificação das características que atribuem significado às peças de conhecimento em contextos de mensuração depende da correta utilização dos procedimentos de medida. Em contrapartida, a utilização dos procedimentos requer a correção

** Trecho da canção “O Bêbado e a Equilibrista” interpretada por Elis Regina no álbum “Essa Mulher” – composição de João Bosco e Aldir Blanc, Gravadora WEA, 1979.

¹⁶⁰ Vale lembrar: 1) como é possível saber se um dispositivo mediu o que foi pretendido; 2) o que significa reivindicar que essa medição é “exata” e como ela pode ser justificada; 3) se as discordâncias entre as indicações originadas por diferentes instrumentos (para uma mesma grandeza) são medidas diferentes ou sinais de erros.

interpretativa dos resultados obtidos: que sejam considerados válidos à luz de teorias ou esquemas teóricos previamente estabelecidos. Esse par de considerações montam o que tem sido chamado de problema de coordenação aqui: evitar uma circularidade viciosa no estabelecimento de grandezas e na preparação das suas respectivas medições; entre âmbitos teóricos e experimentais.

Essa circularidade envolve um encontro entre duas intuições na filosofia da ciência. Por um lado, estão os papéis validadores que geralmente são atribuídos às medições: que verificam; testam; corroboram; chancelam hipóteses e teorias, os quais estão diretamente relacionados com o caráter empírico e objetivo do conhecimento científico. Por outro lado, frente às discussões sobre como a ciência se desenvolve, as teses derivadas da impregnação teórica das observações, dos relatos observacionais e da experimentação aparecem. Ao fundo, o problema permanece na acomodação da teoria com a realidade, mas aqui com o acréscimo significativo das relações que medições mantêm com ambas. Como sinaliza Montévil, “um cientista não pode presumir que seu acesso à realidade seja o de um *daemon* onisciente. Compreender o que significa observar fenômenos naturais é fundamental” (2019, p. 35). O lema de que é a teoria que decide aquilo que se pode “ver” – espalhada no século passado também por físicos célebres, sobretudo por Einstein e Heisenberg (cf. Krause e Arenhart, 2013, p. 163) – parece se estender naturalmente ao que se pode medir. Afinal, medições só fazem sentido quando há um contexto teórico e teleológico estabelecido, isto é: quando se tem em vista o que será medido porque há um *background* que diz o que é esse algo, como ele se comporta e como pode receber representações quantitativas significativas.

A ênfase na pressuposição teórica das medições representa também uma ruptura em relação às abordagens clássicas sobre progresso e confirmação na ciência.¹⁶¹ O desafio das teorizações que a mantêm é, portanto, duplo: encontrar uma teoria do desenvolvimento da ciência, não necessariamente nova, mas que possa ocupar o lugar desta visão; mantendo também a objetividade do conhecimento científico – em algum sentido robusto, mesmo que não derivado das visões tradicionais sobre a verdade das teorias. Tais alternativas podem ser pensadas sob a forma de uma postura coerentista. Substituindo uma metáfora por outra, a postulação de princípios que recomendam um método axiomático – de certos alicerces cartesianos que fundam o edifício da ciência – dá lugar aos bem conhecidos marinheiros de Neurath:

¹⁶¹ Para elas, veja-se Dutra (2017, capítulos 1 e 2).

não há maneira de estabelecer sentenças protocolares totalmente seguras e organizadas como ponto de partida das ciências. Não há *tabula rasa*. Somos como marinheiros que precisam reconstruir seu navio em mar aberto, sem jamais poder desmontá-lo e reconstruí-lo em uma doca seca, com os melhores componentes. Apenas a metafísica pode desaparecer sem deixar vestígios. Os ‘aglomerados verbais’ imprecisos [*Ballungen*] são, de certa maneira, sempre partes do navio. Se a imprecisão for diminuída em algum lugar, ela pode muito bem reaparecer em outro em um grau mais forte (Neurath, 1983, p. 92).

Embora Neurath (1983) fale de “imprecisão” em vista do rigor na definição dos conceitos, no contexto das medições, precisão e exatidão são características vinculadas aos resultados dos procedimentos. Com isso, o diagnóstico do autor sobre a “imprecisão” possuir uma fluidez recai no balanço entre visões globais e locais da atividade científica. Localmente, a substituição de métodos considerados menos exatos não parece acarretar em uma “imprecisão” mais forte em outro lugar. Inclusive, se o aprimoramento na exatidão dos processos de medida jamais servir para modificar algum elemento no pano de fundo teórico amplo da ciência, então a existência de um vínculo entre a experimentação e o desenvolvimento teórico se torna um tema muito mais controverso. Contudo, isso não significa que consequências globais sejam evitadas, isto é, que essas substituições mantenham intactos outros elementos teóricos relacionados a elas.

Como salientado em alguns dos trabalhos de Cartwright e de seus colaboradores, parece haver um balanço entre os aspectos específicos e gerais vinculados com a aplicação da ciência e a explicação científica. Quanto mais exato e específico um alvo consegue ser mensurado por um método, menor a aplicabilidade global do próprio método. Aqui, a seguinte consideração sobre a busca por rigor e por utilidade parece atuar como uma máxima: “o uso de conceitos para diferentes propósitos [...] atrapalha a possibilidade de comparação e o acúmulo de conhecimento, mas isso às vezes torna as medidas mais apropriadas para os objetivos aos quais elas supostamente devem servir” (Cartwright, Bradburn e Fuller, 2016, p. 17).

Dentre as muitas considerações e dificuldades em volta dessa constatação, como a própria caracterização de conceitos mensuráveis ditos “complexos” (inclusive em vista do sinalizado por Neurath com o termo “*Ballung*”), destaco dois temas. Por um lado, que as substituições de “peças” em um tipo de “sistema de conhecimento” sejam responsáveis por aprimorar e/ou comprometer as características epistêmicas dos mesmos, as suas virtudes. Por outro lado, que as relações de apoio mútuo nesse sistema sejam incapazes de fornecer uma boa teoria da justificação; pois fomentam algo similar ao comentário de que a estrutura

objetiva do conhecimento científico é como um grupo de marinheiros bêbados que só não cai porque estão apoiados uns nos outros (cf. Haack, 1993, p. 27).

Essas considerações envolvem a cautela na transformação do conhecimento científico, a esperança por ampliação desse conhecimento, por progresso, junto do tema da justificação desse conhecimento. Elas encontram as investigações epistemológicas voltadas para os contextos de mensuração no trabalho de Chang (2004). Para ele, a saída frente ao problema de coordenação consiste justamente em explorar as virtudes da relação de apoio mútuo entre teoria e experimentação. Sua proposta consiste em mostrar que o diálogo entre aspectos teóricos e experimentais é um fator determinante para o aprimoramento do conhecimento científico, formando uma virtuosa relação de recíproco progresso. Nesse sentido, mesmo se a constituição dos saberes científicos for figurativamente comparável ao grupo de marinheiros bêbados, cumprirá ressaltar que esses não se apoiam uns nos outros apenas para não cair, mas sobretudo para progredir: eles estão vindo de algum lugar e continuam caminhando! Assim, outra questão se destaca: para onde eles se destinam?

6.1 ITERAÇÕES EPISTÊMICAS

Desde a própria reformulação do problema de coordenação, as estratégias de Tal (2012), Chang (2004) e van Fraassen (2008) colocam o caráter aparentemente vicioso no centro da questão, explorando as virtudes que a relação mútua entre teorias e procedimentos confere ao desenvolvimento científico. Tal (2012) argumenta que a metrologia utiliza uma série de elementos recursivos em um trabalho em rede entre vários modelos e dispositivos para prever o que irá acontecer e inferir o que é relevante no que está acontecendo. Van Fraassen (2008) propõe que a ciência seja entendida de maneira sinóptica, por exemplo, considerando as escolhas que, “desde dentro”, envolvem o mútuo desenvolvimento de termômetros e da termometria, os quais se estabilizam formando as relações coerentes reconstruídas “desde cima”. Em “*Inventing Temperature*”, os desafios que conduziram ao desenvolvimento da termometria também são os principais estudos de caso Chang (2004). O autor questiona os papéis que elementos teóricos e padronizantes desempenham na interpretação da regularidade dos fenômenos, na identificação de características do que está sendo medido e na verificação do correto desempenho dos instrumentos. Sumariamente, a análise encontra quatro questões similares às seguintes:

- De que maneira uma porção de fenômenos pode ser considerada regular sem que haja um esquema teórico estabelecido previamente?
- Se o teste do desempenho dos instrumentos, como os termômetros, depende de regularidades empíricas, como essas regularidades são estabelecidas e testadas em vista dos dados fornecidos por um termômetro?
- Como avaliar que uma escala está sendo aplicada com sucesso a novos âmbitos sem padrões teóricos pré-concebidos sobre as novas extensões da escala?
- Como testar a correção das formulações das grandezas, como os conceitos de temperatura, estabelecendo uma correspondência entre essa e uma operação física a partir de uma teoria que, por sua vez, também requer verificações através dos resultados de um procedimento de medida?

No trabalho de Chang (2004), as quatro questões são interpretadas como problemas que derivam das limitações das explicações fundacionalistas, sobretudo as de caráter empirista. Uma vez que não é possível reconstruir uma cadeia justificativa até a natureza para respondê-las, recusar a necessidade dessa reconstrução parece ser o caminho mais frutífero. Então, “na ausência de quaisquer fundamentos óbvios auto justificados, não temos outra escolha a não ser continuar procurando a justificação. Essa perseverança só pode nos levar ao coerentismo” (Chang, 2004, p. 223).

O projeto de índole coerentista construído por Chang (2004) visa superar uma dificuldade tradicionalmente atribuída a essas posturas. A saber, que o conceito de “justificação” é incorretamente reduzido às relações de coerência interna a um sistema, promovendo uma epistemologia incapaz de fornecer uma imagem apropriada do desenvolvimento científico. Ou seja, o objetivo é fornecer uma explicação coerentista, mas progressiva, que mantenha e explique certas intuições sobre o progresso científico.

Chang (2004) argumenta que uma abordagem coerentista possui o lucro de pressupor um certo *background*, cujas relações serão seu objeto de estudo. Pode-se pressupor, então, que a investigação parte de uma espécie de sistema de conhecimento, mesmo que imperfeito, cuja análise visa identificar que alterações podem aprimorar esse sistema, seja nos seus elementos ou na forma como eles se relacionam. Assim, a questão se torna: como os sistemas de conhecimento encontrados nos contextos de medida são aprimorados?

A ideia geral pode ser esquematizada considerando que, ao invés de circular, o cenário é composto por relações de apoio mútuo que formam iterações entre elementos epistêmicos. De acordo com Chang, uma

iteração epistêmica é um processo no qual estágios sucessivos de conhecimento, cada qual construído com base no anterior, são criados a fim de aprimorar o alcance de certos objetivos epistêmicos [...]. Em cada etapa, o estágio posterior é baseado no estágio anterior, mas não pode ser deduzido dele em qualquer sentido direto. Cada elo é baseado no princípio do respeito e no imperativo do progresso, e toda a cadeia exibe um progresso inovador dentro de uma tradição contínua. (2004, p. 226).

Aplicada aos contextos de medida, há a seguinte ideia geral. As medições são formuladas dentro de uma tradição em vista de certos propósitos, para os quais ocorre uma dinâmica com estágios sucessivos através da substituição de algum componente teórico ou experimental. A configuração anterior e resultante é um sistema de iterações epistêmicas ao passo em que está aprimorando certas características visadas, seja nos esquemas teóricos, ou nos dispositivos.

Assim, algumas questões requerem atenção. Em primeiro lugar, a abordagem pressupõe que já exista um sistema de conhecimento, o que Chang (2004) vê como vantagem de uma postura coerentista. Em segundo lugar, pensar nos sistemas através de iterações epistêmicas é uma maneira de substituir a busca por justificação pela noção de “aprimoramento”. Ambos pontos estão conectados. Ciente dessas dificuldades, Chang (2004) os relaciona com duas perguntas: “como podemos dizer que realmente sabemos o que sabemos? Como poderemos saber mais e melhor do que antes?” (2004, p. 233). Enquanto o conceito de “justificação” se encaixa na primeira, “progresso” é o conceito em tema na segunda. O método de iterações epistêmicas caminha por essa segunda via. Mas se não houver vínculo epistêmico, o aprimoramento não seria “no máximo” pragmático? Por exemplo, alterar um dispositivo em um tipo de medição pode resultar em um procedimento que aplica essas medições a um novo local. Assim, certamente aprimoramos o leque do que se pode fazer, do fazer mais. Mas o saber mais e melhor foi carregado junto da ampliação dos alvos mensuráveis?

A questão levantada aqui pode ser entendida da seguinte maneira: por quais motivos se qualifica como “epistêmico” o método de iterações – ao invés de nomeá-lo por “iterações pragmáticas”? Do meu ponto de vista, a alternativa de Chang (2004) aponta para um contexto teleológico das medições. Isto é, que os próprios objetivos em função dos quais os procedimentos são preparados sejam epistemológicos. Para além das medições, Chang (2004) se refere aos objetivos da ciência como um todo. Esse *télos* é constituído em função de

virtudes epistêmicas que atuam junto de regras que subjazem às atividades científicas. Quais virtudes? Todas elas. Preocupado com alguma característica cuja exclusão seja contraproducente para o desenvolvimento científico, Chang (2004) avança uma forma de pluralismo epistemológico com relação aos objetivos das investigações científicas e das virtudes epistêmicas relevantes para a ciência.

Há dois temas importantes aqui, um de caráter convencional, outro de natureza ontológica. A pluralidade de objetivos e virtudes que se abrem para a promoção do desenvolvimento científico depende das escolhas da comunidade sobre os fins e os meios – ou seja, as direções dos programas de pesquisa nem sempre são determinadas pelo objeto de estudo. A liberdade de escolha dos objetivos e caminhos para o desenvolvimento científico requer uma qualificação mais precisa sobre essas virtudes, isto é, que sejam todas de um “mesmo tipo”, para que figurem dentro de uma coleção de horizontes epistêmicos. Também por isso, a liberdade de pesquisa encontra um aspecto ontológico: os objetivos podem ser convencionalmente estabelecidos, mas as atividades que os alcançam possuem elementos constitutivos.

