



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

Conrado Emerick Albino

Realismo estrutural e o conceito de estruturas

FLORIANÓPOLIS

2019

Conrado Emerick Albino

REALISMO ESTRUTURAL E O CONCEITO DE ESTRUTURAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em
Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina para a
obtenção do Grau de Mestre em Filosofia

Orientador: Prof. Dr. Jonas Becker Arenhart

Florianópolis
2019

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

Albino, Conrado Emerick
Realismo estrutural e o conceito de estruturas /
Conrado Emerick Albino ; orientador, Jonas Rafael Becker
Arenhart, 2019.
101 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa
de Pós-Graduação em Filosofia, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Filosofia. 2. Realismo estrutural. 3. Abordagem
semântica. 4. Teoria de Quase-Conjuntos. 5. Eliminativismo
de teorias. I. Arenhart, Jonas Rafael Becker. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Filosofia. III. Título.

Conrado Emerick Albino

REALISMO ESTRUTURAL E O CONCEITO DE ESTRUTURAS

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

Prof. Jonas Rafael Becker Arenhart, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Décio Krause, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. William José Steinle, Dr.
Universidade Federal do ABC

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

Prof. Dr. Ivan Ferreira da Cunha
Coordenador do Programa

Prof. Dr. Jonas Rafael Becker Arenhart
Orientador

Florianópolis, 04 de Dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família e amigos por todo o suporte e apoio incondicional, desde sempre. Ao meu orientador, Jonas Becker Arenhart, quem primeiro me acolheu na Filosofia, pela paciência e solicitude, além das discussões em sala (e fora dela) que ajudaram a manter vivo meu interesse pela pesquisa. Gostaria de agradecer à Jessica Daminelli, pela companhia e apoio ao longo de todo o período do mestrado, e pela ajuda com a revisão e formatação final do texto. Gostaria também de agradecer àqueles professores que contribuíram de modo imensurável para a minha formação intelectual nessa nova área de minha vida acadêmica, seja através de aulas e palestras assistidas, seja através de críticas e sugestões nas minhas bancas de qualificação e defesa: professores Newton da Costa, Décio Krause, Cezar A. Mortari, Ivan Ferreira da Cunha e William Steinle. Por fim, gostaria de agradecer a CAPES pela bolsa concedida e sem a qual esta pesquisa não teria sido possível.

RESUMO

Desde sua introdução na filosofia da ciência, o realismo estrutural tem sido amplamente discutido e é atualmente defendido como a menos vulnerável das formas de realismo científico. No entanto, seus defensores enfrentam dificuldades em conciliar a noção de estruturas decorrente da adoção da abordagem semântica como arcabouço teórico, com os compromissos ontológicos que motivam a tese desde sua concepção. Neste trabalho, além de contextualizarmos o problema, discutiremos duas sugestões recentes que de alguma forma tentam lidar com ele: o emprego da teoria de quase-conjuntos como arcabouço matemático, conforme sugerida pelo filósofo Décio Krause no artigo de 2005 “Structures and Structural Realism”; o eliminativismo de teorias como proposto pelo filósofo Steven French no artigo de 2017 “(Structural) realism and its representational vehicles”.

Palavras-chave: Realismo Estrutural. Abordagem Semântica. Teoria de Quase-Conjuntos. Eliminativismo de Teorias.

ABSTRACT

Since its introduction into philosophy of science, structural realism has been widely discussed and is currently held as the least defeasible form of scientific realism. However, its supporters face several difficulties when trying to articulate the core notion of structure, that arises from adopting the semantic approach as theoretical framework, and assuming the ontological commitments that motivate structural realism since its conception. For this work, in addition to providing the context for the problem, we are going to discuss recent suggestions that deal with it somehow: the use of Quasi-Set Theory as a suitable mathematical framework, as proposed by the philosopher Décio Krause in his 2005 paper “Structures and Structural Realism”; theories eliminativism as proposed by the philosopher Steven French in his 2017 paper “(Structural) realism and its representational vehicles”.

Keywords: Structural Realism. Semantic Approach. Quasi-Set Theory. Theories Eliminativism.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 O REALISMO ESTRUTURAL E SUAS VERSÕES	13
2.1 O DEBATE ACERCA DO REALISMO CIENTÍFICO	13
2.1.1 Principais argumentos no debate	18
2.1.1.1 Argumento sem-milagres	18
2.1.1.2 Meta-Indução Pessimista (MIP)	20
2.1.1.3 Subdeterminação das teorias pelos dados (STD).....	21
2.1.2 Algumas posições antirrealistas	22
2.1.2.1 Instrumentalismo	22
2.1.2.2 Empirismo Construtivo (EC).....	24
2.1.2.3 Realismo de Entidades.....	25
2.2 O REALISMO ESTRUTURAL	26
2.2.1 O Realismo Estrutural Epistemológico	27
2.2.1.1 O Realismo Estrutural de Grover Maxwell	27
2.2.1.2 O Realismo Estrutural de John Worrall	30
2.2.2 O Realismo Estrutural Ontológico	32
2.2.2.1 Principais Variantes	37
3 REALISMO ESTRUTURAL E A ABORDAGEM SEMÂNTICA DAS TEORIAS	43
3.1 A ABORDAGEM SINTÁTICA	44
3.2 A ABORDAGEM SEMÂNTICA.....	49
3.2.1 O que são modelos?	52
3.3 REALISMO ESTRUTURAL E A ABORDAGEM SEMÂNTICA.....	56
3.3 .1 Abordagem Semântica e Realismo	57
3.3.2 Estruturas Parciais	60
4 REALISMO ESTRUTURAL E A TEORIA DOS QUASE- CONJUNTOS	62
4.1 INTRODUÇÃO	63
4.2 A TEORIA DE QUASE-CONJUNTOS □	64
4.2.1 Axiomas Estruturais	67
4.2.2 Axiomas Existenciais	71
4.3 REALISMO ESTRUTURAL ONTOLÓGICO E TEORIA DE QUASE-CONJUNTOS	74
4.4 CRÍTICAS À PROPOSTA E UMA SUGESTÃO	76
5 STEVEN FRENCH E O ELIMINATIVISMO DE TEORIAS	83
5.1 INTRODUÇÃO	83
5.2 STEVEN FRENCH E O ELIMINATIVISMO DE TEORIAS	87

5.3	ALGUMAS CRÍTICAS À PROPOSTA DE FRENCH.....	90
6	CONCLUSÃO.....	95
	REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

Há um extenso debate na filosofia da ciência quanto à natureza daquelas entidades postuladas por uma teoria física às quais não temos acesso direto através dos sentidos, conhecidas como *inobserváveis*. Grosso modo, um lado do debate argumenta que os termos que designam inobserváveis de uma dada teoria bem sucedida referem-se a entidades reais, objetos que existem no mundo, e que é essa correspondência entre o termo teórico e o objeto real que explica o sucesso preditivo da teoria. O outro lado, por sua vez, defende o contrário – para eles, não temos como atribuir à existência desses objetos o sucesso das teorias, pois estes podem ou não existir (dependendo da posição defendida), mas nada podemos afirmar de definitivo a esse respeito. Isto é, estes últimos creditam o sucesso da teoria a algum outro mecanismo que não à correspondência efetiva entre termos teóricos e entidades reais. Defensores da primeira posição são conhecidos como *realistas* e no outro lado do debate estão os *antirrealistas* acerca das teorias científicas.

Embora o debate seja longo e esses grupos não sejam internamente homogêneos, os argumentos mais convincentes lançados para embasar cada uma dessas posições costumam ser os seguintes: do lado realista, o *argumento sem milagres* e, do lado antirrealista, a *meta-indução pessimista*. O argumento sem milagres explora a ideia de que o sucesso alcançado por algumas teorias (como, por exemplo, a mecânica quântica e a relatividade), que permitem previsões com altíssimo grau de precisão dentro de um domínio de aplicação progressivamente maior, seria um verdadeiro milagre se essas teorias não fossem, ao menos de maneira aproximada, verdadeiras. Dessa forma, seria irresponsável (para não dizer intelectualmente desonesto) que filósofos lançassem mão de “milagres” como recurso para justificar uma posição filosófica que contrariasse essa explicação. E assim, conforme o argumento, devemos ser realistas quanto a todas as (ou pelo menos boa parte das) entidades responsáveis para que a teoria “funcione”, incluindo aí os inobserváveis.

Já a meta-indução pessimista apela para um argumento histórico-indutivista para justificar seu antirrealismo e, assim, combater o apelo do argumento sem-milagres. Segundo seus defensores, basta olharmos para a história da ciência, em especial para as revoluções científicas, para constatarmos inúmeros casos onde teorias empiricamente bem sucedidas, aparentemente corretas e verdadeiras, acabaram por ser substituídas por outras melhores, mais abrangentes e precisas. Em muitos desses casos parte considerável da ontologia proposta pela teoria anterior foi perdida, ainda que resultados anteriores (por exemplo, certas equações

matemáticas) possam ser derivados como situações-limite na nova teoria. É razoável, portanto, considerarmos que o mesmo deverá acontecer com nossas teorias atuais, independente do grau de maturidade que elas aparentem. Sendo assim, devemos usá-las seja para produzir tecnologia ou organizar os dados empíricos de que dispomos, mas cientes de que elas eventualmente serão substituídas por outras melhores e, dessa forma, não faz sentido entendê-las como portadoras de uma descrição fiel, absoluta, do mundo, aptas a justificar uma posição realista. A recomendação dos antirrealistas é, portanto, que levemos em conta a meta-indução pessimista e sejamos agnósticos acerca da natureza metafísica dos inobserváveis.

Uma contribuição recente ao debate foi dada pelo filósofo inglês John Worrall através do artigo de 1989 “Structural Realism – The Best of Both Worlds”. Worrall entende que, de fato, ambos os argumentos são convincentes e qualquer um dos lados deve lidar diretamente com eles para que sua proposta seja relevante à discussão. A proposta de Worrall é, então, uma espécie de terceira via, isto é, uma posição híbrida formulada para escapar de ambos os argumentos, batizada por ele de *realismo estrutural*. Em resumo, Worrall defende que devemos ser realistas quanto às estruturas presentes nas teorias e permanecer agnósticos a respeito da natureza das entidades – isto é, não devemos nos comprometer ontologicamente com os termos que designam inobserváveis. A posição de Worrall, na verdade, ao mesmo tempo em que escapa das objeções presentes nos argumentos também aceita a ambos: a firma que sem realismo o sucesso da ciência é um milagre, mas não podemos ser realistas acerca das entidades, por conta da meta-indução pessimista.

Em 1998 o filósofo James Ladyman (1998) publica um artigo a partir do qual passa a integrar o debate a distinção entre as versões epistemológica e ontológica do realismo estrutural. O realismo estrutural epistemológico, associado principalmente a Worrall, a firma serem as estruturas tudo o que podemos conhecer através das teorias, mas nada a firma acerca da natureza dos inobserváveis. Ou seja, devemos nos manter agnósticos a respeito daquelas entidades às quais não temos acesso epistêmico, como é o caso desses objetos. Já a variante ontológica, associada principalmente aos filósofos James Ladyman e Steven French, é mais radical: segundo esta teoria, devemos cortar de vez os inobserváveis da ontologia, pois defende que apenas as estruturas existem. Em outras palavras, substitui-se a ideia original, como concebida no artigo de Worrall, de que “tudo que podemos conhecer são as estruturas”, para afirmar categoricamente que “estruturas são tudo que existe”.

Embora o realismo estrutural tenha sido amplamente discutido desde sua concepção, e mesmo a variante ontológica tenha sido posteriormente subdividida em diferentes versões, até o momento nenhum de seus proponentes obteve sucesso em oferecer uma caracterização

suficientemente adequada do conceito de estruturas. No caso da versão que focaremos neste trabalho (conhecida como realismo estrutural ontológico eliminativista), esta dificuldade decorre, grosso modo, da tensão que há entre os compromissos ontológicos da teoria, que pretende eliminar os objetos de sua ontologia, e as estruturas como estas são tradicionalmente concebidas na matemática, para as quais objetos costumam ser indispensáveis. Este é um fato problemático, uma vez que as estruturas são o conceito central da tese, de modo que o realista estrutural precisa saber especificar a respeito de que, exatamente, é realista. E, para isso, é desejável que se ofereça uma caracterização formal do conceito, dentro de um arcabouço teórico conhecido, de modo a livrá-lo de quaisquer ambiguidades.

Dito isso, nosso propósito com este trabalho está na discussão de artigos recentes que lidam de alguma forma com a mencionada dificuldade encontrada em se especificar formalmente a noção de estruturas, de modo coerente com as motivações do realismo estrutural ontológico. Os artigos aqui contemplados serão o “Structures and Structural Realism”, do filósofo Décio Krause (2005), e o “(Structural) realism and its representational vehicles”, de Steven French (2017).

Com este objetivo em mente, o presente trabalho foi estruturado do seguinte modo: no primeiro capítulo, apresentaremos um panorama geral do realismo estrutural. Iniciaremos com uma explanação do debate acerca do realismo científico, ressaltando as principais posições assumidas lá, bem como os argumentos que as embasam, para que então possamos motivar o surgimento da tese realista estrutural neste contexto. Finalizaremos discutindo as principais variantes da tese, que tem sofrido inúmeras modificações desde sua aparição inicial na filosofia com o artigo de Worrall (1989).

No segundo capítulo, discutiremos as duas principais abordagens formais de teorias científicas: a abordagem sintática e a abordagem semântica. Nossa intenção é justificar o arcabouço formal adotado na discussão nos capítulos subsequentes sobre o conceito de estruturas associado à versão ontológica do realismo estrutural, já que esta versão é constantemente associada com a abordagem semântica de teorias por seus proponentes.

No capítulo 3 discutiremos o artigo de 2005 “Structures and Structural Realism” do filósofo Décio Krause, que propõe uma maneira de definir estruturas, coerente com os preceitos do realismo estrutural ontológico, por meio da teoria de quase-conjuntos. Faremos inicialmente uma exposição da teoria, apresentando suas motivações e listando seus principais axiomas e teoremas, para então apresentarmos a sugestão de Krause e discutí-la quanto a, conforme julgamos, seus méritos e problemas. Por fim, discutiremos no capítulo final o artigo de 2017 “(Structural) realism and its representational vehicles” de Steven French, um dos

principais defensores da versão ontológica do realismo estrutural. De modo análogo ao artigo de Krause, French busca contornar algumas objeções decorrentes da associação entre a versão do realismo estrutural que defende e a abordagem semântica, que pressupõe métodos conjuntistas de caracterização de estruturas. De início, apresentaremos as principais ideias concebidas no artigo para, então, listarmos algumas das dificuldades que a sugestão, a nosso ver, ainda enfrenta.

2 O REALISMO ESTRUTURAL E SUAS VERSÕES

Este capítulo tem por objetivo expor a tese conhecida na filosofia da ciência como *realismo estrutural*, apresentando suas principais variantes e enfatizando as divergências entre elas e seus pontos em comum. Com o propósito de contextualizar a discussão, iniciaremos com uma apresentação do debate acerca do realismo científico, destacando as posições mais comuns assumidas no debate e os principais argumentos que as motivam. Apresentaremos então o realismo estrutural em suas versões *epistemológica* e *ontológica*, salientando suas motivações filosóficas e os problemas que, por sua vez, suscitam. Aqui será dada ênfase à variante ontológica do realismo estrutural, uma vez que essa é a versão por trás das questões que trataremos nos capítulos seguintes desta dissertação.

2.1 O DEBATE ACERCA DO REALISMO CIENTÍFICO

O realismo científico é antes de tudo uma forma de *realismo*, de modo que se quisermos compreendê-lo é preciso, inicialmente, delimitar o que entendemos em filosofia por realismo em um sentido amplo. Embora o conceito tenha recebido caracterizações diversas ao longo do tempo, em linhas gerais, denominamos *realistas* aquelas posições filosóficas que afirmam que os objetos pertencentes a certa classe sob consideração *realmente existem*, independente do modo como esses objetos possam ser percebidos por seres sencientes. Ou, ainda, que estes objetos estão entre os constituintes últimos do mundo real, isto é, que são objetos cuja existência não depende da existência de outros objetos. Se entendermos deste modo, não há, a princípio, um limite para a quantidade de classes de objetos a respeito das quais podemos ou não ser realistas.