Chang (2001, 2004, 2011) argumenta que as atividades científicas visam um objetivo dentro de um contexto em que há certas regras que as tornam inteligíveis. Essas regras, que atribuem sentido ao que se está fazendo, são chamadas de “princípios ontológicos”, pois não são empiricamente testáveis (cf. Chang, 2004, p. 91). Por exemplo, se a atividade de contar só faz sentido quando os alvos são assumidos como discretos, então há nessa atividade – mesmo tácito – um princípio ontológico sobre o “ser discreto”.¹⁶² Isto é, uma asserção de fundo que é assumida sobre as “características essenciais da realidade por uma comunidade epistêmica, a qual forma a base da inteligibilidade [...] [cuja] justificação [...] não é lógica tampouco advém da experiência” (Chang, 2004, p. 256). Assim, a ênfase na constituição inteligível das atividades científicas – sobretudo aquelas que são “pretendidas para contribuir com a produção ou aprimoramento do conhecimento em uma maneira particular, em acordo com algumas *regras discerníveis*” (Chang, 2011, p. 209, grifo meu) – reúne uma epistemologia baseada nas atividades com uma postura realista sobre os objetivos da ciência. As iterações epistêmicas são, assim, partes em um programa filosófico amplo.

¹⁶² De quebra, essa ideia poderia resultar em uma saída arrojada para a questão da demarcação entre o medir e o contar: são atividades para as quais subjazem diferentes princípios ontológicos. Enquanto o contar cotidiano envolve um princípio sobre o alvo ser discreto; o medir envolve uma coleção de princípios.

6.2 PESANDO AS ATIVIDADES EPISTÊMICAS

Uma síntese do exposto até aqui pode ser encontrada no seguinte recorte explicativo, fornecido pelo próprio autor:

iteração epistêmica é o método central do coerentismo progressivo. No *framework* de um coerentismo, a investigação deve proceder com base na afirmação de algum sistema de conhecimento existente. [...] Iniciar por um sistema de conhecimento existente significa construir nas conquistas reais de algum grupo passado de seres inteligentes. Isso confere ao progresso do conhecimento um caráter inexoravelmente histórico e, ironicamente, um caráter também conservativo. Ao mesmo tempo, a conservação da iteração epistêmica é fortemente temperada por um inerente pluralismo. Há vários aspectos com respeito a esse pluralismo. Temos liberdade para escolher qual sistema de conhecimento existente será afirmado como nosso ponto de partida. O grau e a profundidade da afirmação também dependem de nós. Talvez mais importante, a afirmação de um sistema existente não fixe completamente a direção do seu desenvolvimento. O ponto não é meramente que não sabemos qual a direção correta desse desenvolvimento, mas de que talvez sequer haja tal coisa como a correta direção ou mesmo a melhor direção do desenvolvimento. O desejo de realçar diferentes virtudes epistêmicas pode nos levar a diferentes direções de progresso, uma vez que realçar uma virtude pode vir ao preço de sacrificar outra [...] [e] cada linha de investigação precisa ocorrer dentro de uma tradição [...]. A metodologia da iteração epistêmica permite o florescimento de tradições concorrentes, cada uma das quais pode progredir em sua própria base, sem sempre precisar ser julgada em relação às outras. O progresso científico requer tradição e permite liberdade ao mesmo tempo. (Chang, 2007, p. 20).

Junto de uma compreensão do desenvolvimento científico através das iterações epistêmicas, Chang (2004) propõe que uma compreensão satisfatória da ciência exige uma integração entre os estudos da história, da ciência e da filosofia.¹⁶³ Outros dois pontos de seu projeto são pensados através dos objetivos da ciência, nomeados por “epistemologia baseada em atividades” e “realismo ativo”. O realismo ativo é, ao invés de uma tese descritiva, uma postura sobre os objetivos da ciência: o compromisso com a busca por conhecimento, tanto nos termos de explicação, como de adequação empírica (cf. Chang, 2018, p. 31).

Em contraste com a primazia dos elementos linguísticos das teorias científicas, as características epistemológicas da ciência são apontadas pelo autor na dimensão material da experimentação e nos aspectos que orbitam as atividades científicas (cf. Luchetti, 2020, p.

¹⁶³ Sobre essas relações, Chang é membro do comitê da *Integrated History and Philosophy of Science – &HPS*, compartilhando a ideia dessa organização de que ciência, história e filosofia da ciência são atividades que se complementam em vista dos objetivos de compreender e de manter o conhecimento científico. Chamada de “ciência complementar”, o projeto acadêmico de Chang (2004, cap. 6) propõe aliar os três tipos de investigações, inclusive reconstruindo experimentos que foram realizados ao longo da história e, de algum modo, se tornaram obsoletos, a fim de fornecer contribuições genuinamente científicas que visam, dentre outros objetivos, manter o conhecimento adquirido sem apagar o seu desenvolvimento.

35). Tendo em vista “uma mudança de foco das proposições para as atividades” (Chang, 2011, p. 208) nas investigações epistêmicas, é preciso tanto esclarecer o que são essas atividades – para as quais ele oferece uma espécie de gramática – quanto os aspectos relevantes a serem abordados nesse programa. Para isso, Chang fornece uma espécie de agenda investigativa, cujos tópicos são os seguintes (cf. 2011, p. 217):

- (a) Atividade: O que está sendo realizado?
- (b) Propósito: Em vista de quais objetivos?
- (c) Agentes primários: Quem está fazendo?
- (d) Interlocutores: Para quem / com quem se está fazendo isso?
- (e) Princípios: Quais pressupostos ajudam essa atividade a ser inteligível?
- (f) Capacidades: O que os agentes devem ser capazes de fazer?
- (g) Recursos: Quais ferramentas são necessárias para que essa atividade seja bem sucedida?
- (h) Liberdade: Que tipos de escolhas os agentes podem fazer?
- (i) Avaliação: Quem está julgando os resultados e com quais critérios?

Também em função dos itens dessa agenda, o método de iterações epistêmicas pode ser visto como uma maneira de “compreender perfeitamente um sentido de justificação hierárquica, sem insistir que essa justificação deva terminar em uma base inabalável ou temer que esteja condenada a um regresso ao infinito” (Chang, 2004, p. 224). Colocando em parênteses se o programa explica suficientemente o desenvolvimento científico em sentido amplo, *prima facie* ele acerta alguns desenvolvimentos metrológicos. Como exemplo paradigmático, a recente alteração na definição do quilograma pode ser narrada considerando os tópicos acima (cf. Quinn, 2017).

Resumidamente (utilizando letras para indicar os itens da agenda), pode-se esclarecer algo no seguinte sentido. A comunidade metrológica (c) estava alterando a definição da unidade padrão da massa (a) com o propósito de (b) corrigir imprecisões e aprimorar a calibração, além de tornar certas medições científicas mais precisas em determinados contextos (d). Para isso, a comunidade de cientistas envolvidos no projeto (f) buscava e (i) avaliava a possibilidade de vincular os estudos sobre a Constante de Planck h – dentre outros princípios e constantes (h) – com certos instrumentos de medida (g). Enquanto alguns

cientistas optaram (h) pela análise do desempenho (g) da balança de watt (*watt balance*), outros optaram por (g) experimentos de cristalografia de raios-x (*x-ray crystal density*).

Posto os itens que devem ser esclarecidos por uma epistemologia baseada nas atividades, os eventos que resultaram na nova definição do quilograma elucidam exemplarmente o funcionamento das iterações epistêmicas. Em primeiro lugar, é preciso situar o contexto histórico, ressaltando os propósitos e a existência de um sistema de conhecimento estabelecido em uma tradição – nesse caso, a metrologia.¹⁶⁴ Como explicado por Crease (2013), definir as unidades de medida por meios cada vez mais constantes, estáveis e regulares, é um antigo objetivo metrológico. Anteriormente padronizadas através de protótipos, a definição do metro-padrão por referência à velocidade da luz no vácuo iniciou um movimento de redefinição das unidades através de constantes físicas.¹⁶⁵ Até meados de 2018, a unidade da massa era definida por referência a um cilindro de platina-irídio, sendo a única dentre as chamadas “grandezas básicas” que não havia sido definida nos termos de um fenômeno natural estipulado por uma teoria. Nessa perspectiva, o propósito epistêmico possui um sentido de progresso muito claro, similar à acepção kuhniana de preencher lacunas em um *puzzle*.

A importância de se considerar as capacidades, os recursos, os interlocutores e os princípios pela abordagem de Chang (2011) reitera que se há um “paradigma” em jogo, de modo algum esse pode ser elucidado apenas em vista da linguagem das teorias científicas. Considerando as capacidades dos agentes científicos, o trabalho de Chang (2011) soa um prosseguimento das análises de Polanyi (*apud* Cupani, 2018, p. 62) sobre as negligências com relação às habilidades dos cientistas na produção de conhecimento. Também ao modo de Polanyi (*apud* Cupani, 2018, p. 75) se há problemas a serem resolvidos, são questões que orbitam o compromisso dos agentes com a busca pelo saber científico dentro de uma tradição, mesmo quando se tratam de lacunas teóricas.¹⁶⁶

Com relação aos recursos, as contribuições advindas da filosofia da tecnologia, como o trabalho de Constant (*apud* Cupani, 2016, p. 178), auxiliam a pensar também que certas virtudes operacionais e um tipo de “paradigma tecnológico” esteja em cena. Afinal, a

¹⁶⁴ Para uma história geral da metrologia e alguns comentários adicionais sobre a redefinição do quilograma e os experimentos utilizados, como a balança de watts, veja-se Vaz (2017).

¹⁶⁵ De acordo com ele: “o cientista francês François Arago expressou o sonho da seguinte maneira: ‘uma medida que possa ser reproduzida mesmo depois que terremotos e terríveis cataclismos arrasem nosso planeta e destruam os protótipos padrão preservados nos arquivos’” (Crease, 2013, p. 177).

¹⁶⁶ A aproximação não é gratuita e, em trabalho mais recente, Chang (2017a) a sinaliza em outros aspectos.

metrologia não é uma ciência desvinculada da tecnologia disponível, pelo contrário, questões metrológicas impulsionam o desenvolvimento tecnológico. Se isso faz sentido, pode-se pensar que a alternância nas unidades (das definições através de protótipos, para unidades definidas através de constantes naturais que precisam ser aproximadamente realizadas pelos instrumentos) seja um caso de “revolução tecnológica” interno à história da ciência, substituindo os artefatos por dispositivos.¹⁶⁷ Nesse aspecto, o VIM 3 e demais documentos fornecidos no campo são partes determinantes de uma padronização *sui generis*: que constrói o vínculo entre ciência e tecnologia “normais”. A noção de progresso resultante dialoga com problemas e virtudes tanto teóricos quanto operacionais, em uma rede de complementos.

Como argumenta Douglas (2014), o progresso da ciência parece ser um quebra-cabeça originado em vista de uma suposta primazia das teorias científicas nas análises da ciência. De acordo com a autora, é mais fácil compreender em que sentido a ciência progride se, ao invés disso, a entendermos enquanto uma coleção de atividades dinâmicas, na qual a teorização é um dentre outros aspectos importantes. Não obstante, o trabalho de Quinn (2017) apresenta, desde um ponto de vista interno ao desenvolvimento metrológico, alguns esclarecimentos sobre a nova definição do quilograma que se encaixam ao esquema das iterações epistêmicas.¹⁶⁸ Além de elucidar como e por quais razões históricas as constantes físicas são visadas para substituir os artefatos, Quinn (2017) destaca os desafios tecnológicos na recente alteração. À parte dos detalhes técnicos dos trabalhos com as balanças de watt e com as técnicas de cristalografia de raios-x, que exigiriam um espaço considerável, a ideia de que esses instrumentos permitem realizar as definições é avançada por Quinn (2017) junto de uma visão intuitiva sobre os sentidos em que elas representam um progresso.¹⁶⁹

Vale lembrar, o termo “realização” significa o modo como a unidade pode ser aproximadamente alcançada, como discutido no capítulo anterior a partir do trabalho de Tal (2012). Assim, Quinn explica que

¹⁶⁷ Ressaltando-se que “à diferença das revoluções científicas no modelo de Kuhn, que são ao mesmo tempo inovadoras e eliminatórias, as revoluções tecnológicas não necessitam implicar uma seleção radical, não supõem forçosamente uma nova comunidade, e são compatíveis com a continuidade da tecnologia ‘normal’” (Cupani, 2016, p. 180). Ressalto também que, se há uma revolução tecnológica nesse desenvolvimento metrológico, então ela foi precedida por “anomalias” presumíveis: o reconhecimento de que os desempenhos metrológicos fornecidos por padrões naturais são mais seguros, exatos, amplamente aplicáveis, etc., do que o realizado através dos materiais (cf. Cupani, 2016, p. 178).

¹⁶⁸ O ponto de vista é dito “interno” por conta de Quinn (2017) ocupar a posição de diretor emérito do *Bureau International des Poids et Mesures* – BIPM.

¹⁶⁹ Não obstante, Quinn (2017) argumenta, de maneira similar ao posto por Chang (2004), que podemos perguntar o que veio antes, um desenvolvimento científico ou um avanço metrológico, mas o que a história da metrologia mostra é que há uma dependência mútua.

qualquer definição abstrata de uma unidade levanta a questão de como ela pode ser realizada na prática, ou como as medições podem ser feitas de acordo com a definição. Isso é muito diferente da realização prática de uma definição baseada em um objeto material, onde a realização prática é o próprio objeto. Tradicionalmente, uma unidade era considerada um exemplo particular da quantidade em questão, escolhida para ter um tamanho conveniente, como acontece com os protótipos internacionais do metro e do quilograma (2017, p. 11).

Quinn (2017, p. 12) considera que essa forma de definir as unidades é um movimento teórico, uma nova concepção do sistema internacional de medidas. Junto do item da liberdade salientado na agenda de Chang (2011), Quinn (2017) afirma que é um lucro dessa nova concepção metrológica a permissão para que se utilize qualquer equação física que se considere pertinente para estipular a relação entre uma definição e a sua realização. Nesse sentido, Quinn (2017) afirma a esperança de que desenvolvimentos teóricos e tecnológicos futuros possam proporcionar novas equações que sirvam de referências para outras unidades e procedimentos, os quais poderão modificar a exatidão das realizações – preenchendo lacunas e aprimorando métodos. Assim, o progresso da ciência, como notado por Douglas (2014), não se reduzirá ao surgimento de novos e “melhores” artefatos, mas também e sobretudo de novos entendimentos.

Com o exposto até aqui, vale a pena questionar duas coisas. Em primeiro lugar, onde estão os princípios ontológicos que se relacionam com a inteligibilidade: o que exatamente devemos relatar para preencher o item (e) da agenda? *Grosso modo*, podemos pensar que eles estão em toda parte dessa história. Pode-se apontar que o afamado “ato desesperado” de Planck (cf. Baggotti, 2017, p. 129) cujo o desenvolvimento teórico resultou na constante adotada é um desses. Antes, se esse panorama metrológico foi impulsionado pela redefinição do metro em vista da velocidade da luz, então a simetria que é estabelecida por definição no trabalho de Einstein (1905, p. 3) é um exemplo paradigmático desses princípios.¹⁷⁰ Ademais, seguindo as considerações de Chang (2001), pode-se sinalizar quaisquer assunções tácitas que ajudam a tornar inteligíveis as atividades específicas nesses desenvolvimentos científicos. A outra pergunta é: quais virtudes atuaram e em que sentido elas são epistêmicas?

¹⁷⁰ Refiro-me à simetria no tempo em que a luz percorre um trajeto entre os pontos A – B e entre os pontos B – A. Nas palavras do autor: “mas não é possível comparar, sem assunções adicionais, um evento em A com um evento em B em respeito do tempo. Nós não definimos um ‘tempo comum’ para A e para B; pois o último não pode ser definido a não ser que se estabeleça *por definição* que o ‘tempo’ requerido para a luz viajar de A para B seja igual ao ‘tempo’ que é requerido para viajar de B para A” (Einstein, 1905, p. 893, grifo do autor). Ela é importante uma vez que a medida da velocidade envolve ou sincronizar medidores de tempo, ou utilizar um espelho para que o feixe volte ao medidor de tempo utilizado.

6.3 METODOLOGIAS VIRTUOSAS

As perguntas anteriores podem ser recolocadas da seguinte maneira: o que há de “ontológico” nos princípios e o que há de “epistêmico” nas virtudes envolvidas nas medições científicas. De acordo com Chang (2004), a busca pela justificação conduz as investigações sobre as medições a um coerentismo progressivo. A metáfora dos marinheiros fornecida por Neurath ajuda a conceber o argumento de Chang.¹⁷¹ Como o navio daquele cenário, um sistema inicial de conhecimento já está historicamente construído. Alterações nas partes do navio são válidas em vista de certos objetivos, como aproveitar melhor o vento e, sobretudo, não naufragar. Modificações em partes dos sistemas de conhecimento da ciência fazem sentido quando visam aprimorar ou corrigir o desempenho de certas funções que o elemento em alvo desempenha. Sua validade depende, então, das virtudes epistêmicas que estão em cena – por exemplo, o alcance e a exatidão.

Similar ao discutido no final do Capítulo 5, há uma lacuna a ser preenchida aqui: algo que conecte o “progresso” e “aprimoramento” com “conhecimento” e “justificação”. Como visto, Chang (2004) aponta para as virtudes epistêmicas que norteiam atividades regradas por princípios ontológicos. Ao custo de ser demasiado plural e abrangente, o trabalho de Chang (2004) é marcado pela cautela em não menosprezar o valor de alguma virtude para o progresso da ciência: o aprimoramento de qualquer uma delas, em vista de contextos e propósitos variados, refina a prática científica atual. Contudo, para compreender tamanha pluralidade é necessário situar minimamente a abordagem de Chang (2004) nos debates sobre os valores na ciência.

Chang afirma que está “definindo progresso de uma maneira pluralista: o aprimoramento de qualquer característica que é *geralmente reconhecida* como uma virtude epistêmica constitui progresso científico” (2004 p. 228, grifo meu). Usualmente, o termo “virtude” se refere a certas características, caracterizadas como normas, valores ou virtudes – ou ainda, como prefere Longino (2017), heurísticas – as quais estão vinculadas com as práticas de obtenção, justificação e aprimoramento do conhecimento científico. Assim, é útil organizar intuitivamente as virtudes em três grupos, em vista de serem características norteadoras das atividades humanas, qualidades dos métodos empregados e/ou características dos resultados da ciência. Observando a literatura sobre o tema, esses grupos reúnem normas

¹⁷¹ Ao invés de uma exploração heurística, Chang propõe que a metáfora dos marinheiros seja tomada mais “literalmente” (2001, p. 11).

e valores que expressam uma certa “mentalidade científica” – embora geralmente se excluam normas morais sem vínculo epistêmico aparente, similar ao destacado por Bunge (*apud* Cupani, 2018, p. 218-2019), como o desperdício de recursos.

Tradicionalmente, virtudes norteadoras das atividades humanas na ciência são apontadas em vista do *éthos* da ciência, o qual remonta ao trabalho de Merton (2013 [1962]).¹⁷² Contudo, as características que guiam as atividades humanas para a produção coletiva de conhecimento ultrapassam a lista do *éthos* clássico. Elas são ditas epistêmicas por conta de indicarem uma aproximação, ou distanciamento no caso de vícios, da capacidade de se alcançar o conhecimento fiável – sobretudo desde um ponto de vista institucional. Enquanto *éthos*, elas constituem normas não necessariamente escritas, mas encontradas nos hábitos e crenças de uma comunidade científica, como o comunalismo e a busca por originalidade discutidos por Merton (2013 [1962]). A honestidade e o cuidado intelectual aparecem como características virtuosas vinculadas com as atividades humanas, embora em sentido diferente do que é empregado nos imperativos de Merton (2013 [1962]).¹⁷³ No caso da metrologia, considere o cuidado terminológico e a disposição colaborativa dos grupos de trabalho que formularam e traduziram, por exemplo o INTROGUM, visando “aumentar o acesso à informação sobre metrologia [com] esforços para atualizá-lo regularmente” (INMETRO, 2012a, p. iii). Van Fraassen (2000, p. 272) destaca ainda a coragem, uma virtude meta-científica presente em qualquer projeto com finalidade epistêmica e que se destaca quando a adequação empírica já não tem mais alcance. Embora não apareça na lista dos imperativos de Merton (2013 [1962]), a “coragem”, a “iniciativa” e a “criatividade” são características *en passant* das suas normas de busca por originalidade e individualidade. Também nesse sentido, sem coragem não há “ceticismo organizado” ou “independência de juízo”, isto é, a resistência em submeter-se demasiadamente à autoridade e à tradição, como lembrado por Bunge (*apud* Cupani, 2018, p. 218). Ainda assim, parece fazer sentido distinguir um *éthos* da ciência em sua acepção institucional das virtudes pragmáticas. Por

¹⁷² A vigência de um *éthos* científico é um tema que tem recebido ao menos três tipos de críticas: i) sobre a sua adequação descritiva; ii) sobre sua necessidade e sua suficiência prescritiva; iii) sobre a possibilidade prática do mesmo dada a relação que a ciência mantém com a sociedade. Acerca delas, veja-se Cupani (2018, cap. 9). Se pode haver, se há e no que consiste um *éthos* metrológico, também em vista do seu caráter tecnocientífico, é assunto para um trabalho futuro.

¹⁷³ Como lembra Bunge, a ciência é “um meio de produção com uma modalidade ética bem precisa: não pode haver ciência desonesta, ciência em busca deliberada do erro, ou que evite a crítica, ou que suprima a verdade [...] nenhuma outra atividade possui essa característica de forma tão pronunciada” (*apud* Cupani, 2018, p. 218).

exemplo, a coragem não atua como máxima para esta tese, mas a originalidade e o caráter público dos seus resultados sim.

Um segundo grupo de virtudes pode ser vinculado aos métodos, ao invés dos indivíduos. Aqui estão: o escopo da aplicabilidade de um procedimento de medição; a confiabilidade instrumental, a capacidade de originar indicações precisas; a facilidade da sua modelagem; dentre outras. Pode-se destacar ainda as esperanças tradicionais de que certas ferramentas e instrumentos ampliam a objetividade do resultado por retirarem de cena as idiossincrasias dos indivíduos. Pode-se mencionar a diferença no *status* que uma filmagem e o relato de uma testemunha possuem e devem possuir em uma investigação criminal. Outro exemplo pode ser encontrado no GUM, o qual destaca que

o método ideal para avaliar e expressar a incerteza do resultado de uma medição deve ser:

universal: o método deve ser aplicável a todas as espécies de medição e a todos os tipos de dados de entrada usados nas medições.

A grandeza real usada para expressar a incerteza deve ser:

internamente consistente: deve ser diretamente derivável dos componentes que para ela contribuem, assim como ser independente de como estes componentes estejam agrupados, ou da decomposição de componentes em subcomponentes;

transferível: deve ser possível usar diretamente a incerteza avaliada para um resultado como um componente na avaliação da incerteza de outra medição na qual o primeiro resultado é utilizado. (INMETRO, 2012a, p. ix).

Assim, universalidade é uma virtude dos métodos ideais de avaliação e expressão da incerteza dos resultados. Há também duas virtudes vinculadas à grandeza utilizada para isso. Contudo, essa grandeza tanto é uma parte metodológica quanto algo que foi obtido e estabelecido.

O grupo de virtudes tradicionalmente listados na filosofia da ciência tratam dos resultados da ciência, especialmente os teóricos. Por exemplo, da Costa comenta que as teorias científicas, pensadas por ele nos termos de “sistemas cognitivos”, podem satisfazer certas condições de natureza pragmática: “simplicidade, poder explicativo, valor heurístico, coerência com diversas outras teorias científicas, possibilidade em princípio de ser axiomatizado e poder de sistematização da experiência, entre outras” (1997, p. 205). É nesse grupo que estão as virtudes listadas por Chang em “*Inventing Temperature*” (2004, p. 227).¹⁷⁴

Isso posto, quando Chang (2004) afirma que está pensando em qualquer virtude tradicionalmente vista como epistêmica, (nessa obra) ele se refere às características dos

¹⁷⁴ Dentre as muitas mencionadas pelo autor, estão os critérios para avaliar a qualidade do vínculo entre teorias e aspectos observacionais colocados por Hempel, a saber, quantidade, variedade, precisão e evidência. Também, a lista de características que se pode discutir, mas cujo completo abandono representa o da própria mentalidade científica, elencada por Kuhn: exatidão, coerência (interna e externa), escopo, simplicidade e fecundidade. Chang (2004) menciona ainda as virtudes pragmáticas desejáveis sinalizadas por Van Fraassen: elegância, simplicidade e poder explicativo.

produtos da ciência. Elas são tradicionalmente vistas como epistêmicas em vista de apontarem para a verdade, para o conhecimento ou algum outro componente constitutivo desse conceito, de modo com que sejam indicadores do bom juízo científico. De acordo com Longino (2017, p. 44), o *status* epistemológico com respeito tanto às virtudes tradicionais na literatura quanto às virtudes alternativas que podem (e têm sido) levantadas em seu contraste não é evidente.¹⁷⁵ Isto é, essas características não fecham as lacunas entre as evidências e as hipóteses; tampouco indicam que uma hipótese virtuosa – em vista de ser mais simples ou de ser suficientemente complexa para um objeto de estudo – é verdadeira ou a torna próxima da verdade.¹⁷⁶ Ao invés de epistêmico, o *status* dessas características parece ser metodológico, motivo pelo qual a autora utiliza o termo “heurística”.¹⁷⁷

Então, o que deve contar como virtude epistêmica para nortear as práticas científicas? Douglas (2013) argumenta que cada tipo de virtude possui um lugar adequado na ciência, mas para isso é preciso esclarecer as suas bases e as suas funções. Ela divide as virtudes em quatro grupos. Esses grupos são formados juntando um aspecto sobre onde a virtude é aplicada com um aspecto sobre como a virtude atua. Por um lado, as virtudes se aplicam ou às teorias *per se*, ou estão na relação da teoria com as suas evidências. Por outro lado, as virtudes atuam ou enquanto critérios mínimos da ciência adequada; ou como desideratos científicos.¹⁷⁸ Por exemplo, a simplicidade e o poder explicativo atuando como desideratos das teorias *per se* não são virtudes epistêmicas – o que não significa que não são importantes.

¹⁷⁵ Longino (2017) contrasta, por exemplo, a novidade/originalidade em contraponto à coerência externa; a complexidade das relações e a heterogeneidade em detrimento da busca por simplicidade (relacional e ontológica); que a atenção à aplicabilidade é uma face da ciência que *prima facie* se opõe à fecundidade teórica da pesquisa básica. Todas essas, claro, estão abaixo do horizonte inexorável da adequação empírica.

¹⁷⁶ Ao contrário do realizado aqui, Longino (2017) não parte de uma distinção sobre as características vinculadas aos produtos, processos/métodos e hábitos envolvidos nos contextos científicos nesse artigo. Assim, as “heurísticas” discutidas por ela abrangem todos os grupos. Inclusive, a “aplicação às necessidades humanas” pode ser enquadrada nos três grupos aqui sinalizados: como uma preocupação dos cientistas, como a qualidade de um método ser útil para um fim e como característica de um resultado teórico. Nesse caso, penso que ela possui um caráter pragmático similar ao da “exatidão” sinalizado por Tal (2012), isto é, que atravessa os outros sentidos e não existe sem eles.

¹⁷⁷ Por motivos similares, Chang (2007) ressalta que seu pluralismo epistemológico tangencia a primazia da verdade na consideração das virtudes epistêmicas. De acordo com ele (2007, p. 20), uma busca demasiada pela “verdade” (no sentido de correspondência) desvia o reconhecimento do pluralismo epistêmico inerente à prática científica. Para ele, mesmo que a “verdade” seja o melhor guia para o progresso científico, dispor apenas de critérios vinculados à correspondência é uma limitação desnecessária e equivocada.

¹⁷⁸ Vale mencionar a conclusão da própria autora: “eles possuem diferentes funções e propósitos, dependendo de quais valores estamos falando e pelo que eles estão sendo instanciados. Se isso é realmente um passo à frente na clareza do seu aterramento, então é hora para um esforço renovado em direção a uma teoria qualitativa da inferência científica” (DOUGLAS, 2013, p. 805).