Vejam os alguns exemplos. Uma possibilidade de realismo é aquele acerca da classe composta pelos objetos matemáticos, sejam números, funções ou conjuntos. Realistas matemáticos (usualmente denominados *platonistas*) defendem que os objetos abstratos da matemática existem no mundo, de maneira independente da nossa linguagem, nossas práticas e nossas percepções sobre eles. Defendem, por exemplo, que figuras geométricas (como triângulos) são entidades existentes na realidade, e não criações da mente humana. Em outras palavras, proposições matemáticas, segundo os realistas, são *descobertas*, e não *inventadas* pelos matemáticos. Similarmente, podemos ser realistas a respeito de inúmeras outras classes de objetos, como objetos materiais ordinários (como cadeiras), processos mentais

(pensamentos, percepções), entidades inobserváveis postuladas pela ciência (elétrons), virtudes morais (coragem), etc. Basta que, de modo análogo ao exemplo dos objetos matemáticos mencionado, nossa crença a respeito desses objetos seja de que eles existam por si só, no mundo, de maneira independente ao modo como os percebemos. A justificativa envolvida na defesa de cada caso, contudo, depende da natureza do objeto em questão.

Por sua vez, concepções que se opõem ao realismo e suas afirmações são formas de *antirrealismo*. Antirrealistas matemáticos, por exemplo, defendem que a matemática é uma invenção humana, isto é, que seus conceitos, teoremas, etc., são produto exclusivo de nossa inteligência, construídos mediante regras previamente estabelecidas por nós – um corolário imediato desta afirmação é a hipótese de que caso não existissem seres humanos, também as verdades da matemática não existiriam (como algo passível de ser descoberto por outros seres sencientes, por exemplo). De modo análogo, também encontramos na história da filosofia visões antirrealistas acerca de outras classes de objetos (como aquelas mencionadas no parágrafo anterior). Não entraremos em detalhes a respeito de cada caso, cuja justificativa oferecida pelo antirrealista se apoia nas particularidades de seu objeto de análise, mas de modo geral a ideia é a mesma: serão antirrealistas aquelas concepções que defendem que compreendamos determinadas classes de objetos como artificiais, seja porque são deliberadamente inventadas por nós por questões pragmáticas (como objetos materiais) seja porque derivam, em última instância, de outros objetos ainda mais fundamentais.

Por fim, não há restrições quanto a sermos realistas a respeito de certas classes de objetos e antirrealistas a respeito de outras – é necessário sempre que se especifique o conteúdo a respeito do qual se é ou não realista, pois não é uma posição que, uma vez assumida, abarque todo e qualquer tipo de objeto. Não há nenhum tipo de exigência, portanto, estabelecendo que um realista matemático deva ser também realista a respeito de virtudes morais, ou objetos materiais pois, como já foi dito, cada caso desses pode depender de motivações diversas.

O realismo estrutural, tese que discutiremos nesta dissertação, surge na filosofia no contexto do debate filosófico acerca do *realismo científico*. Esse debate é central para a filosofia da ciência por dizer respeito à própria natureza do conhecimento científico e, por isso, se relaciona com grande parte das questões de interesse nesse ramo da filosofia, como por exemplo, aquelas representadas pelas perguntas “o que são teorias científicas?” ou “qual a meta da ciência?”. Em outros termos, filósofos que antagonizam no debate sobre realismo científico tenderão a ter concepções diferentes sobre de que forma devemos caracterizar a estrutura das teorias científicas, já que uma coisa depende da outra.

Podemos, então, classificar essa variante realista como a forma de realismo cuja classe de objetos considerada, grosso modo, são as entidades postuladas por nossas melhores teorias científicas. Assim, embora não exista uma única e precisa caracterização adotada uniformemente pelos autores que protagonizam o debate, uma definição suficientemente rigorosa para nossos propósitos, por englobar as ideias compartilhadas por suas principais versões, é entendermos o realismo científico como a concepção filosófica que defende “uma atitude epistêmica positiva com relação às nossas melhores teorias e modelos científicos, e nos recomenda crença tanto nos aspectos observáveis quanto inobserváveis do mundo descrito pela ciência” (Chakravartty, 2011).

A definição apresentada pede por alguns esclarecimentos. Devemos reparar, por exemplo, que Chakravartty refere-se às nossas *melhores* teorias, e não a *qualquer* teoria. A intenção por trás dessa qualificação está em afastar a crença de que realistas científicos defendem que *toda* teoria científica aceita numa determinada época seja verdadeira e faça afirmações corretas sobre o mundo. Embora posições desse tipo (de que aquilo que entendemos por ciência seja um todo homogêneo e confiável) sejam frequentes no pensamento acrítico associado ao senso-comum, elas praticamente não são encaradas com seriedade pelos filósofos da ciência. Porém, ainda que seja feita essa restrição, ainda há certa dificuldade em definirmos o que seriam nossas “melhores teorias”. Seriam teorias simples, que postulam poucas entidades, e explicam uma ampla gama de fenômenos? Teorias que fazem previsões com altíssima precisão? Ou teorias que estão em vigor por bastante tempo, por exemplo, superior a certo período previamente estipulado? Enfim, quais virtudes teorias científicas devem possuir para que sejam consideradas adequadas como suporte a uma posição realista a respeito da ciência?

Embora não exista ainda uma definição precisa, consensualmente aceita, que identifique quando uma teoria é suficientemente adequada a fim de justificar posições realistas, filósofos realistas parecem concordar que algumas teorias específicas, escolhidas intuitivamente, parecem atender ao requisito. Para citar alguns exemplos, teorias como a *evolução*, a *relatividade (geral e restrita)* e a *mecânica quântica* são exemplos paradigmáticos de teorias amplamente aceitas como algumas de nossas melhores, embora não apresentem na mesma medida as virtudes sugeridas no parágrafo anterior, e constantemente figuram nos debates acerca do realismo. Além disso, o fato de algumas dessas teorias serem mutuamente inconsistentes (como acontece com a relatividade geral e a mecânica quântica) não impede que cada uma delas seja considerada a melhor opção de que dispomos quando consideramos o domínio de aplicação no qual atuam.

Outra noção que deve estar clara é a distinção entre aspectos observáveis e inobserváveis contidos nas teorias, pressuposta na definição oferecida por Chakravartty que citamos acima. Devemos entendê-la, em filosofia, como discriminando entre aquilo que podemos observar e aquilo que não conseguimos enquanto levamos em conta exclusivamente a capacidade sensorial humana, sem o auxílio de instrumentos de qualquer tipo. Dessa forma, entidades como insetos, foguetes e a Lua, às quais temos acesso empírico direto, isto é, conseguimos enxergar a olho nu, caem na categoria dos observáveis. Já entidades como elétrons, campos eletromagnéticos e proteínas, em suma, entidades às quais só temos acesso por meios indiretos, através das consequências empíricas previstas pelas teorias nas quais figuram, devemos classificar como inobserváveis.¹

A definição apresentada, embora fiel à noção intuitiva a respeito do significado que um realismo sobre a ciência deva abarcar, pode parecer ainda um pouco vaga. O que afinal, mais precisamente, significa crermos na realidade daquilo que é descrito pela ciência? Com quais pressupostos epistemológicos e metafísicos nos comprometemos ao aceitar o realismo segundo uma definição como essa? Segundo Chakravartty, “para clarificarmos a que corresponde o realismo no contexto das ciências, e diferenciá-lo de importantes alternativas antirrealistas, é útil entendê-lo em termos de três dimensões: uma dimensão metafísica (ou ontológica); uma dimensão semântica; e uma dimensão epistemológica.” (Chakravartty, 2011). Para facilitar o entendimento das dimensões citadas, que nos ajudam a caracterizar os compromissos do realismo científico, iremos contrastá-las individualmente com algumas das visões antirrealistas que as rejeitam.

A *dimensão metafísica* corresponde à ideia de que defensores do realismo científico comprometem-se com a existência de um mundo externo, independente da cognição humana, e que este é investigado (muitas vezes com sucesso) pelas ciências. Essa posição contrasta, por exemplo, com posições idealistas, segundo as quais não podemos fazer afirmações sobre a existência de um mundo externo e independente à mente humana, já que não temos acesso cognitivo a ele. Este tipo de idealismo, no entanto, quase não aparece em discussões na filosofia da ciência contemporânea, apesar de sua importância histórica. Entre os adversários do realismo científico que opõem-se a ele quanto à dimensão metafísica, são mais comuns os

¹Não devemos confundir o termo ‘observável’ conforme a distinção apresentada, usual na filosofia da ciência, com o mesmo termo conforme ele figura na física, em especial na mecânica quântica. Lá, designamos como ‘observáveis’ todas as propriedades de um dado sistema que conseguimos obter através de medições experimentais, ainda que nosso acesso a elas seja possível apenas indiretamente, e mediante instrumentos de alta complexidade. Nesse último sentido, que não nos interessa para este trabalho, são alguns exemplos de observáveis propriedades como ‘energia’, ‘spin’, ‘momento’, etc.

defensores de concepções neo-Kantianas da natureza do conhecimento científico, que rejeitam a tese de que o mundo a que temos acesso empírico seja independente da mente. Isto é, embora possam conceder que o mundo tenha em si mesmo existência independente, rejeitam que o mundo de nossa experiência (que investigamos através da ciência) dependa de nossa cognição.

Já a *dimensão semântica* diz respeito à tese de que afirmações científicas sobre o mundo devem ser interpretadas literalmente. Nesse contexto, possuir interpretação literal significa que afirmações científicas sobre entidades, processos, propriedades e relações, sejam observáveis ou inobserváveis, são portadoras de valor-verdade (isto é, são verdadeiras ou falsas). Quanto ao significado de verdade, será assumido aqui o usual de *verdade por correspondência*: enunciados científicos são verdadeiros na medida em que haja uma correspondência entre eles e aspectos do mundo. Para isso, os termos teóricos que constam em dado enunciado (representativos de entidades, processos, propriedades ou relações) suposto verdadeiro, devem também possuir uma contraparte no mundo real.

Entre os opositores dessa visão estão aqueles que defendem uma epistemologia da ciência instrumentalista: para eles afirmações científicas a respeito de inobserváveis não possuem sentido literal algum – enunciados nos quais figuram servem exclusivamente como instrumentos de cálculo e para sistematização das consequências observáveis da teoria. Falaremos sobre a concepção instrumentalista mais à frente, quando discutiremos algumas formas de antirrealismo científico.

A terceira e última dimensão, a *dimensão epistemológica*, indica que o realismo compromete-se com a ideia de que as afirmações teóricas produzidas pela ciência ampliam nosso conhecimento sobre o mundo. Em outras palavras: como a ciência (quando consideramos nossas melhores teorias) nos diz que é o mundo, seja em seus aspectos observáveis ou inobserváveis, assim ele é. Essa dimensão não está implícita na dimensão semântica, pois enquanto aquela postula apenas que devemos interpretar os enunciados literalmente como sendo verdadeiros ou falsos, nada garante que somos epistemologicamente capazes de constatar qual é, no fim, o valor-verdade da proposição. Por isso a tese realista requer também o comprometimento epistemológico com nossa capacidade de produzir teorias verdadeiras, e de verificarmos que são, de fato, verdadeiras.

O contraste aqui é feito com posições céticas que, ainda que aceitem as dimensões metafísicas e semânticas do realismo, rejeitam a tese de que as investigações científicas tenham força suficiente para aumentar nosso conhecimento sobre o mundo (ao menos além de seu aspecto observável). Um exemplo é a posição antirrealista conhecida como ‘empirismo

construtivo': embora a existência de um mundo externo e a literalidade dos enunciados científicos seja ponto pacífico também para os defensores dessa posição, rejeitam que aquilo que as teorias nos dizem a respeito de inobserváveis aumente nosso conhecimento do mundo. Essa posição também será discutida adiante com mais detalhes.

Para resumir, listaremos alguns dos pressupostos assumidos pela doutrina realista conforme a entenderemos para os propósitos deste trabalho: (i) existe um mundo externo à cognição humana e este é legitimamente investigado pela ciência; (ii) o objetivo da ciência é produzir teorias verdadeiras; (iii) a noção de verdade assumida é a de verdade por correspondência, isto é, teorias são verdadeiras na medida em que descrevem corretamente os aspectos observáveis e inobserváveis do mundo; (iv) os termos teóricos que designam inobserváveis devem ser interpretados literalmente, ou seja, como referindo-se a entidades reais, existentes no mundo.

2.1.1 Principais argumentos no debate

Para nos situarmos no debate é necessário conhecer os principais argumentos que os filósofos que participam dele aceitam ou aos quais tentam responder. São eles, afinal, que norteiam a formulação das principais posições, realistas e antirrealistas, que protagonizam a disputa. Em nossa exposição, focaremos nos três que julgamos mais relevantes, a saber, o *argumento sem-milagres*, a *meta-indução pessimista* e a *subdeterminação da teoria pelos dados*.

2.1.1.1 Argumento sem-milagres

O argumento mais convincente a levar cientistas e filósofos a assumirem uma posição realista com relação à ciência é conhecido como *argumento sem-milagres* (ASM). Apesar da intuição por trás dele ser bastante antiga, devemos ao filósofo americano Hilary Putnam sua formulação mais recente, que o resumiu como: “O argumento positivo para o realismo consiste em que ele é a única filosofia que não faz do sucesso da ciência um milagre” (PUTNAM, 1975, p. 73). Sua ideia central é a seguinte: dado o imenso sucesso empírico alcançado por nossas teorias, seria uma coincidência imensa se elas não fossem, ao menos aproximadamente, verdadeiras. Segundo o ASM, só um milagre justificaria todo o sucesso alcançado, digamos, pela mecânica quântica, caso a teoria não fosse ao menos aproximadamente verdadeira, e seria irresponsável (para não dizer desonesto) que cientistas e

filósofos lançassem mão de milagres para justificar algo tão facilmente constatável como o fato que algumas teorias são extremamente bem-sucedidas. Devemos, portanto, ser realistas a respeito da ciência, já que a ideia de que as teorias são verdadeiras é a melhor explicação para o seu sucesso por, como colocou Putnam, ser a única que não faz dele um milagre.

O argumento fica ainda mais forte quando enfatizamos o papel dos ‘novos sucessos preditivos’ (*novel predictions*) – a capacidade que algumas teorias possuem em realizar previsões empíricas para além dos fenômenos inicialmente conhecidos à época de sua formulação, e que foram considerados pelo cientista durante sua elaboração. Um exemplo frequentemente discutido é a explicação científica da precessão do equinócio fornecida pela mecânica newtoniana: embora o fenômeno fosse conhecido já na época de Isaac Newton, ele não foi utilizado na elaboração de sua mecânica. No entanto, com a teoria já formulada foi possível, mediante a teoria da gravitação, prevê-lo, exemplificando assim aquilo que chamamos de ‘novos sucessos preditivos’.

A relevância deste fenômeno para a argumentação dos realistas é bastante nítida. Para eles, o realismo científico é a única explicação para a ocorrência de teorias capazes de novas previsões: afinal, se a adequação empírica fosse mera coincidência, é de se supor que ela seria incompatível com os dados após a descoberta de novas evidências. E se isso não ocorre, segundo eles, é porque a teoria deve ser verdadeira.

O ASM relaciona-se, assim, com o conceito de *inferência à melhor explicação* (IME), identificado pelo filósofo americano Gilbert Harman (1965)². A ideia por trás da IME é bastante simples: se uma teoria X explica determinada evidência melhor do que teorias rivais, devemos aceitá-la em detrimento das outras. Além de descrever as inferências triviais que fazemos a todo instante no nosso cotidiano (como imaginar que o barulho de campainha corresponde à presença de uma pessoa à porta), emprega-se com frequência a IME na prática científica, na seleção, pelos cientistas, das melhores hipóteses que acomodem os dados empíricos de que dispomos. Um exemplo pode ser encontrado nessa passagem de “Origem das Espécies”, de Charles Darwin (DARWIN apud THAGARD, 1978, p. 77):

Dificilmente pode ser suposto que uma teoria falsa explicaria, de modo tão satisfatório como explica a teoria da seleção natural, as várias classes de fatos acima especificadas. Recentemente tem sido objetado que este é um método inseguro de argumentar; porém este é um método usado para julgar os eventos comuns da vida e, frequentemente, tem sido usado pelos maiores filósofos naturais.

²Podemos traçar as origens da IME ao trabalho de Charles Sanders Peirce no século XIX, que distinguiu três tipos de inferências: dedutivas, indutivas e abduativas. A abdução, grosso modo, consiste na ideia de que podemos inferir hipóteses com base no que elas explicam. Embora o próprio Harman tenha alegado que seu conceito corresponde à abdução, esta é definida por Peirce como sendo inferência a *alguma* explicação, ou seja, seu sentido é mais geral que aquele que a IME tenta capturar.