Voltando ao proposto por Chang (2004), em outros trabalhos ele sinaliza que a precisão preditiva (sinônimo de adequação empírica para ele) e o poder explicativo são dois objetivos primários da atividade científica, tão antigos quanto a humanidade ela mesma (cf. Chang, 2001, p. 25). Mas também afirma que há uma variedade importante de virtudes desejáveis a um sistema de conhecimento (cf. Chang, 2007, p. 20). O ponto é: o pluralismo das virtudes epistêmicas pode dizer que todas as virtudes são importantes, mas não necessariamente da mesma maneira. A listagem da agenda de Chang (2011) já organiza o que são: característica das capacidades dos sujeitos; normas acerca das suas liberdades e responsabilidades; virtudes vinculadas aos recursos; características constitutivas da inteligibilidade; virtudes que atuam como objetivo e, finalmente, quem está avaliando tudo isso e com quais critérios. O que as diferencia pode estar também nos papéis que elas desempenham na evolução dos sistemas de iterações epistêmicas. A pergunta mais uma vez é: desenvolvendo-se rumo ao quê?

6.4 METODOLOGIAS VIRTUOSAS E PLAUSÍVEIS

Se você consegue medir, então você sabe algo sobre isso – dizia Lorde Kelvin em sua palestra para o *Institution of Civil Engineers* – ICE, quatro anos depois do falecimento de Maxwell.¹⁷⁹ A mensurabilidade era vista como uma virtude genuinamente epistemológica por ele: uma das bases para o conhecimento e para decidir entre hipóteses rivais. Algum tempo antes, a despeito de sua elegância matemática, a mensurabilidade ainda não era uma virtude da teoria eletromagnética de Maxwell. Contudo, a história do telégrafo e da corrente de deslocamento na propagação eletromagnética proposta por Maxwell é bem conhecida. À época, Lorde Kelvin considerava a proposta de Maxwell não apenas incomensurável, mas também ininteligível, uma crença que o levou a duvidar de que a luz era uma onda eletromagnética mesmo quando Maxwell apontou as medições proporcionais para as unidades relevantes. Ele “não podia aceitar a corrente de deslocamento, ele considerava as equações de Maxwell como uma quimera altamente enganosa” (Smith e Wise, 1889, p. 460). Gooday conclui: “[nesse caso] a inteligibilidade da física foi mais importante para Thomson do que a mensurabilidade” (2004, p. 4).

¹⁷⁹ Muitos detalhes da história estão no capítulo 12 de “*Energy and empire: A Biographical Study of Lord Kelvin*” – Smith e Wise (1989). Vale lembrar que a modelagem, a mensurabilidade e a quantificação de fato eram virtudes primordiais para o modo como ele entendia a ciência. É preciso destacar também que, na data de sua palestra, ele pensava que “a velocidade da luz e a velocidade das ondas eletromagnéticas estavam ‘provavelmente fisicamente conectadas’” (Gooday, 2004, p. 4).

Penso que Chang (2004) acerta ao colocar como tarefa da filosofia da ciência pensar sobre as medições dentro de certas tradições, isto é, comunidades com compreensões compartilhadas atuando em um pano de fundo. Como diz Longino:

os dados (medições, observações, resultados experimentais) adquirem relevância evidencial para as hipóteses somente no contexto das suposições de fundo. Estas adquirem estabilidade e legitimidade através da sobrevivência à crítica. As práticas de justificação devem, portanto, incluir não apenas o teste das hipóteses contrastadas aos dados, mas a sujeição das suposições de fundo (raciocínio e dados) à crítica a partir de uma variedade de perspectivas. (2017, p. 51).

As hipóteses de fundo, assunções e princípios tácitos, possuem um lugar na agenda de Chang (2011) – o item (e). Considerá-las é tornar explícito considerações atuam além ou a despeito da adequação empírica, os elementos relacionados com a inteligibilidade. De acordo com ele, faz parte da história da ciência e do seu desenvolvimento que críticas sejam feitas mesmo às teorias empiricamente adequadas. Mas “como esse comportamento pode ser justificado? O seu criticismo está baseado no seu comprometimento firme com alguns princípios ontológicos” (Chang, 2001 p. 11). Sem entrar em pormenores, o autor argumenta que é preciso distinguir entre o que são opiniões (ontológicas) e o que ele chama de princípios ontológicos.¹⁸⁰ Para isso, Chang propõe que se deve “enfrentar o fato de que não podemos saber se obtivemos a verdade objetiva sobre o mundo” (2018, p. 31), buscando um outro tipo de realismo, um “realismo ativo”, que vise o desenvolvimento científico.¹⁸¹

O problema em alvo foi apontado por Kuhn:

Não é que os cientistas descobrem a verdade a respeito da natureza, nem que eles se aproximam ainda mais da verdade. A não ser, como sugere um dos meus críticos, que definamos simplesmente o enfoque da verdade como o resultado da atividade dos cientistas, não podemos reconhecer o progresso na direção dessa meta. Precisamos antes explicar por que a ciência – nosso exemplo mais seguro de

¹⁸⁰ Chang (2001) afirma ainda que esse tipo de princípio são condições constitutivas da compreensão científica: se uma teoria preserva adequação empírica, mas falha com relação às características contextuais da plausibilidade ontológica, ela não desempenha qualquer função explanatória. Em suma, são esses princípios que trazem para dentro dos estudos da ciência a compreensão e a explicação – desempenhos que estão para além da adequação empírica. Por consequência, sem a plausibilidade ontológica, as teorias empiricamente adequadas podem receber um *status* instrumental. Isto é, na ausência da satisfação de certa coleção desses princípios, uma visão instrumentalista sobre a teoria será tanto adequada quanto inofensiva, indicando que ela funciona, mas não explica.

¹⁸¹ Em trabalhos mais recentes, Chang (2009, 2016) retoma os temas da conexão semântica entre teoria e mundo em vista de duas primazias tradicionais. Primeiro, sobre a visão tradicional que indica que o “ser verdadeiro” é determinante para o “ser compreendido”; para ele a “verdade” é “apenas um subproduto possível de certos tipos de compreensão” (Chang, 2009, p. 79). Em segundo lugar, entre verdade e uma coerência pragmática (ou “operacional”). Nas próprias palavras do autor: “não é que nossas atividades são coerentes porque nossas entidades teóricas são reais ou nossas proposições são verdadeiras; ao invés, nós consideramos como reais e verdadeiras as entidades e afirmações que subjazem as atividades coerentes” (Chang, 2016, p. 79).

conhecimento sólido – progride, e precisamos descobrir primeiro como de fato o faz. (1979, p. 28).

Notavelmente, a mensurabilidade e a exatidão são virtudes epistemológicas vinculadas com a adequação empírica, as quais representam uma esperança para diversas teses realistas sobre o conhecimento científico. Por exemplo, Boyd (*apud* Dutra, 2017, p. 81-82) defende que a prática científica e a teorização atuam de maneira mutuamente construtiva. Mesmo que os experimentos sejam dependentes das teorias, os métodos permitem descobertas sobre o mundo e progridem dialeticamente ao acomodar a realidade e a teoria, de maneira cada vez mais próxima da verdade. Assim, a ciência é bem sucedida porque permite afirmações cada vez mais exatas sobre o comportamento dos seus objetos de estudo, cuja história é formada por um ajuste progressivo de eliminação de erros, ambiguidades e outras confusões vinculadas com uma “imprecisão” em sentido amplo.

Contudo, ao invés de adentrar ao conjunto de questões sobre como devemos interpretar as teorias científicas, Chang (2001) propõe que se deve compreender as atividades epistêmicas. A investigação linguística que é central para a proposta de Boyd (*apud* Dutra, 2017, p. 120-126), assim como para a abordagem empirista de van Fraassen (1980), não está em foco aqui.¹⁸² De acordo com ele, o realismo científico não precisa ser uma tese descritiva, pois é uma espécie de postura: “uma declaração sobre os objetivos da ciência [...] uma política, ou mesmo uma ideologia [...] o compromisso de fazer o nosso melhor para aprender o máximo possível sobre a realidade” (2018, p. 31).

Em vista do famoso argumento de Putnam sobre o realismo ser a única postura filosófica que não atribui ao sucesso da ciência um caráter acidental, Chang (2016) questiona o que se entende por “sucesso” da ciência. Dellsén (2018) afirma que há quatro teses no atual debate sobre como a ciência se desenvolve: i) se aproximando da verdade; ii) a eficácia na solução de problemas; iii) por acúmulo de conhecimento e, finalmente, iv) aumentando a compreensão científica. Ao invés de um ponto isolado, Chang (2001) argumenta em favor de uma abordagem pluralista: a ciência se desenvolve através de modificações práticas, teóricas e ontológicas em suas iterações epistêmicas. Esse caráter ontológico, contudo, é distinto da busca por descrições objetivas do que é inobservável. Por vezes, o sucesso da ciência ocorre junto da inferência à melhor explicação em vista da plausibilidade ontológica. Nesse contexto, “plausibilidade ontológica” significa a satisfação de certos princípios que estão para além da adequação empírica e são valorizados por uma comunidade científica em um determinado

¹⁸² Veja-se Chang (2001, p. 6).

momento histórico. Tais princípios formam uma coleção de condições que tornam as práticas inteligíveis: aquelas normas ou regras discerníveis que atuam em um pano de fundo e atribuem sentido ao que se está fazendo.

Chang (2001, 2009) apresenta e discute diversos desses e as funções que eles desempenharam em episódios ao longo da história da ciência, distinguindo entre sistemas simples e complexos. Em sua forma simples, um sistema é dado pelo par: princípio ontológico – atividade epistêmica.¹⁸³ Além do já mencionado par entre o contar e o ser discreto, outros exemplos são: a explicação e princípio da razão suficiente; a observação e o princípio da externalidade; a identificação e o princípio de ser discernível. Caracterizando esses princípios, Chang (2009) argumenta que eles não versam necessariamente sobre o mundo. Por exemplo, o ser discreto não é uma característica dos objetos *per se*, mas algo que o indivíduo assume para que a atividade de contar faça sentido. Eles também são condicionais, é apenas se alguém vai contar que o princípio precisa ser assumido. Ainda assim, eles são constitutivos, requeridos, ou “pragmaticamente necessários”: a sua ausência torna a prática ininteligível.¹⁸⁴

As medições podem envolver diversos princípios ontológicos. Um deles é o princípio do valor singular: que há apenas um valor correto a ser atribuído em uma determinada circunstância.¹⁸⁵ No desenvolvimento da termometria, entre 1730 e 1785, termômetros diferentes discordavam entre si, mesmo quando graduados de maneira similar, isto é, marcados em vista do ponto de ebulição da água. Então, para cada termômetro havia uma espécie de escala. Se a temperatura é uma grandeza mensurável, de acordo com o tácito princípio do valor único, só pode haver um valor e apenas um deles deveria estar correto em uma mesma situação. A questão não é apenas como decidir entre eles, mas como saber quais

¹⁸³ Mais recentemente, Chang tem fornecido definições operacionais (frise-se: provisórias) para os conceitos utilizados, a fim de esclarecer o que são “atividades epistêmicas” e “sistemas de práticas”. Uma atividade epistêmica é “um conjunto mais ou menos coerente de operações mentais ou físicas que se destinam a contribuir para a produção ou melhoria do conhecimento de uma forma particular, de acordo com algumas regras discerníveis (embora as regras possam ser desarticuladas). Atividades epistêmicas normalmente não ocorrem e não devem ocorrer de maneira isolada. Em vez disso, cada uma tende a ser praticada em relação às outras, constituindo todo um sistema. Um sistema de práticas científicas é ‘formado por um conjunto coerente de atividades epistêmicas realizadas com o objetivo de atingir certos objetivos’” (2017a, p. 106). Sobre o que significa “coerência” aqui, o autor pede que a sua definição não seja citada uma vez que ainda está em desenvolvimento (cf. 2017a, p. 109).

¹⁸⁴ Chang (2001) avalia alguns sentidos em que esses princípios podem ser convenções ou vinculados ao sintético *a priori* kantiano. Luchetti (2020) explora esse último sentido e os chama de “*transcendental assumptions*”.

¹⁸⁵ O princípio do valor singular está aliado com o que o autor chama de “*testing-by-overdetermination*” (cf. Chang, 2001).

deles informam as regularidades relevantes que estão atuando na compreensão do comportamento que indica qual é o método de medição satisfatório.

Chang (2001) argumenta que a solução de Regnault consistiu em uma análise operacional e realista para testar a plausibilidade das indicações de cada tipo de termômetro. Em 1840, Regnault examinou vários tipos de termômetros pressupondo que a repetição do mesmo termômetro tem que informar a mesma indicação, bem como termômetros do mesmo tipo em uma mesma situação devem fazê-lo. Indicações múltiplas que ferem o princípio são implausíveis e, portanto, os termômetros que as originavam eram dispensados. Variando as concentrações de álcool, o objetivo não foi alcançado, isto é, as indicações não eram comparáveis. Ele alterou o tipo de vidro nos termômetros de mercúrio e também não obteve algo comparável. Após trabalhar com o termômetro de gás usual da época, testou o ar atmosférico alterando a densidade do mesmo, obtendo indicações comparáveis – o único tipo de instrumento que satisfaz o princípio pressuposto – utilizado posteriormente em seus experimentos sobre o calor. Aqui, o núcleo do problema de coordenação das medições está em não ser possível acessar as leis relevantes para compreender quais regularidades são informativas de maneira independente dos próprios instrumentos. Esses princípios ontológicos cumprem esse papel, atuando como boas fontes para se testar os próprios procedimentos em um “processo em que estágios sucessivos de conhecimentos [...] são criados para aprimorar o alcance dos objetivos epistêmicos” (Chang, 2004, p. 45).

Os valores, as virtudes, ou as heurísticas – como diz Longino (2017), são aspectos constitutivos da metodologia científica, das suas condições e do que dela resulta. Não seriam os princípios ontológicos também heurísticas uma vez que não fecham a lacuna entre a hipótese e a evidência? Como a própria autora lembra, dizer que as virtudes são heurísticas significa posicioná-las não apenas como norte, mas também nos seus pressupostos, nos pontos de partida das investigações. Assim, heurísticas diferentes satisfazem objetivos cognitivos diferentes. O pluralismo de Chang (2004) certamente concorda que “se deve fazer a escolha de um modelo que guiará a ação, mas [...] [não] pela exclusão arbitrária das heurísticas alternativas” (Longino, 2017, p. 54). Eles também se aproximam na consideração popperiana de que a crítica, enquanto atitude coletiva, é condição inexorável para a produção do conhecimento científico, argumentando que ambientes apropriados devem ser formulados em

vista das suas condições efetivas.¹⁸⁶ Então, onde o pluralismo empirista e o pluralismo ativo-realista se distanciam?