Harman argumenta que como esta, diversas passagens no livro de Darwin são evidências de que sua teoria providencia a ‘melhor explicação’ para os fatos que tenta explicar e deve, por esse motivo, ser aceita. Esta é, de fato, prática comum entre cientistas na elaboração de suas teorias. A sugestão dos realistas é, então, que façamos uso da regra também na filosofia – a afirmação, em suma, é de que não deveríamos meramente escolher certa teoria X entre suas rivais, pragmaticamente, mas acreditar que ela é de fato verdadeira, com base em ser essa a melhor explicação para seu sucesso empírico.

2.1.1.2 Meta-Indução Pessimista (MIP)

Quanto aos argumentos antirrealistas, o mais poderoso deles é conhecido como *meta-indução pessimista*, e oferecer uma resposta a ele sem abandonar algumas intuições realistas é a principal motivação por trás do realismo estrutural, como veremos adiante. A intuição por trás do argumento é bastante simples: basta olharmos para a história da ciência e logo constatamos a quantidade enorme de teorias que no passado aparentavam ser verdadeiras, devido ao sucesso empírico de que desfrutavam, e posteriormente foram abandonadas, substituídas por teorias melhores. Afinal é notório que, amparadas pelo avanço da tecnologia, as teorias passam por diversas mudanças em seu desenvolvimento, algumas em maior grau que outras, e isso tem sido constante na história da ciência em basicamente qualquer uma de suas disciplinas. Laudan (1981) ilustra essa ideia apresentando exemplos de teorias bem sucedidas no passado, mas que com o tempo passamos a julgá-las como sendo falsas:

- As esferas cristalinas da astronomia antiga e medieval;
- Os humores da medicina medieval;
- Os eflúvios das primeiras teorias da eletricidade estática;
- A geologia catastrofista;
- A teoria química do flogisto;
- O calórico;
- A teoria vibracional do calor;
- A força vital (fisiologia);
- O éter eletromagnético;
- O éter ótico;
- A inércia circular;

- Teorias de geração espontânea.

Apesar de todas essas teorias terem sido consideradas bem sucedidas em certo momento histórico, o consenso hoje é de que seus termos centrais não se referem a entidades reais. Assim, o que nos garante que nossas teorias atuais, por mais que sejam bem sucedidas empiricamente, não estejam sujeitas a mesma sorte? Afinal, elas são essencialmente como as teorias antigas, são elaboradas por nós, provém de métodos similares e partilham dos mesmos objetivos. Ao que parece, o que as distingue é o fato absolutamente contingente de que ainda não ocorreu de nos depararmos com teorias melhores que elas, que estão atualmente em vigor. Entretanto, afirmam os defensores da MIP, se considerarmos a força daquilo que nos mostra a história da ciência, repleta de casos de teorias amplamente aceitas em dado momento histórico que foram depois abandonadas, isso fatalmente acontecerá. E como não é racional que sejamos realistas com relação a teorias falsas, que logo serão descartadas como aquelas citadas acima, o que a MIP nos recomenda é que não devemos julgar que nossas teorias sejam verdadeiras. Devemos, portanto, abandonar o realismo.

Assim como o ASM é amparado por um argumento do tipo abdução, como mencionamos, o tipo de inferência usado para justificar a MIP, como o próprio nome diz, é a *indução*. Isto é, extrai-se uma conclusão geral (toda teoria vai ser eventualmente suplantada por outra superior) a partir da análise casos particulares (teorias específicas do passado foram substituídas por teorias melhores). Sua defesa e justificação, portanto, acaba por envolver discussões acerca dos méritos e validade do método indutivo.

2.1.1.3 Subdeterminação das teorias pelos dados (STD)

Além da MIP, há outro argumento que favorece o lado antirrealista do debate: a *subdeterminação da teoria pelos dados*. Seu conteúdo está implícito no nome: é uma possibilidade lógica que mais de uma teoria sejam simultaneamente compatíveis com os dados conhecidos a respeito de algum sistema empírico que se deseje investigar. Em casos desse tipo, nos quais a adequação empírica não é suficiente para discriminar entre teorias rivais (que afirmam coisas distintas sobre o mundo), como justificar nosso realismo? A recomendação da STD é a seguinte: frente a esse impasse, no qual a teoria “verdadeira” fica subdeterminada pelas evidências de que dispomos, devemos ser antirrealistas, e assim evade-se o problema.

Vejamos um exemplo (retirado de French, 2009, pp. 98-99). Consideremos duas teorias concorrentes sobre a extinção dos dinossauros, T1 e T2. Segundo a T1, a poeira

levantada na atmosfera decorrente do choque de um meteoro com a Terra bloqueou o sol. Este fenômeno, segundo a teoria, teria alterado o clima e, como consequência, destruído ecossistemas e causado a extinção dos dinossauros. A T2, por sua vez, defende também que a extinção teve como causa alterações climáticas decorrentes da alta concentração de poeira na atmosfera, mas atribui o fenômeno a outra origem, no caso, à atividade vulcânica. Nesse caso, quais critérios podem ser adotados para que possamos selecionar a teoria verdadeira, quando as duas citadas, apesar de incompatíveis entre si, são compatíveis com os dados que pretendemos explicar?

Uma saída para evitar ter que lidar com questões como essa é simplesmente abandonar o realismo – se nenhuma das teorias precisa ser verdadeira, o problema da subdeterminação simplesmente não se coloca e, como no caso da MIP, critérios pragmáticos podem ser estipulados para que se escolha qual delas será aceita quando consideradas sob um determinado contexto.

2.1.2 Algumas posições antirrealistas

O termo *antirrealismo* designa qualquer posição que se oponha ao realismo, em qualquer uma de suas dimensões mencionadas na seção 1.1. Assim, variadas posições foram tomadas na história do debate às quais podemos classificar como antirrealistas, ainda que para além da negação do realismo, pouca semelhança possa haver entre elas. Sem nos ater a detalhes históricos e problematizações excessivas, apresentaremos aqui, brevemente, as principais características de algumas das formas de antirrealismo científico mais comuns na literatura: o *instrumentalismo*, o *empirismo construtivo* e o *realismo de entidades*. Enfatizaremos em nossa exposição o modo como elas lidam com os argumentos apresentados na subseção 1.1.1.

2.1.2.1 Instrumentalismo

Denominamos *instrumentalista* à concepção antirrealista acerca da natureza do conhecimento científico predominante na primeira metade do século 20 que, *grosso modo*, defende que “teorias são meros instrumentos usados para predizer fenômenos observáveis ou sistematizar relatos observacionais” (CHAKRAVARTTY, 2011, on-line). Embora historicamente seja possível identificarmos tipos de diferentes de instrumentalismo, sua forma tradicional postula que os termos teóricos usados para designar inobserváveis são

completamente destituídos de significado. Isso equivale a dizer que as asserções científicas que levem em conta essas entidades, por exemplo, a afirmação “elétrons possuem carga negativa”, não são candidatas à verdade. Afinal, está claro que num cenário no qual nem ‘elétron’, e nem ‘carga’ referem-se a entidades reais, é impossível que uma proposição que contenha os termos seja passível de ser verdadeira, ou mesmo falsa. Isso porque se tratam de conceitos aos quais não temos acesso empírico direto e, portanto, segundo os instrumentalistas, devemos avaliar sua presença nas teorias meramente como entidades fictícias construídas com o propósito de nos ajudar, por exemplo, a sistematizar o conhecimento observacional acumulado ao longo do tempo.

Entre os mais emblemáticos filósofos instrumentalistas podemos citar o físico e filósofo francês Pierre Duhem, além de positivistas lógicos como Rudolph Carnap e Carl Gustav Hempel, estes últimos associados ao grupo conhecido como Círculo de Viena. Um dos objetivos perseguidos pelo grupo, do qual falaremos mais no segundo capítulo desta dissertação, consistia em providenciar uma interpretação para os termos teóricos, correspondentes às entidades inobserváveis, que harmonizasse com as inspirações empiristas compartilhadas por seus membros. Conforme Chakravarty nos diz (2011, on-line):

De modo a racionalizar o uso ubíquo de termos que poderiam de outra forma ser interpretados como se, no discurso científico, fizessem referência a inobserváveis, eles adotaram uma semântica não-literaI segundo a qual esses termos adquirem sentido ao serem associados a termos que designam observáveis (por exemplo, “elétron” poderia significar “risco branco numa câmara de vapor”), ou como procedimentos demonstráveis em laboratório (uma concepção conhecida como “operacionalismo”).