Ao custo de certa prolixia, vale a pena retomar alguns comentários. Investigar a relação entre as medições e o conhecimento envolve caracterizar ambos, dizer o que é medição e o que é conhecimento. Para esclarecer essa relação, pode-se colocar uma hipótese metodológica: se medições produzem conhecimento científico, então a sua análise deve encontrar certas características, como a objetividade. Igualmente, é possível defender que as medições são procedimentos objetivos adotando uma noção de objetividade já formulada, ou atentando para a especificidade desses procedimentos em função de revisar o próprio conceito. Também assim, explorar a relação entre certas atividades e o conhecimento envolve dizer o que são ambos; utilizando noções tradicionais ou as reformulando. Penso que a abordagem de Chang (2017a) tem optado pelo último caminho: uma agenda pragmatista que revisa os conceitos de “verdade”, de “coerência”, de “conhecimento”, de “realidade” e vários outros em vista dos seus sentidos operacionais – uma gramática para os termos filosóficos junto da epistemologia baseada nas atividades.

Cumpra sempre destacar que essas abordagens estão em desenvolvimento. Em relação ao seu projeto, Chang coloca a seguinte esperança:

Quando o coerentismo pragmatista esboçado aqui estiver totalmente desenvolvido, as pessoas comprometidas com uma compreensão realista da prática científica serão capazes de reivindicar as noções de verdade e realidade, que são na verdade termos úteis na linguagem comum, assim como no discurso científico. Isso vai ajudar a tarefa de fazer estudos detalhados e sistemáticos da prática científica, sem prescindir de preocupações com a verdade e a racionalidade. (Chang, 2016, p. 120).

As questões ao fundo, claro, são problemas tradicionais na filosofia da ciência e na epistemologia. Por um lado, uma epistemologia sobre as medições anda sempre em volta do problema da indução e das suas variantes. Por outro lado, equilibrar como os métodos podem ser teoricamente carregados e contextualmente sensíveis, ao mesmo tempo em que atuam nas condições de validade do conhecimento científico, é um desafio constante. Pode ser que uma

¹⁸⁶ Sobre esse ambiente, Longino tem sugerido uma coleção de condições vinculadas com a produção de conhecimento. Nas palavras da própria autora: “quatro dessas condições: (a) o provimento de foros para a articulação da crítica; (b) a compreensão da crítica (ao invés da mera tolerância); (c) os padrões públicos aos quais são referidas as interações discursivas; (d) a igualdade (ou igualdade moderada) da autoridade intelectual para todos os membros da comunidade [...] o que é necessário não é a integração das virtudes por uma comunidade de pesquisa, mas a tolerância e a interação com a pesquisa guiada por diferentes virtudes teóricas, a construção de comunidades mais amplas ou metacomunidades, caracterizadas pelo respeito mútuo por pontos de vista divergentes, isto é, pelo pluralismo” (2017, p. 51-53).

das fontes do problema esteja, como Chang (2017a) tem argumentado, na maneira como se entende o que é o próprio conhecimento, exigindo uma revisão complementar que amplie os seus sentidos e os dos seus constituintes. Para isso, ele tem buscado uma teoria da verdade coerentista operacional. Como sempre, há bons motivos para se valorizar a objetividade da ciência no sentido de representações adequadas ou conformação com a realidade, tanto como característica dos seus resultados, mas sobretudo como sua finalidade. Afinal, destaca Longino:

os padrões públicos que regulam as interações discursivas e materiais de uma comunidade são tanto provisórios quanto subordinados ao objetivo geral da investigação para uma comunidade. A verdade *simpliciter* não pode ser esse objetivo, uma vez que ela não é suficiente para direcionar a investigação [...]. [Mas] a verdade não está em oposição aos valores sociais, de fato ela é um valor social, no sentido de que ela é uma demanda social de que a investigação científica forneça verdades ao invés de falsidades, mas sua função regulatória é dirigida/mediada por outros valores sociais operativos no contexto de pesquisa. (2017, p. 51-52).

Como diz Chang (2004), o progresso científico requer tradição e permite liberdade ao mesmo tempo. Penso que essas discussões epistemológicas exigem o mesmo.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Godfrey-Smith (2003, p. 83) afirma que boa parte do segredo do sucesso da ciência para Kuhn está na maneira com que a atividade científica mantém um equilíbrio notável entre ser resistente em alterar as suas noções, mas não tão resistente assim. A produção de conhecimento coletivo envolve um terreno comum fornecido pelas virtudes da padronização, mas não só isso. As relutâncias de Lorde Kelvin em manter as suas convicções no episódio do telégrafo, vista por FitzGerald como um claro sinal de dogmatismo, fazem parte de um código de conduta sobre como os seres humanos se relacionam com os seus próprios projetos e sonhos – uma busca de que admite paulatinas transformações.¹⁸⁷ Evitar o abandono precoce

¹⁸⁷ Smith e Wise contam que “da perspectiva de FitzGerald, no entanto, foi Thomson quem ameaçou o empreendimento científico com seu compromisso ‘reacionário’ com um éter elástico-sólido. FitzGerald também buscou modelos dinâmicos e [...] desenvolveu um cujos elementos obedeciam às equações de Maxwell. [...] ele mostrou como os deslocamentos elétricos podem ser considerados como ‘mudanças na estrutura dos elementos do éter, e não deslocamentos reais dos elementos’, como nas teorias de sólidos elásticos. FitzGerald insistia em sua natureza puramente heurística [...]. Ele acusou Thomson de dogmatismo: ‘eu também acho que Sir Wm. Thomson, não obstante suas declarações cautelosas sobre o assunto, está emprestando sua autoridade esmagadora a uma visão do éter que não é justificada por nosso conhecimento atual e que pode levar aos mesmos resultados infelizes em atrasar o progresso da ciência que surgiram do estudo de Sir Isaac Newton em defesa igualmente protegida da teoria corpuscular da óptica” (1989, p. 461).

de uma hipótese é diferente de recusar-se a acreditar nas evidências. Mas a linha entre a teimosia já inconveniente e a perseverança frutífera é tênue. Manter a última ou reconhecer que se está ultrapassando essa linha, são atitudes que envolvem uma boa dose de coragem intelectual. Visto que o assunto dos valores na ciência é também o tema pragmatista da coragem, como dito por van Fraassen (2000), penso que a questão da objetividade da ciência é o tema pragmatista da esperança. A esperança equilibrada do conhecimento em meio aos fatos, à evidência, à crítica e à perseverança, mas que sabemos que pode ser alcançado, pois de fato tem sido – como lembra Ravetz (1996, p. 237). Outra questão é onde tem sido e como tem sido, além de como mantê-lo. Godfrey-Smith destaca que “para Kuhn, esse delicado equilíbrio não é algo que possamos descrever em termos de um conjunto de regras explícitas” (2003, p. 83). Em certo sentido, o projeto de Chang (2017a) visa fazê-lo, mas com uma caixa de ferramentas alternativas.

O conceito de “compreensão”, que recentemente tem ganhado destaque na literatura, exemplifica o ponto. Para Chang (2009, p. 75), compreender significa saber como efetuar uma atividade epistêmica e, portanto, a inteligibilidade é uma pré-condição da compreensão. Quanto ao conhecimento, diz Chang (2017a), vale lembrar que ele também está para além da proposição e das suas análises, isto é, há um universo de saberes que não são facilmente encaixados no *framework* da análise proposicional.

A projeção do universo sem medidas já mostrava alguns desses saberes e suas relações aparentes. O contrafactual é simples e intuitivo, não se pode saber “que x” no qual x é o resultado de uma medição sobre um y, sem saber fazer uma medição apropriada sobre y. Se ele é correto, é outro assunto. Mas caso seja, o saber “que x” se mostra inseparável dos seus processos, dos modelos, das teorias, das tradições... motivo pelo qual o recorte disciplinar entre epistemologia, metodologia e ontologia está reunido nas investigações sobre as medições científicas. Não penso que poderia ser diferente, afinal, como lembra da Costa:

A metodologia, especialmente da observação, da experimentação e da medição, em dado momento histórico, tem que ser a metodologia padrão dessa época: não há isolamento metodológico em ciência. A metodologia delimita as interconexões entre teoria e experiência e a perquirição científica se procede circunscrita pelas normas metodológicas. Se estas mudam, transforma-se a ciência. (1997, p. 205).

A riqueza com que as metodologias das medições delimitam certas interconexões pode ser encontrada atentando para a reunião dos assuntos aqui discutidos. Desde a boa formação de conceitos quantitativos em vista de certas finalidades, passando pelas formulações de

hipóteses de trabalho, até o *design* de protótipos e seus testes em rede; etapas que assimilam alguns dos estágios detalhados tanto no método científico quanto no método tecnológico propostos por Bunge (*apud* Cupani, 2016, p. 175).

Ao fundo, pode ser que haja algo como uma metodologia tecnocientífica *sui generis* pairando nessa discussão. Mas ela só pode ser percebida buscando tanto as características dos saberes científicos quanto dos saberes tecnológicos. Porém, para cada sentido em que se pode indagar o saber, diz o pluralismo de Chang (2017a), há um saber correspondente: saber por que, saber o quê, saber quem, saber como é ser, etc. Se há uma primazia entre eles é tanto uma afirmação que requer investigar as suas conexões em um *framework* apropriado, quanto compreendê-los isoladamente. Motivos pelos quais Chang está comprometido em desenvolver uma abordagem suficientemente explicativa das atividades epistêmicas – um “realismo para pessoas realistas” (2018, p. 33). Certamente virá um acréscimo significativo ao corpo dos estudos sobre as medições científicas, incrementando a complexidade dos temas e problemas aqui discutidos. Inclusive porque, lembra Cupani, “o mundo é complexo, muito complexo, cada vez mais complexo para o olhar indagador da ciência como atitude” (2018, p. 337). Espero ter mostrado que a sua mensurabilidade também o é.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Imagine marinheiros que, longe em alto-mar, transformam o formato de sua embarcação desajeitada de mais circular em mais parecida com um peixe. [...] Um novo navio surge do antigo, passo a passo – e enquanto ainda estão construindo, os marinheiros podem já estar pensando em uma nova estrutura, e nem sempre concordarão entre si. Todo o negócio vai continuar de uma forma que nem podemos antecipar hoje”

*Otto Neurath **

Há duas expectativas nos propósitos desta tese. A primeira consiste em promover uma abertura aos temas da epistemologia das medições, um convite ao campo de estudo. A segunda, em fazê-lo através de aproximações entre os problemas epistemológicos sobre as medições e outras discussões na filosofia da ciência atual. Elas iniciam com uma atividade imaginativa, a projeção de empreendimentos humanos em um mundo sem medidas, dentre eles, a atividade científica. Os entendimentos sobre o que é a ciência e o que são medições se aproximam e por vezes se encontram, originando um problema apontado a partir da fala de Lorde Kelvin: em que sentido as medições são, se é que são, atividades que produzem, aprimoram e justificam conhecimentos (científicos). O exercício imaginativo não propõe que não existe ciência sem medições *tout court*, embora seja possível construir uma lista de contrafactuais em função da sua história, do surgimento da física moderna à expedição de Darwim.¹⁸⁸ O ponto é: atividades científicas *de facto* promovem e se desenvolvem em um mundo abertamente mensurável e, cada vez mais, quantificado. As investigações epistêmicas sobre as medições convidam o fazer filosófico à também, consciente e criticamente, habitá-lo.

Em relação aos problemas filosóficos sobre as medições, reviso o maior deles: afinal, o que é medir? Quando o naufrago Robinson Crusoe, no romance de Defoe (1719, *apud*

* “*The Foundations of the Social Sciences*” Neurath (1970 [1944], p.47 *apud* Cunha, 2015, p. 369).

¹⁸⁸ Para além de contrafactuais, veja-se os trabalhos de Gooday (2004) e Crosby (1999) sobre a relevância histórica das medições para a ciência e a racionalidade ocidental.

Crease, 2013), encontra uma pegada humana na areia depois de quinze anos sem qualquer vestígio da presença de outro humano, ele volta atordoado para a sua caverna. Três dias depois ele retorna até a praia e alinha o seu pé com a marca da pegada, observando que ela era maior. Não só maior, para ele a diferença era enorme: uma peça de informação inequívoca, um indício que mudaria toda a sua vida. Crease conclui: “graças a essa medição, teve certeza de que a ilha fora visitada ao menos por uma outra pessoa além dele” (2013, p. 7). Mas ele mediu? Ou melhor, em que sentido?

Após três dias envolto aos seus delírios sobre a origem da pegada, Crusoe determinou uma maneira para avaliar o que estava acontecendo; ele escolheu algo que serviria como unidade para a comparação, o seu próprio pé – uma etapa de preparação das medições. Crusoe pôs o pé nem muito perto para não desmanchar a pegada na areia, nem muito longe que não fosse possível compará-los com nitidez – uma etapa de operação adequada. Ele inferiu ao olhar e a avaliação da confiança dessa inferência veio imediatamente, estando certo do que aquilo significava – uma etapa de interpretação/avaliação.

Esclarecer as etapas das medições fomenta um entendimento sobre as dinâmicas entre a experimentação, as teorizações e os seus propósitos. Longino (2017) argumenta que os programas de pesquisa devem sempre buscar a adequação empírica, mas a exatidão vinculada ao que é observável no campo depende da utilidade esperada dessas informações. Cartwright e Runhardt (2014) argumentam que a exatidão requerida depende de priorizar se a utilidade esperada será comprometida ou não. Assim, o entendimento das funções epistêmicas das medições requer um olhar atento às conexões entre elementos empíricos, teóricos e pragmáticos – elementos que de modo algum podem ser vistos como triviais na seleção e na avaliação dessas características.

Esses elementos pragmáticos elucidam ainda uma dimensão tecnológica envolta à sua compreensão. Lawler argumenta que “os significados dos artefatos dependem de sua vida holística” (2020, p. 29), isto é, da consideração de um contexto de relações. A presença de bicicletários em algumas cidades ilustra o ponto: o entendimento desses artefatos não pode ser desvinculado de sua relação com outros elementos em uma prática histórico-social, como bicicletas, ciclovias e políticas públicas. De acordo com ele, é essa constituição relacional que tornam os artefatos inteligíveis no interior das práticas de desenho, de produção e de preparação. Algo similar pode ser dito das medições em contextos científicos. A rede de relógios atômicos primários e secundários discutida por Tal (2012) é um exemplo paradigmático aqui. Compreendê-la envolve considerar as relações institucionais, as

colaborações entre diferentes laboratórios ao redor do planeta, dentre vários outros aspectos. Assim, as características epistêmicas das medições são inseparáveis dos seus contextos – das práticas de modelagem, de produção, de preparação, de operação, de interpretação e avaliação. Esses contextos se desenvolvem tanto através de elementos teóricos e quantitativos, como o conceito de massa e o quilograma, quanto através do desenvolvimento de dispositivos, como a balança de watt. A reunião de ambos aponta para um *télos* científico e metrológico, a esperança da produção de conhecimento tão útil quanto seguro; a busca pelo aprimoramento de metodologias virtuosas.¹⁸⁹

Voltando à história do naufrago, poderia-se dizer que Crusóé não mediu a pegada na areia uma vez que não utilizou números. Mas em suas avaliações ele poderia tê-los “trazido”, chamando o seu pé de “1” e a pegada de “0”. Nesse caso, poderia-se perguntar qual o sentido objetivo de representá-los assim, um problema de representação que *mutatis mutandis* remonta ao questionamento de Helmholtz [1887]. Pode-se questionar também o que fundamenta chamar o pé de “1” e a pegada de “0”. Isto é, quais condições são necessárias e suficientes para que essa representação seja adequada. A Teoria Representacional das Medições (TRM) responde: os aspectos invariantes das diferentes coleções de valores (adequadas em vista de teoremas de unicidade representacional), os quais refletem através de axiomas certas relações empíricas relevantes. A relação empírica relevante para Crusóé é a diferença perceptível. Utilizar os valores de 1 e 0 com uma relação de diferença entre eles forma uma escala nominal – a qual é suficientemente informativa para o seu propósito. Assim, dizer que Crusóé (não) mediu envolve questionar as restrições para se considerar uma atividade uma medição, seja por não ter havido uma operação empírica, como a concatenação dos objetos, ou em vista das características das representações numéricas significativas, dos tipos de escalas. Isso mostra uma pequena parte das controvérsias em torno da TRM, também

¹⁸⁹ Ressalto que afirmar a importância de se considerar as pretensões científicas não acarreta na primazia de um entendimento tecnológico, ou apenas aplicado, em detrimento da atividade científica “pura”. Pelo contrário, são inclusive essas pretensões que podem ainda indicar uma demarcação entre elas, mas isso exige compreender o que pode ser satisfeito em cada *modus operandi* e as relações entre eles. Como diz van Fraassen “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 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” (1989, p. 189).

do valor do seu *framework*, os quais motivam Díez (1994, 1997b) e Heilmann (2015) a revitalizarem muitos dos seus elementos profícuos para a filosofia da ciência – embora em sentidos diferentes.

Também vale questionar se, para Crusoé, é o procedimento (de aproximar pé e pegada) que justifica a inferência, ou é a inferência visada durante os seus delírios sobre a origem da pegada que torna o procedimento apropriada? Chang (2001) responde: ambos, com o acréscimo de certos “princípios ontológicos” tácitos na atividade avaliativa que ele realizou. Para não trivializar a questão através de uma heurística excessiva, cumpre lembrar: o problema de coordenação versa sobre uma (aparente) circularidade entre elementos teóricos (conceitos, modelos, teorias, princípios, leis, tradições) e a prática experimental. Por detrás do mesmo está um (aparente) paradoxo. Em vista do significado empírico das representações nos contextos teóricos, medições e teorias precisam estar conectadas para serem significativas. Em vista da validade objetiva do conhecimento científico, medições e teorias parecem requerer certa independência. A postura representacionista maturada na TRM propõe que a segunda parte desse balanço explique a primeira: que as medições dependam das regularidades empíricas, axiomas refletem essas regularidades originando aspectos invariantes que explicam o significado das representações numéricas – havendo assim um processo linear na justificação das medições. Se esse projeto figurou como uma espécie de paradigma na história da epistemologia das medições, então os trabalhos que enfatizam processos não lineares para essa justificação podem ser vistos como uma ruptura com respeito a ele.

Há ao menos três abordagens argumentando em favor de que há circularidades virtuosas na questão da coordenação das medições. Uma primeira alternativa caracteriza-se por ser uma epistemologia baseada em modelos, avançada principalmente nos trabalhos de Tal (2012). A segunda, de caráter similar às propostas de Díez (1994, 1997c) e Díez e Moulines (1999), é desenvolvida por van Fraassen (2008). Por fim, ao invés de modelos e teorias, um projeto epistemológico que enfatiza a análise de atividades tem sido avançado por Chang (2004). Essas propostas possuem pontos de convergência, mas distanciam-se substancialmente enquanto projetos epistemológicos.

Eles avançam sobre o tema da coordenação seguindo um ponto coerentista e progressivo levantado por Chang (2004). Tal (2012) argumenta que não há ponto de partida fixo para as questões epistêmicas na metrologia, elas devem ser abarcadas conjuntamente através do caráter recursivo da modelagem e da experimentação. Van Fraassen (2008) salienta que é apenas quando vemos a dinâmica entre a teorização e a experimentação científica

através de lentes fundacionalistas que estes desenvolvimentos parecem carecer de justificação. A saída é construir outro modo de vê-los. No pensamento de van Fraassen (2008), essa maneira consiste em uma visão sinóptica da ciência, a qual combina perspectivas sobre os aspectos históricos com as relações estabelecidas entre as medições e as teorias em um determinado momento. Assim, eles também se aproximam com relação a outros pontos na busca pela compreensão do conhecimento científico. Por exemplo, a importância da historicidade da ciência, bem como a necessidade de considerar as práticas científicas junto das suas teorias, modelos ou tradições de pesquisa. Contudo, eles divergem sobre os papéis e os pesos epistemológicos atribuídos a esses pontos. A abordagem de van Fraassen (2008, 2012) trabalha com critérios metodológicos para conectar em mútuo desenvolvimento aquilo que conta como evidência para uma teoria com os métodos disponíveis para ela, ampliando a adequação empírica. Chang (2004) enfatiza os papéis dos “princípios ontológicos” que tornam as atividades científicas inteligíveis, visando o desenvolvimento científico também para além da adequação empírica. Tal (2012), por sua vez, enfatiza que o conceito de “exatidão” é significativo na prática metrológica através de uma rede coerente entre múltiplas formulações locais, teóricas e estatísticas.

Alguns dos sentidos nos quais esses projetos representam uma ruptura no campo são apontados pelos próprios autores. De acordo com Tal (2013), as características, os pressupostos e os objetivos das investigações permitem elencar que há “velhos” e “novos” problemas na área. Da busca pelas definições das grandezas, efetuadas pelo convencionalismo e pelo operacionalismo, para a realização prática das mesmas. Da construção de homomorfismos que garantam uma adequação representacional quantitativa, para o esclarecimento das inferências utilizadas na metrologia. Assim, Tal (2013) caracteriza uma “nova filosofia” sobre medições, uma área de investigação que:

- está muito mais preocupada com a epistemologia ao invés da metafísica;
- assume uma postura coerentista na investigação dos elementos justificacionais das medições;
- está voltada para os sentidos prático-históricos da atividade científica;
- considera os papéis não só interpretativos que os modelos desempenham na produção e validação das medições.

No meu entendimento, ao invés de uma nova filosofia em sentido amplo e dominante sobre as medições, Tal (2013) esboça a origem de uma agenda de reposicionamento de problemas e estratégias. Conquanto os itens elencados visem uma certa área de investigação, eles acertam efetivamente a abordagem do próprio autor e similares, isto é, as abordagens baseadas em modelos. A partir disso, falar em uma epistemologia sobre as medições é falar também, mas não unicamente, sobre uma análise de como as indicações dos instrumentos se tornam resultados, como essa passagem pode ser justificada e quais os seus significados epistêmicos.¹⁹⁰

Van Fraassen (2018a) também interpreta ter havido mudanças significativas nos debates sobre as medições científicas, sobretudo face à crucialidade da dependência teórica da experimentação. De acordo com ele, essa dependência estava no horizonte dos trabalhos de Helmholtz, mas foi perdida de vista nos desenvolvimentos posteriores. Depois de Chang (2004), retoma van Fraassen (2018a), não há como escapar da consideração de que um procedimento de medida requer sempre um contexto teórico. Assim, como e se o procedimento resulta informativo depende diretamente do seu lugar em um *background* mais amplo, para ele, a imagem da ciência.

Essas considerações acompanham os desdobramentos da influência kuhniana na filosofia da ciência. Além das teorias, os aspectos experimentais e históricos também são objeto de estudo, adentrando aos temas dos valores na ciência, da racionalidade científica e da máxima popperiana sobre o dever inflexível da atitude crítica no fazer científico. Por exemplo, Chang afirma que:

eu sou um daqueles que acreditam que as ideias de Kuhn sobre a ciência normal eram ao menos tão importantes quanto suas ideias sobre revoluções científicas. E eu sinto um grande dilema em relação à ciência normal. Acho que Kuhn estava certo ao enfatizar que a ciência como a conhecemos só pode funcionar se certos fundamentos e convenções forem [...] protegidas [...] e que mesmo as inovações revolucionárias surgem de forma mais eficaz de tal pesquisa ligada à tradição [...]. Mas também penso que Karl Popper estava certo ao sustentar que o incentivo a essa mentalidade fechada na ciência era ‘um perigo para a ciência e, de fato, para nossa civilização’, uma civilização que muitas vezes olha para a ciência como a forma ideal de conhecimento e até mesmo um guia para a gestão de assuntos sociais. (2004, p. 236-237).

Que certa mentalidade científica seja um perigo para a ciência *per se*, bem como para a relação que ela mantém com a sociedade, em vista do seu papel autoritativo, são temas

¹⁹⁰ Para não minar, nem reduzir o escopo das investigações futuras, os itens elencados por Tal (2013) não devem ser interpretados enquanto características comuns da “filosofia” sobre as medições, em sentido disciplinar. Um bom exemplo do porquê alguns dos itens colocados por Tal (2013) não devem ser generalizados para se pensar como anda uma filosofia das medições é o recente “*The Metaphysics of Quantities*” de Wolff (2020).

tratados em vista de uma segunda expectativa desta tese. Ela consiste em efetuar uma incursão pelo campo apontando as conexões entre alguns tópicos na filosofia da ciência e a epistemologia das medições, os quais são tratados de maneira transversal ao longo da discussão. Ademais, penso que há uma via de mão dupla no caráter frutífero do diálogo entre a epistemologia sobre as medições e outras discussões na filosofia da ciência e da tecnologia. A Parte III enfatiza alguns sentidos em que os estudos em andamento estão relacionados com o tema dos valores e da objetividade da ciência. A Parte II faz algo similar, apontando que tanto aos defensores quanto aos críticos da Teoria Representacional da Medição (TRM) é forçoso atentar para os debates sobre a noção de representação científica. Não obstante, medições são casos que de modo algum podem ser considerados secundários na busca pela natureza e pelas funções das representações científicas.

Sempre ao fundo está a questão geral sobre as relações entre as atividades de medir e as características do conhecimento científico. Atentar para essas características mostra alguns sentidos em que elas são temas correlatos aos problemas epistêmicos das medições. A fonte do sucesso preditivo das teorias, sua conexão com a realidade e com a experimentação, dentre outros. Também por isso, as posturas impulsionadas na epistemologia sobre medições são partes de projetos imersos na filosofia da ciência atual – seja na onda dos realismos locais ou seletivos (cf. Borge, 2020), ou das posturas antirrealistas, como o empirismo de van Fraassen (1980).

Nesse sentido, algumas das divergências sobre os papéis epistemológicos das medições apontam uma discordância nos pontos de partida, sobretudo com relação ao que seja o conhecimento científico, onde ele está sendo produzido e quais as suas características. Esses debates envolvem exemplarmente o tema da objetividade da ciência, bem como o papel destacado que as medições e a modelagem desempenham na atividade científica atual. Por exemplo, Tal argumenta que “uma característica marcante da abordagem baseada em modelos sobre as medições é que os modelos são vistos como pré-condições para a obtenção de conhecimento objetivo das indicações do instrumento” (2012, p. 79).¹⁹¹ Isto é, uma vez que

¹⁹¹ Diz ele ainda que “pode-se desejar um sentido mais forte de objetividade do que eu tenho empregado [...] para fundar algumas afirmações sobre as medições [...] em verdades independentes de perspectivas. [...] essas demandas colocam a barra epistêmica muito alto e, ao fazê-lo, correm o risco de não compreender os desafios reais que cientistas enfrentam ao projetar e calibrar procedimentos de medida. Ao invés da independência da perspectiva, proponho que a objetividade seja pensada como a invariância na perspectiva [...]. De acordo com esse perspectivismo robusto, os resultados das medições não são, nem podem ser, independentes de qualquer contexto. Ao mesmo tempo, os resultados das medições não devem depender de nenhum contexto em particular. O perspectivismo robusto tem a vantagem dupla de estabelecer condições normativas e estritas [...] ao mesmo

sem a sensibilidade ao contexto os métodos de avaliar e corrigir erros e incertezas são impraticáveis, então ao invés de impedir a objetividade do resultado ela atua como uma pré-condição para a mesma (cf. Tal, 2017a, p. 248). Não obstante, tanto o projeto de Chang (2004) quanto o de van Fraassen (2008) encontram o desafio de equilibrar a dependência teórica com o desenvolvimento científico e a validade desse conhecimento. Por um lado, que a dependência teórica não signifique um sequestro da experimentação, ou um “nepotismo teórico”. Por outro lado, que a proteção das tradições e a compreensão por elas compartilhada, necessária para o desenvolvimento científico e para a sua inteligibilidade, não sejam também blindagens dogmáticas frente às suas críticas.