Assim entendida, fica claro que a concepção instrumentalista do conhecimento científico está em harmonia com a MIP, pois as revoluções científicas em nada a atingem uma vez que seus defensores não creem que teorias possam ser verdadeiras ou, em outras palavras, não aceitam o ASM como explicação do sucesso de suas teorias. Pelo mesmo motivo, instrumentalistas também não precisam contornar a objeção ao realismo proporcionada pelo STD já que as virtudes teóricas decisivas nesta concepção são as pragmáticas, e estas são suficientes para decidirmos entre possíveis teorias concorrentes.

Podemos então resumir a visão instrumentalista da ciência como aquela que enxerga teorias sob uma perspectiva meramente instrumental: teorias são encaradas como receitas que nos permitem fazer previsões, construir tecnologia, etc., mas que dizem muito pouco sobre o funcionamento do mundo em suas categorias mais fundamentais, como aquelas às quais não temos acesso empírico direto (relativa aos eventos que ocorrem em escala atômica, por exemplo). Por sua vez, a presença de conceitos teóricos que designam inobserváveis deve ser entendida de acordo com seu valor pragmático, isto é, como se fossem abreviações ou atalhos

que nos auxiliam a simplificar sistemas conceituais, facilitar cálculos, etc., suficiente para que possamos, a partir deles, deduzir as consequências observacionais conhecidas numa dada época.

2.1.2.2 Empirismo Construtivo (EC)

Devemos a tese antirrealista com o maior número de adeptos nos dias de hoje, o *empirismo construtivo*, ao filósofo holandês Bas Van Fraassen, que a desenvolveu inicialmente no livro “The Scientific Image”, de 1980. A diferença principal entre o EC e o realismo científico está no quê cada um deles supõe ser o objetivo da ciência: ao contrário dos realistas, que atribuem à ciência a meta de produzir teorias verdadeiras, a fim de obter uma descrição fiel da realidade, para o empirismo construtivo “a ciência tem por objetivo nos dar teorias que são empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria envolve como crença apenas que ela seja empiricamente adequada” (VAN FRAASSEN, 1980, p. 12).

Assim como a concepção instrumentalista, o EC também parte de uma epistemologia empirista para atacar o apelo realista à existência dos inobserváveis como explicação para o sucesso da ciência. Diferencia-se daquela, porém, pois não concebe teorias como meros instrumentos para predição de fenômenos empíricos: para o empirista construtivo todo enunciado teórico, incluindo aqueles que envolvem inobserváveis, deve ser interpretado *literalmente*, como se o que a teoria nos mostrasse fosse que aquelas entidades existem de fato. Ocorre, no entanto, que não temos como verificar se as entidades inobserváveis realmente existem, como afirmam as teorias, com base somente em nossa experiência (que é, para os empiristas, o juiz decisivo para afirmações dessa natureza). Assim, o que o empirismo construtivo nos recomenda é que tratemos com ceticismo a hipótese de sermos capazes de constatar a verdade de nossas teorias bem sucedidas, naquilo que diz respeito aos seus aspectos inobserváveis, e assumamos uma outra atitude diante delas: devemos almejar apenas que elas sejam empiricamente adequadas, isto é, que acomodem de alguma forma as observações relevantes. De resto, acerca de entidades e processos inobserváveis, devemos ser metafisicamente agnósticos: as afirmações nas quais eles figuram fazem sentido, para os empiristas construtivos, mas sua falsidade ou veracidade é indeterminável.

Devemos notar também que o principal argumento realista, o ASM, é claramente rejeitado pelos defensores do EC, dado que estes não atribuem o sucesso da ciência à referência bem sucedida entre termos teóricos e entidades reais. Para eles o sucesso das teorias tem, antes, explicação *darwinista*: várias hipóteses são formuladas na gênese de uma

disciplina científica e só as melhores, isto é, as que se mostram mais adequadas empiricamente “sobrevivem”. Como as teorias ruins são descartadas e as perdemos de vista, ficamos impressionados com o sucesso daquelas que acabamos por aceitar, como se estas tivessem surgido de um insight único e certo, o que tende a nos levar erroneamente ao realismo. A verdade, no entanto, é que falha-se bastante até que se atinja um estado de coisas no qual as principais teorias dentro de um dado domínio sejam consideradas bem-sucedidas. O ponto dos defensores do EC, para resumir, é que dada a quantidade imensa de teorias que são propostas, não é de se admirar que, em meio às inúmeras abandonadas, ao menos algumas delas se mostrem adequadas e prosperem.

A MIP, por sua vez, também não causa problemas para o empirista construtivo, uma vez que a posição deste independe da existência dos inobserváveis. Sendo assim, mudanças teóricas, como aquelas decorrentes de revoluções científicas, não abalam a concepção do sucesso da ciência defendida pelo EC: como nenhuma teoria é assumida como sendo verdadeira, todas estão sujeitas a serem substituídas por teorias melhores, isto é, que melhor correspondam aos fenômenos empíricos conhecidos. Ou seja, assumindo o EC não há tensão alguma, do ponto de vista filosófico, entre aceitarmos que a ciência é um empreendimento bem sucedido ao mesmo tempo em que constatamos que teorias que julgamos bem sucedidas são com frequência abandonadas para dar origem a outras melhores.

2.1.2.3 Realismo de Entidades

O *realismo de entidades* foi primeiramente descrito pelo filósofo canadense Ian Hacking no livro ‘Representing and Intervening’, de 1983. Apesar do nome, a tese contraria alguns pressupostos do realismo científico padrão, como a noção de que teorias devem almejar à verdade. Grosso modo, o que um realista de entidades nos diz é que devemos crer nos inobserváveis não porque estes figurem em teorias que acreditamos serem verdadeiras, mas porque somos capazes de manipulá-los para produzir certos efeitos. Isto é, para Hacking devemos crer na existência de certas entidades (como elétrons) não porque fazem parte de teorias que julgamos (aproximadamente) verdadeiras, mas porque somos capazes de usá-las para produzir fenômenos de interesse, independente das alterações, radicais ou não, por quais essas teorias possam passar ao longo do tempo.

Para ilustrar, Hacking nos oferece como exemplo a aspensão de elétrons em bolas de nióbio a fim de mudar a sua carga, um experimento que visa à detecção de partículas subatômicas conhecidas como *quarks*. A ideia é a seguinte: devemos encarar elétrons, à luz

do exemplo citado, como ferramentas que utilizamos no dia-a-dia. Hacking argumenta que da mesma forma em que um mecânico que não questiona a realidade da chave que utiliza na medida em que ela o auxilia a alcançar seu objetivo, também o cientista não deve questionar a realidade de elétrons ou outros inobserváveis enquanto os experimentos que deles dependem forem bem sucedidos.

O realismo de entidades é na verdade uma posição híbrida, que rejeita os pontos que trazem problemas para a visão realista, principalmente ao considerarmos a MIP e a STE, enquanto evita o ceticismo epistemológico de posições antirrealistas, como o empirismo construtivo de Van Fraassen. Em síntese, trata-se de uma posição que recomenda o realismo nos casos onde há sólido conhecimento causal acerca de certas entidades inobserváveis, isto é, um tipo de conhecimento que nos permite manipulá-las e fazer com que interfiram em outros fenômenos. Em outros termos, a proposta de Hacking é que deixemos de focar nas teorias, como é usual na análise filosófica da ciência, e passemos a nos preocupar principalmente com questões pragmáticas e experimentais.

Podemos, então, resumir o realismo de entidades como a “concepção de que sob condições nas quais é possível a demonstração de um impressionante conhecimento causal de uma entidade putativa (inobservável), tal como o conhecimento que facilita a manipulação da entidade e seu uso como forma de intervir em outros fenômenos, temos bons motivos para sermos realistas a respeito dela” (CHAKRAVARTTY, 2011, on-line).

2.2 O REALISMO ESTRUTURAL

O realismo estrutural surge na filosofia da ciência contemporânea a partir do artigo de 1989 “Structural Realism: The Best of Both Worlds” de John Worrall, como uma alternativa realista favorável aos principais argumentos que figuram no debate sobre o realismo científico – o ASEM e a MIP, discutidos na subseção anterior. Tendo revitalizado o debate, o artigo tem sido amplamente citado e originou uma extensa literatura dedicada a variantes da tese realista estrutural como originalmente desenvolvida.