Ambas linhas são tênues e junto delas as discussões epistêmicas sobre as medições se tornam portas abertas aos temas sobre a relação entre a ciência e a sociedade. Haack (2007) ressalta que são tempos confusos para se entender o que a ciência faz e como faz. As conquistas teóricas impulsionam admiração e as tecnologias impressionam. Mas a demora em proporcionar resultados eficazes frustra quem as aguarda e as falhas (sobretudo a sua crescente divulgação) transportam a sua desconfiança para a esfera pública. Espero ter mostrado que há um caminho frente a esses problemas ao atentar para as características epistemológicas das medições – daquelas altamente tecnológicas aos procedimentos mais simples que, como na “medição” de Crusoé, estão cheios de significados.¹⁹² O olhar crítico para esses significados e a sua história encontra os sentidos em que as ciências não só os usa, mas sobretudo os promove em busca do conhecimento objetivo.

Como diz Cupani, “cabe lembrar que a objetividade é um ideal” (2018, p. 96). Esse norte pode estar decomposto em cada época e tradição em um ou outro sentido, mas mantém certa expectativa de que tanto a utilidade quanto o conhecimento *per se* sejam alcançados através das suas práticas. O tema da objetividade da ciência, reitero, é um sonho coletivo de que nossas metodologias e compreensões sejam bem formuladas e bem aplicadas. Entoada por Bethânia na epígrafe desta tese, é a esperança pragmatista de que a pluralidade dos saberes e das metodologias virtuosas afastem os fantasmas do relativismo, a espada do dogmatismo e a ignorância deliberada que assombra ao apoiar a ação; de que esse caminho se faz entre o alvo e a seta. Que dessas práticas, falíveis e imperfeitas, resulte aquele conhecimento seguro que é almejado pode ser uma contingência, como diz Ravetz (1996),

tempo em que é compatível com os preceitos metodológicos que cientistas realmente seguem nos casos exemplares de produção de conhecimento” (Tal, 2017a, p. 294).

¹⁹² A aproximação entre os sentidos da confiabilidade na metrologia e a confiança na esfera pública é um tema tratado por Vaz (2017).

pode até mesmo parecer uma utopia. Mas assim como a ciência, as utopias também são plurais, são falíveis e estão em constante reconstrução – também são métodos.¹⁹³

¹⁹³ As utopias e distopias na filosofia das ciências sociais são o assunto tratado por Cunha (2015). Uma discussão sobre as utopias enquanto métodos também é feita por Levitas (2013).

REFERÊNCIAS

BAGGOTTI, Jim. *Mass: The Quest to Understand Matter from Greek Atoms to Quantum Fields*. Oxford: Oxford University Press, 2017.

BATITISKY, Vadim. Measurement in Carnap's late Philosophy of Science. *Dialectica*, v. 54, n. 1, p. 87-108, 2000.

BATITSKY, Vadim. Empiricism and the myth of fundamental measurement. *Synthese*, v. 116, n 1, p. 51-73, 1998.

BERKA, Karel. Are There Objective Grounds for Measurement Procedures? In: SAVAGE, W. EHRLICH, P. (Eds.). *Philosophical and Foundational Issues in Measurement Theory*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1992, p. 181 – 194.

BERKA, Karel. *Measurement: Its concepts, theories and problems*. (Boston studies in the philosophy of science, v. 72). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1983.

BORGE, Bruno. Realismo Científico y Leyes de la Naturaleza: de la Filosofía General de la Ciencia a la Metafísica de la Ciencia. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, v. 20, n. 40, p. 11-20, 2020.

BORGE, Bruno. LUCERO, Susana. Ventajas y tensiones en la perspectiva del Estructuralismo Empirista. *Revista de Filosofía*, n. 43, v. 2, p. 315-338, 2018.

BOUMANS, Marcel. Measurement Outside the Laboratory. *Philosophy of Science*, v. 72, n. 5, p. 850-863, 2005.

BOUMANS, Marcel. Suppes's Outlines of an Empirical Measurement Theory. *Journal of Economic Methodology*, v. 23, n. 3, p. 305-315, 2016.

BRIDGMAN, Percy. *The Logic of Modern Physics*. New York: Macmillan, 1927.

CAMPBELL, Norman. *Physics: The Elements*. London: Cambridge University Press, 1920.

CANTÙ, Paola. The Epistemological Question of the Applicability of Mathematics. *Journal for the History of Analytical Philosophy*, v. 6, n. 3, p. 95-114, 2018.

CARNAP, R. *Philosophical Foundations of Physics: An Introduction to the Philosophy of Science*. New York: Basic Books, Inc., 1966.

CARTWRIGHT, Nancy. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Oxford University Press, 1983.

CARTWRIGHT, Nancy. *Natures Capacities and their Measurement*. Oxford, Oxford University Press, 1989.

CARTWRIGHT, Nancy. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

CARTWRIGHT, Nancy; BRADBURN, Norman; FULLER, Jonathan. A Theory of Measurement. *CHESS Working Paper*, n. 2016-07, p. 1-19, 2016.

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; MONTUSCHI, Eleonora. Introduction. In: CARTWRIGHT, N.; MONTUSCHI, E. (org.). *Philosophy of Social Science: a New Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2014, p. 1-6.

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.

CHAKRAVARTTY, Anjan; van FRAASSEN, Bas. What is Scientific Realism? *Spontaneous Generations: A Journal for the History and Philosophy of Science*, v. 9, n.1, p. 12-25, 2018.

CHALMERS, Alan. The Theory-Dependence of the Use of Instruments in Science. *Philosophy of Science*, v. 70, n. 3, 2003, p. 493-509.

CHANG, Hasok. Pragmatism, Perspectivism, and the Historicity of Science. In: MASSIMI, M.; McCOY, C. (org.). *Understanding Perspectivism: Scientific Challenges and Methodological Prospects*. New York: Routledge, 2020, p. 10-27.

CHANG, Hasok. How to Take Realism Beyond Foot-Stamping. *Philosophy*, v. 76, p. 5-30, 2001.

CHANG, Hasok. *Inventing temperature*. Oxford: Oxford University Press, 2004.

CHANG, Hasok. Ontological Principles and the Intelligibility of Epistemic Activities. In: de REGT, H.; LEONELLI, S.; EIGNER, K. (org.). *Scientific Understanding: Philosophical Perspectives*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2009, p. 64-82.

CHANG, Hasok. Operational coherence as the source of truth. *Proceedings of the Aristotelian Society*, v. cxvii (part 2), p. 103-122, 2017a.

CHANG, Hasok. Operationalism old lessons and new challenges. In: MÖBNER, N.; NORDMANN, A. (org.). *Reasoning in Measurement*. New York: Routledge, 2017b, p. 25–38.

CHANG, Hasok. Pragmatic realism. *Revista de Humanidades de Valparaíso*, n. 8, p. 107-122, 2016.

CHANG, Hasok. Realism for Realistic People. *Spontaneous Generations: A Journal for the History and Philosophy of Science*, v. 9, n. 1 p. 31-34, 2018.

CHANG, Hasok. Scientific Progress: Beyond Foundationalism and Coherentism. *Royal Institute of Philosophy Supplement*, v. 61, p 1-20, 2007.

CHANG, Hasok. The Philosophical Grammar of Scientific Practice. *International Studies in the Philosophy of Science*, v. 25. N. 3, p. 205-221, 2011.

CREASE, Robert. *A Medida do Mundo: a Busca por um Sistema Universal de Pesos e Medidas*. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

CROSBY, Alfred. *A Mensuração da Realidade: a Quantificação e a Sociedade Ocidental, 1250-1600*. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

CUNHA, Ivan Ferreira da. Utopias and Dystopias as Models of Social Technology. *Principia*, v. 19, p. 363-377, 2015.

CUPANI, Alberto. *Sobre a Ciência: Estudos de Filosofia da Ciência*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2018.

CUPANI, Alberto. *Filosofia da Tecnologia: um convite*. 3 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2016.

Da COSTA, Newton. FRENCH, Steven. *Science and Partial Truth*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

Da COSTA, Newton. *O Conhecimento Científico*. São Paulo: Discurso Editorial, 1999.

DAVIDSON, Donald; SUPPES, Patrick. A Finitistic Axiomatization of Subjective Probability and Utility. *Econometrica*, v. 24, 1956, p. 264-275.

DELLSÉN, Finnur. Scientific Progress: Four Accounts. *Philosophy Compass*, v. 12, n. 11, 2018.

DÍEZ, José. A Hundred Years of Numbers. An Historical Introduction to Measurement Theory 1887–1990—Part 1. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 28, pp. 167–185, 1997a.

DÍEZ, José. A Hundred Years of Numbers. An Historical Introduction to Measurement Theory 1887–1990—Part 2. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 28, pp. 237–265, 1997b.

DÍEZ, José. Teoría de la metrización y semántica de conceptos métricos. *Agora*, v. 12, n. 2, p. 73-91, 1994.

DÍEZ, José. The Theory-Net of Interval Measurement Theory. In: IBARRA, A; MORMANN, T. (org.). *Representations of Scientific Rationality*. Amsterdam: Poznan Studies 61, 1997c, p. 135- 164.

DÍEZ, José; MOULINES, Carlos Ulises. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. 2 ed. Barcelona: Editorial Ariel, 1999.

DOUGLAS, Heather. Pure science and the problem of progress. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 46, p. 55-63, 2014.

DOUGLAS, Heather. The Value of Cognitive Values. *Philosophy of Science*, v. 80, n. 5, p. 796-806, 2013.

DUHEM, Pierre. Algumas Reflexões Sobre as Teorias Físicas. Trad. Marta da Rocha e Silva e Mônica Fuchs. *Ciência e Filosofia*, v. 4, p. 13-37, 1989.

DUTRA, Luiz Henrique. A Ciência e o Conhecimento Humano Como Construção de Modelos. *Philosophos*, v. 11, n. 2, p. 247-286, 2006.

DUTRA, Luiz Henrique. *Introdução à Teoria da Ciência*. 4 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

DUTRA, Luiz Henrique. Os Modelos e a Pragmática da Investigação. *Scientiae Studia*, v. 3, n. 2, p. 205-232, 2005.

DUTRA, Luiz Henrique. *Pragmática de Modelos: Natureza, Estrutura e Uso dos Modelos Científicos*. Florianópolis: Edição do autor, 2020.

EINSTEIN, Albert. Geometria e Experiência. Trad. Sonja Bargmann. *Scientiae studia*, v. 3 n. 4, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662005000400009. Acesso em: 15, jun. 2019.

EINSTEIN, Albert. On the Electrodynamics of Moving Bodies. *Annalen der Physik*, v. 17, p. 891-921, 1905. Disponível em: <http://www.fourmilab.ch/etexts/einstein/specrel/www/>. Acesso em: 12, nov. 2019.

ELLIS, Brian. *Basic Concepts of Measurement*. Cambridge: Cambridge University Press, 1966.

ELLIS, Brian. Conventionalism in Measurement Theory. In: SAVAGE, W. EHRLICH, P. (eds.). *Philosophical and Foundational Issues in Measurement Theory*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1992, p. 167 – 180.

ERNST, Catherine; MICHELL, Joel. The Axioms of Quantity and the Theory of Measurement. *Journal of mathematical psychology*, v. 40, p. 235-252, 1996.

ERNST, Catherine; MICHELL, Joel. The Axioms of Quantity and the Theory of Measurement. *Journal of mathematical psychology*, v. 41, p. 345-356, 1997.

FEIGL, Herbert. A Visão “Ortodoxa” de Teorias: Comentários Para Defesa Assim Como Para Crítica. Trad. Osvaldo Pessoa Júnior. *Scientiae studia* v. 2, n. 2, 2004.

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.

FINKELSTEIN, Ludwik; L. LEANING, M. A Review of The Fundamental Concepts of Measurement. *Measurement*, v. 2, n. 1, p. 25 – 34, 1984.

FRIGERIO, Aldo; GIORDANI, Alessandro; MARI, Luca. Outline of a General Model of Measurement. *Synthese*, v. 175, p. 123–149, 2010.

FRIGG, Roman; HARTMANN, Stephan. Models in Science. In: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2018. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/entries/models-science/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

GIERE, Ronald. *Scientific Perspectivism*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2006.

GODFREY-SMITH, Peter. *Theory and Reality*. Chicago: The University of Chicago Press, 2003.

GOODAY, Graeme. *The Morals of Measurement: Accuracy, Irony, and Trust in Late Victorian Electrical Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

HAACK, Susan. *Defending Science – Within Reason: Between Scientism and Cynicism*. New York: Prometheus Books, 2007.

HAACK, Susan. *Evidence and inquiry: Towards Reconstruction in Epistemology*. Cambridge: Blackwell Publishers, 1993.

HEILMANN, Conrad. A New Interpretation of the Representational Theory of Measurement. *Philosophy of Science*, v. 82, n. 5, p. 787-797, 2015.

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.

HEMPEL, Carl Gustav. *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Sciences*. Chicago: University of Chicago Press, 1952.

HEMPEL, Carl Gustav. *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1966.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *JCGM 104:2009: Avaliação de dados de medição: uma introdução ao “Guia para a expressão de incerteza de medição” e a documentos correlatos – INTROGUM 2009*. Duque de Caxias: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *JCGM: 100:2008*:Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. Duque de Caxias, INMETRO, 2012a.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *JCGM: 200:2012*:Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). 3 ed. Duque de Caxias, INMETRO, 2012b.

KNORR-CETINA, Karin. *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford-New York: Pergamon, 1981.

KRANTZ, David. *et al. Foundations of Measurement*. Vol I. New York: Academic Press, 1971.

KRAUSE, Décio. ARENHART, Jonas. Perspectivismo em Filosofia da Ciência: um Estudo de Caso na Física Quântica. *Scientiae Studia*, v.11, n. 1, p. 159-83, 2013.

KUHN, Thomas. Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa? In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Editora Da Universidade De São Paulo, 1979, p. 5-32.

KUHN, Thomas. The Function of Measurement in Modern Physical Sciences. *Isis*, v. 52, n. 2, 1961.

KYBURG, Henry. Quantities, Magnitudes, and Numbers. *Philosophy of Science*, v. 64, p. 377-410, 1977.

KYBURG, Henry. *Theory and Measurement*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

LACEY, Hugh. *Is Science Value-Free?* London: Routledge, 1999.

LADYMAN, James. The Epistemology of Constructive Empiricism. In: MONTON, B. (org.). *Images of Empiricism Essays on Science and Stances, with a Reply from Bas C. van Fraassen*. Oxford: Oxford University Press, 2007, p. 46-61.

LAWLER, Diego. Los Estándares como Artefactos. *Filosofia Unisinos*, v. 21, p. 24-35, 2020.

LEVITAS, Ruth. *Utopia as Method: The Imaginary Reconstitution of Society*. New York: Palgrave Macmillan, 2013.

LONGINO, Helen. *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*. Princeton: Princeton University Press, 1990.

LONGINO, Helen. *Valores, Heurística e Política do Conhecimento*. Trad. Débora Aymoré. *Scientiae Studia*, v. 15, n. 1, p. 39-57, 2017.

LUCE, Robert. *et al. Foundations of Measurement*. Vol III. Mineola: Dover Publications, 1990.

LUCE, Robert. Suppes Contributions to the Theory of Measurement. In: BOGDAN, R. (org.). *Patrick Suppes*. Dordrecht: Reidel, pp. 93 – 110, 1979.

LUCE, Robert. The Ongoing Dialog between Empirical Science and Measurement theory. *Journal of mathematical psychology*, v 40, p. 78-98, 1996.

LUCE, Robert. NARENS, Louis. Fifteen problems in the representational theory of measurement. In: HUMPHREYS, P. (ed.). *Patrick Suppes: Scientific philosopher*. vol. 2: Philosophy of physics, theory structure, measurement theory, philosophy of language, and logic. Dordrecht: Kluwer, 1994, p. 219-245.

LUCE, Robert. TUKEY, J. Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, v 1, p. 1-27. 1964

LUCE, Robert; SUPPES, Patrick. Representational measurement theory. In: PASHLER, H. WIXTED, J. (org.). *Stevens handbook of experimental psychology*. 3^a ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 2002, p 1-42.

LUCERO, Susana; BORGE, Bruno. El Criterio de Empirical Grounding en el Estructuralismo Empirista. *Principia*, v. 21, n 3, p. 473-482, 2017.

LUCHETTI, Michele. *Scientific Coordination Beyond the A Priori: A Three-dimensional Account of Constitutive Elements in Scientific Practice*. 2020. Tese (PhD Dissertation) – Department of Philosophy, Central European University, 2020. Disponível em: <https://philarchive.org/archive/LUCSCBv1>. Acesso em: 10 ago. 2020.

MACH, Ernst. *Principles of the Theory of Heat*. T.J. McCormack (trans.). Dordrecht: D. Reidel, 1986.

MANDERS, Kenneth. Diagram-based geometric practice. In. MANCOSU, P. (org.). *The Philosophy of Mathematical Practice*. Oxford: Oxford University Press, 2008. p. 65-79.

MARI, Luca. *et al.* A Structural Interpretation of Measurement and Some Related Epistemological Issues. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 65-66, p. 46-56, 2017a.

MARI, Luca. *et al.* Quantities, Quantification, and the Necessary and Sufficient Conditions for Measurement. *Measurement*, v. 100, p. 115-121, 2017b.

MARI, Luca. A Quest for the Definition of Measurement. *Measurement*, v. 46, p. 2889-2895. 2013.

MARI, Luca; MAUL, Andrew; WILSON, Mark. Intersubjectivity of Measurement Across the Sciences. *Measurement*, v. 131, January, p. 764-770, 2018.

MARI, Luca. Epistemology of Measurement. *Measurement*, v. 34, p. 13 - 30, 2003.

- MARI, Luca. The Problem of Foundations of Measurement. *Measurement*, v. 38, n. 4, p. 259-266, 2005.
- MARI, Luca. The Role of Determination and Assignment in Measurement. *Measurement*, v. 21, n. 3, p. 79-90, 1997.
- MARI, Luca; CARBONE, Paolo; PETRI, Dario. Measurement Fundamentals: a Pragmatic View. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v 61, n. 8, p. 2107-2115, 2012.
- MARI, Luca; EHRLICH, Charles; PENDRILL, Leslie. Measurement Units as Quantities of Objects or Values of Quantities: a Discussion. *Metrologia*, v. 55, n. 55, 2018.
- MARI, Luca; GIORDANI, Alessandro. Quantity and Quantity Value. *Metrologia*, v. 49, p. 756-764, 2012.
- MARI, Luca; MAUL, Andrew; WILSON, Mark. Can There be One Meaning of “Measurement” Across the Sciences? *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1379, 2019.
- MEGILL, Allan. Introduction: Four Senses of Objectivity. In: MEGILL, A. (org.). *Rethinking Objectivity*. London: Duke University Press, 1994, p. 1-20.
- MERTON, Robert. A Ciência e a Estrutura Social Democrática. In: MARCOVICH, A.; SHINN, T. (org.). *Ensaio de Sociologia da Ciência*. Trad. Sylvia Gemignani Garcia e Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Editora 34, 2013, p. 181-198.
- METS, Ave. Measurement Theory, Nomological Machine and Measurement Uncertainties (in Classical Physics). *Studia Philosophica Estonica*, v. 5, p. 167 – 186, 2012.
- MICHELL, Joel. Making the Representational Theory of Measurement. In: MICHELL, J. *Measurement in Psychology: A Critical History of a Methodological Concept*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 109-139, 1999.
- MICHELL, Joel. Representational Measurement Theory: Is its Number Up? *Theory & Psychology*, 2020.
- MICHELL, Joel. The Logic of Measurement: a Realist Overview. *Measurement*, v. 38, p. 285– 294, 2005.
- MONTÉVIL, Maël. Measurement in Biology is Methodized by Theory. *Biology & Philosophy*, v. 34, n. 35, 2019.
- MORGAN, Mary; MORRISON, Margaret. *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- MORRISON, Margaret. *Models, Measurement and Computer Simulation: the Changing Face of Experimentation*. *Philosophical Studies*, v. 143, p. 33–57, 2009.

MOSCATI, Ivan. Measurement Theory and Utility Analysis in Suppes' Early Work, 1951-1958. *Journal of Economic Methodology*, v. 23, n. 3, p. 252–267, 2016.

MOULINES, Carlos; SNEED, Joseph. Suppes' Philosophy of Physics. In: BOGDAN, R. (org.). *Patrick Suppes*. Dordrecht: Reidel, 1979, p. 59-92.

MUNDY, Brent. The Metaphysics of Quantity. *Philosophical Studies*, v. 51, n. 1, p. 29–54, 1987.

NEURATH et al. A Concepção Científica Do Mundo - O Círculo De Viena. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, p. 5-20, 1986.

NEURATH, Otto. *Philosophical Papers 1913-1946*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1983.

OLEGARIO Da SILVA, Gilson. *Os Empiristas Vão à Missa: Compromissos Ontológicos e Frameworks Linguísticos*. 2020. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

PADOVANI, Flavia. Coordination and Measurement: What We Get Wrong About What Reichenbach Got Right. *EPSA Selected Papers*, v. 15, p. 49-60, 2017.

PADOVANI, Flavia. Measurement, Coordination, and The Relativized a Priori. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, v. 52, p. 123–128, 2015.

POPPER, Karl. *Conhecimento Objetivo: uma Abordagem Evolucionária*. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975.

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.

PRESTON, Daryl; DIETZ, Eric. *The Art of Experimental Physics*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991.

PUTNAM, Hilary. *The Collapse of The Fact/Value Dichotomy and Other Essays*. London: Harvard University Press, 2002.

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.

RAVETZ, Jerome. *Scientific Knowledge and Its Social Problems*. New Jersey: Transaction Publishers Press, 1996.

REISS, J. SPRENGER, J. Scientific Objectivity. IN: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2017. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/scientific-objectivity/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

RESCORLA, Michael. Convention. In: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2019. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2019/entries/convention/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

RIORDAN, Sally. The Objectivity of Scientific Measures. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 50, p. 38-47, 2015.

ROBERTS, Fred; FRANKE, Charles. On The Theory of Uniqueness in Measurement. *Journal of mathematical psychology*, v. 14, 1976, pp. 211-128.

ROLLERI, José. Datos, Modelos y Morfismos: Sobre el Estructuralismo Intuitivo de Suppes. *Metatheoria – Rev. de Fil. e Hist. de La Ciencia*, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2014.

SCOTT, Dana. SUPPES, Patrick. *Foundational Aspects of Theories of Measurement*. *Journal of Symbolic Logic*, v. 23, n. 2, p. 113-128, 1958.

SMITH, Crosbie; WISE, Matthew N. *Energy and Empire: a Biographical Study of Lord Kelvin*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

SNYDER, Eric. Counting, Measuring, and the Fractional Cardinalities Puzzle. *Linguistics and Philosophy*, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10988-020-09297-5>. Acesso em: 15 dez. 2020.

STEUP, Matthias. Epistemology. In: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2018. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/epistemology/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

STEVENS, Stanley. On the Theory of Scales of Measurement. *Science*, v. 103, p. 677–680, 1946.

SUPPES, Patrick. *et al. Foundations of Measurement*. vol. II. San Diego: Academic press, inc., 1989.

SUPPES, Patrick. A set of Independent Axioms for Extensive Quantities. *Portugaliae Mathematica*, v. 10, p. 163–172, 1951.

SUPPES, Patrick. Measurement, theory of. In: TAYLOR; Francis (ed). *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, 1998. Disponível em: <https://www.rep.routledge.com/articles/thematic/measurement-theory-of/v-1>. Acesso em: 20 dez. 2017.

SUPPES, Patrick. Replies. In: BOGDAN, R. (ed). *Patrick Suppes*. Dordrecht: Reidel, pp. 207 – 232. 1979.

SUPPES, Patrick; ZINNES, Joseph. *Basic Measurement Theory*. Psychology Series - Technical Report No. 45, 1962.

SUPPES, Patrick; WINET, Muriel. An Axiomatization of Utility Based on the Notion of Utility Differences. *Management Science*, v. 1, n. 3-4, p. 259-270, 1955.

SWOYER, Chris. The Metaphysics of Measurement: Essays on Measurement in the Social and Physical Sciences. In: FORGE, J (org.). *Measurement, Realism and Objectivity*. Dordrecht: Reidel, 1987, p. 235–290.

TAL, Eran. Calibration: Modelling the Measurement Process. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 65-66, p. 33-45, 2017b.

TAL, Eran. How Accurate Is the Standard Second? *Philosophy of Science*, v. 78, n. 5, p. 1082-1096, 2011.

TAL, Eran. How Does Measuring Generate Evidence? The Problem of Observational Grounding. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 772, p. 1-6, 2016a.

TAL, Eran. Individuating Quantities. *Philosophical Studies*, v. 176, p. 853–878, 2019.

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, 2016b.

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.

TAL, Eran. Old and New Problems in Philosophy of Measurement. *Philosophy Compass*, v.8, p. 1159–1173, 2013.

TAL, Eran. A Model-based Epistemology of Measurement. In: MÖBNER, N. NORDMANN, A. (eds). *Reasoning in Measurement*. London: Pickering & Chatto Publishers, 2017a, p. 236 - 251.

TAL, Eran. *The Epistemology of measurement: A model Based-Account*. 2012. Tese (Doctorate Degree in Philosophy) - Graduate Department of Philosophy, University of Toronto. Toronto, 2012.

THOMSON, William. *Popular Lectures and Addresses*. vol. 1. London: MacMillan, 1889.

TVERSKY, Amos. General Theory of Polynomial Conjoint Measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, v 4, p. 1-20, 1967.

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

Van FRAASSEN, Bas. From a View of Science to a New Empiricism. In: MONTON, B. (org.). *Images of Empiricism Essays on Science and Stances, with a Reply from Bas C. van Fraassen*. Oxford: Oxford University Press, 2007a, p. 337-383.

Van FRAASSEN, Bas. From Vicious Circle to Infinite Regress, and Back Again. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, v. 1992, p. 6–29, 1992.

Van FRAASSEN, Bas. Introduction: The Changing Debates about Measurement. In: PESCHARD, I.; van FRAASSEN, B. (org.). *The Experimental Side of Modeling*. Minnesota: University of Minnesota Press, 2018a. Disponível em: <https://manifold.umn.edu/read/untitled-db6deec9-c775-4719-933e-60fb0767d7c5/section/c2db853a-37e5-4d77-918e-9f09bff31c38#ch10>. Acesso em: 12 dez. 2020.

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

Van FRAASSEN, Bas. Let's Take the Metaphysical Bull by the Horns. In: PESCHARD, I.; van FRAASSEN, B. (org.). *The Experimental Side of Modeling*. Minnesota: University of Minnesota Press, 2018b. Disponível em: <https://manifold.umn.edu/read/untitled-db6deec9-c775-4719-933e-60fb0767d7c5/section/c2db853a-37e5-4d77-918e-9f09bff31c38>. Acesso em: 12 dez. 2020.

Van FRAASSEN, Bas. Modeling and measurement: The criterion of empirical grounding. *Philosophy of Science*, v. 79, n. 5, p. 773–784, 2012.

Van FRAASSEN, Bas. Representation and Perspective in Science. *Principia*, v. 11, n. 2, p. 97–116, 2007b.

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

Van FRAASSEN, Bas. The False Hopes of Traditional Epistemology. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. LX, n. 2, p. 253-280, 2000.

Van FRAASSEN, Bas. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press, 1980.

Van FRAASSEN, Bas. *The Empirical Stance*. New Haven: Yale University Press, 2002

VAZ, Rafael de Oliveira Lattanzi. *Análise dos Conceitos de Confiabilidade e Confiança na Metrologia sob a Ótica da Filosofia das Medições Contemporânea*. 2017. Tese (Doutorado em Filosofia) – Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Centro de Ciências Sociais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

WIGNER, Eugene. The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences. In: *Communications in Pure and Applied Mathematics*. vol. 13. New York: John Wiley & Sons Inc., 1960, p. 1-14.

WINTHER, Rasmus. The Structure of Scientific Theories. In: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2016. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/entries/structure-scientific-theories/#Aca>. Acesso em: 15 fev. 2019.

WOLFF, Jo. *The Metaphysics of Quantities*. Oxford: Oxford University Press, 2020.