Em seu artigo de 1998 “What is Structural Realism?”, o filósofo inglês James Ladyman distinguiu o realismo estrutural em duas versões – uma *epistemológica* (identificada principalmente com a tese de Worrall) e outra *ontológica* (esta iniciada pelo próprio Ladyman no artigo em questão). A primeira delas, grosso modo, discorre a respeito daquilo que podemos conhecer e a segunda sobre aquilo que existe. Essa distinção passou a integrar o debate e recorreremos a ela em nossa presente exposição.

2.2.1 O Realismo Estrutural Epistemológico

Apresentaremos agora o realismo estrutural epistemológico, ao qual iremos nos referir através da sigla REE. Iniciaremos nossa exposição a partir do realismo desenvolvido pelo filósofo Grover Maxwell³, o primeiro autor a, de fato, utilizar o termo *realismo estrutural* para batizar suas ideias. Nosso foco, porém, será a tese em sua aparição mais recente no cenário filosófico, desenvolvida por John Worrall em seu já citado artigo de 1989.

Estamos cientes, contudo, de que as teses de Maxwell e Worrall não surgiram no vácuo, mas assimilaram ideias presentes na obra de diversos autores como, para citar alguns poucos, Henri Poincaré, Pierre Duhem e Bertrand Russell. A influência desses filósofos como precursores do que veio a se tornar o realismo estrutural como este é conhecido hoje tem sido bastante debatida, mas foge do escopo de nosso trabalho e não a discutiremos aqui. Para uma reconstrução mais rigorosa do desenvolvimento histórico do realismo estrutural, atenta para a contribuição dos autores mencionados, entre outros, recomendamos a leitura de Votsis (2004).

2.2.1.1 O Realismo Estrutural de Grover Maxwell

Como já mencionado, o realismo estrutural surge pela primeira vez com este nome na filosofia da ciência numa série de artigos publicados pelo filósofo americano Grover Maxwell (1989, 1970a, 1970b, 1972). Maxwell possuía por objetivo refinar o realismo científico padrão ao explicar como se dá nosso acesso epistêmico aos inobserváveis. Segundo ele, somos capazes de conhecer essas entidades, ou não poderíamos jamais nos referir efetivamente a elas e suas propriedades. Entretanto, a única maneira através da qual obtemos acesso a elas é *por descrição* ou, em outras palavras, por meio de sua posição nas estruturas. Em “Os Problemas da Filosofia”, Russell explica o que devemos entender por *conhecimento por descrição*:

Afirmamos que um objeto é “conhecido por descrição” quando sabemos que é “isto ou aquilo”, ou seja, quando sabemos que há um objeto, e nenhum outro, que tem uma determinada propriedade; e em geral supõe-se que não temos conhecimento do mesmo objeto mediante conhecimento direto. Sabemos que o homem da máscara de ferro existiu, e conhecemos muitas proposições a seu respeito; mas não sabemos quem ele era. Sabemos que o candidato que obtiver a maioria dos votos será eleito, e neste caso é muito provável que tenhamos um conhecimento direto (no único

³Não confundi-lo com o físico escocês James Clerk Maxwell, cujas contribuições científicas também têm papel importante nas intuições por trás do desenvolvimento do realismo estrutural, conforme discutiremos na subseção 1.2.2.

sentido em que alguém pode conhecer diretamente um outro) do homem que é, na realidade, o candidato que obterá mais votos; mas não sabemos qual dos candidatos ele é, ou seja, não conhecemos nenhuma proposição da forma “A é o candidato que obterá a maioria dos votos”, onde A é o nome de um dos candidatos. Diremos que temos “conhecimento meramente descritivo” disto ou daquilo quando, embora saibamos que isto ou aquilo existe, e embora possamos ter um conhecimento direto do objeto que, de fato, é isto ou aquilo, contudo, não conhecemos qualquer proposição da forma “a é isto ou aquilo”, onde a seja alguma coisa da qual tenhamos um conhecimento direto (RUSSELL, 2005, p. 44).

Para Russell, este tipo de conhecimento se distingue do *conhecimento direto*, que é aquele conhecimento que temos das coisas das quais estamos diretamente conscientes, sem a mediação de qualquer método de inferência ou conhecimento de verdades. Alguns exemplos desse último tipo seriam nossas sensações, sentimentos, pensamentos, memória, etc. A ideia é a seguinte: tudo aquilo que podemos conhecer indiretamente, não o fazemos senão por meio das propriedades utilizadas em sua descrição, que são, estas sim, as únicas coisas às quais temos acesso direto.

Voltando à tese de Maxwell, seu objetivo é estender a aplicabilidade da noção de conhecimento por descrição do conteúdo de proposições em geral, como defendido por Russell, para proposições científicas, incluindo aquelas nas quais constam entidades inobserváveis. Em síntese, ele afirma que obtemos conhecimento das entidades representadas pelos termos teóricos aos quais não temos acesso empírico (os inobserváveis), mas nosso conhecimento é indireto, isto é, restringe-se àquilo que afirmamos a respeito dessas entidades, em termos estruturais.

Para explicar, então, o modo como a estrutura esgota o conteúdo cognitivo desses termos, e dos enunciados onde eles figuram, Maxwell propõe que consideremos a *sentença de Ramsey* da teoria. Para entender em que consiste esse método, no entanto, é preciso contextualizar que tipo de objeto, exatamente, Maxwell entendia por teorias científicas. Segundo Maxwell, “uma teoria é um conjunto de enunciados dos quais alguns entre eles se referem exclusivamente a inobserváveis e permitem que possamos, a partir deles, derivar enunciados que são verificáveis por observação” (MAXWELL, 1970, p. 181). Essa definição de teorias é similar àquela conhecida como a *abordagem sintática* das teorias, que discutiremos com mais detalhes no segundo capítulo deste trabalho. Uma definição breve dessa abordagem, retirada de Arenhart e Moraes (2010), nos bastará por enquanto: segundo a concepção sintática, teorias científicas são constituídas de:

i) um cálculo lógico abstrato; ii) um conjunto de fórmulas deste cálculo, os axiomas da teoria; iii) um conjunto de regras de correspondência. O cálculo lógico, além de um aparato dedutivo, tem seu vocabulário não-lógico dividido em duas partes: os termos observacionais e os termos teóricos. As regras de correspondência relacionam estes termos, nos mostrando como entender os termos teóricos em função dos termos observacionais. Postulados teóricos então são formulados

utilizando apenas o vocabulário teórico que, junto com as regras de correspondência, permitem que se produza uma interpretação da teoria (ARENHART; MORAES, 2010, p. 16).

Para Maxwell, teorias são igualmente conjuntos de enunciados e a distinção entre termos teóricos e observacionais também é por ele assumida⁴. A noção de Maxwell, no entanto, distingue-se da abordagem sintática pois não requer que se interprete a teoria impondo, por meio de regras de correspondência, que inobserváveis devam relacionar-se com observáveis (por exemplo, relacionando termos teóricos a termos observacionais).

Voltando ao método de Ramsey, este consiste na substituição dos termos teóricos, presentes naqueles enunciados que constituem as teorias científicas segundo a visão de Maxwell, por variáveis de predicado quantificadas existencialmente. De modo que, para Maxwell, devemos reconstruir o conjunto de enunciados da teoria, expressos originalmente em lógica de primeira ordem, por suas *sentenças de Ramsey* correspondentes. Assim, dada uma teoria formalizada em linguagem de primeira-ordem expressa por:

$$\prod(O_1, \dots, O_n; T_1, \dots, T_m)$$

onde O_s são os termos observacionais e T_s os termos teóricos, temos a sentença de Ramsey correspondente:

$$\exists t_1, \dots, t_m \prod(O_1, \dots, O_n; t_1, \dots, t_m).$$

Vejamos um exemplo, sugerido pelo próprio Maxwell, de como isso é feito na prática (Maxwell, 1970a, p. 186). Seja \prod uma teoria expressa pela sentença:

$$\forall x ([Ax \wedge Dx] \rightarrow \exists y Cy)$$

onde ‘ A ’ e ‘ D ’ são predicados teóricos de forma que ‘ Ax ’ e ‘ Dx ’ significam, respectivamente, ‘ x é um átomo de rádio’ e ‘ x decai radioativamente’. Por sua vez, C é um predicado observacional, de forma que Cy significa ‘ y é um click num contador Geiger apropriadamente posicionado’⁵. Sua sentença de Ramsey correspondente será:

$$\exists X \exists Y \forall x ([Xx \wedge Yx] \rightarrow \exists y Cy)$$

Em suma, o que as sentenças de Ramsey fazem é postular que existem certos objetos, propriedades e relações que possuem certos atributos lógicos e satisfazem certas definições implícitas. A inovação da chamada *ramseyficação* da teoria é, então, permitir o acesso às

⁴Na verdade Maxwell, em última instância, não aceita a distinção, pois rejeita qualquer forma de realismo direto e, por isso, defende que “todo termo deve ser considerado teórico, a menos que ocorra na experiência direta.” (Maxwell, 1970a, p. 181). No entanto assume que a distinção possa ser feita (ainda que enfrente dificuldades) em suas discussões a respeito de seu realismo estrutural.

⁵Nossa intenção com o exemplo é unicamente o de prover uma ideia geral de como o método de Ramsey se aplica. A ‘teoria’ descrita não é uma teoria real e, além do mais, ela é falsa: na hipótese de um átomo de rádio decair em Marte não haverá click num contador Geiger adequadamente posicionado, pois não haverá nenhum em tais condições.

entidades inobserváveis não mais de forma direta através dos termos teóricos e sim por descrição, através de variáveis, conectivos, quantificadores e predicados que, supostamente, conhecemos por referência direta. Com isso Maxwell afirma que nosso conhecimento do reino dos inobserváveis é possível mediante o conhecimento de suas propriedades estruturais, isto é, por descrição, tornando assim o realismo científico (estrutural) uma posição viável.

Em síntese, podemos resumir a posição de Maxwell como um *realismo de inobserváveis*, que enxerga essas entidades como existindo efetivamente, possuindo certas propriedades e entrando em certas relações entre si. Nosso conhecimento do mundo objetivo povoado por esses inobserváveis, no entanto, se restringe às propriedades e relações dessas propriedades e relações, às quais temos acesso direto.

2.2.1.2 O Realismo Estrutural de John Worrall

Apesar de sua originalidade, o realismo estrutural proposto por Maxwell recebeu pouca atenção à época de sua formulação e acabou sendo deixado de lado por algum tempo no debate que se seguiu. Isso mudou em 1989, com o clássico artigo de John Worrall ‘Structural Realism: The Best of Both Worlds’. Nele Worrall retoma algumas das intuições de Maxwell e sua tese (batizada com o mesmo nome) tem sido, desde então, amplamente discutida, sendo considerada por muitos “realistas e antirrealistas como a mais convincente das versões de realismo científico” (LADYMAN, 2014, on-line).

Tanto a tese de Maxwell como a de Worrall são, hoje, consideradas diferentes versões do que ficou conhecido na filosofia da ciência como realismo estrutural epistemológico (REE). Contudo, há algumas diferenças fundamentais entre elas, a começar por suas motivações. Ao passo em que Maxwell estava interessado em lidar com o problema da referência dos termos teóricos, como discutimos, Worrall tem por objetivo formular uma posição que harmonize com aqueles que julga serem os principais argumentos no debate acerca do realismo científico, os quais, infelizmente, apontam para sentidos opostos: do lado realista, o ASM e, do lado antirrealista, a MIP. Em outros termos, Worrall pretende desenvolver uma posição que não faça do sucesso da ciência um milagre, mas que, ao mesmo tempo, resista ao argumento histórico-indutivista das trocas de teorias.

Entre as tentativas realistas usuais de responder à MIP, uma saída comum é restringir o realismo àquelas teorias com propriedades adicionais, como *maturidade* ou capacidade de *novos sucessos preditivos*. Embora essa estratégia diminua a base indutiva da classe de teorias oferecida por Laudan (1981), o que de fato reduz a força da MIP, ainda assim ela não é

inteiramente convincente. Sabemos, por exemplo, que mesmo ao adotarmos esses critérios ainda resta um histórico de antigas teorias que, embora tenham exemplificado essas propriedades desejáveis, acreditamos hoje serem falsas.

Consideremos, por exemplo, a mecânica newtoniana. Para todos os efeitos foi uma teoria considerada madura, principalmente por unificar teorias distintas como as teorias de Galileu e Kepler, retendo a capacidade destas teorias de explicar as regularidades empíricas a que se propunham enquanto as explicava em termos ainda mais fundamentais. Além disso a teoria também mostrou-se capaz de realizar novas previsões, como o famoso caso da descoberta de Netuno a partir de perturbações gravitacionais na órbita de Urano.

O fato é que hoje, com o advento de teorias como a relatividade e a mecânica quântica, não acreditamos que essa teoria seja verdadeira nem mesmo de forma aproximada, pois delas extraímos proposições que hoje sabemos serem falsas a respeito de alguns de seus conceitos centrais como ‘tempo’, ‘espaço’, ‘massa’, etc. De modo que cabe aos realistas, portanto, a tarefa de explicar por que foram bem sucedidas (por exemplo, capazes de novas previsões), como o caso da mecânica newtoniana é emblemático, teorias acabaram por ser abandonadas como possíveis candidatas a uma descrição fiel do mundo em seus aspectos mais fundamentais (como sustenta a visão realista).

Uma saída realista consiste na manobra de se restringir o realismo a certos termos que figuram em ambas teorias – a antiga e sua sucessora. Assim, se alguns dos conceitos centrais permanecem na nova teoria, a afirmação realista é de que o sucesso explicativo atingido pela teoria antiga deve-se a eles, e não à parcela teórica que acabou por ser abandonada. Além de responder à MIP, a ideia neste caso é acomodar ao realismo uma visão de progresso científico, onde as teorias se modificam e convergem cada vez mais em direção à verdade.

Um dos problemas aqui, no entanto, é que só temos como saber quais termos permanecem e quais são descartados em retrospecto. Sendo assim, como saber a que corresponde o nosso realismo no presente, levando em conta nossas teorias atuais? Ou seja, sustentar um realismo com base nessa estratégia também não está livre de dificuldades.

Embora a discussão que envolve as posições mencionadas seja extensa e não tenhamos feito justiça a ela aqui, não pretendemos problematizá-la além do exposto. O que nos interessa é a saída proposta por Worrall para lidar com o mesmo problema (conciliar MIP e ASM). Seguindo Poincaré, Worrall chama atenção para o *caso Fresnel-Maxwell* de transição de teorias ocorrido com a óptica no século XIX. A teoria de Fresnel, que explicava a luz como vibrações ao longo de um meio material (o éter luminífero) que permeava todo o espaço, acabou por ser suplantada pela teoria de Maxwell, segundo a qual a luz é um

fenômeno eletromagnético. O ponto relevante aqui é que mesmo fazendo afirmações completamente distintas sobre a natureza da luz, ainda assim várias equações da teoria de Fresnel (a respeito de fenômenos de reflexão e refração) foram retidas na transição, permanecendo completamente inalteradas na teoria eletromagnética.

Worrall toma este fato como um indício do caráter cumulativo do desenvolvimento científico, e sustenta ser razoável pensarmos que aquilo que é retido corresponde à parcela da teoria anterior, em certo sentido bem-sucedida empiricamente, que estava correta sobre o aspecto do mundo que busca descrever. Logo, Fresnel, embora estivesse enganado sobre a natureza da luz, estava correto sobre sua *estrutura*: a luz, seja qual for sua natureza, vibra perpendicularmente à direção de sua propagação, conforme descrito por aquelas equações.

Contudo, o próprio Worrall percebe que o caso Fresnel-Maxwell não é de todo representativo de como as coisas se passam na história da ciência. Não é comum, por exemplo, casos onde encontramos esse grau de continuidade matemática, no qual equações persistem completamente inalteradas. Quanto a isso, afirma Worrall (1989, p. 120):

Este exemplo particular de fato é não-representativo em ao menos um aspecto importante: as equações de Fresnel permanecem completamente intactas na nova teoria – reaparecem lá com uma nova interpretação mas, enquanto equações matemáticas, completamente inalteradas. O padrão muito mais comum é que as velhas equações reapareçam como *casos-limite* da nova – isto é, equações velhas e novas são estritamente inconsistentes, mas a nova tende à velha quando alguma quantidade tende a algum limite.

Isto é, para Worrall a regra na história da ciência costuma ser que em casos de trocas de teorias, em que a predecessora apresentava certo grau de sucesso preditivo, equações da velha teoria ressurgem como *situações-limite* na nova. Um exemplo paradigmático é o caso Newton-Einstein: as equações de Einstein se aproximam das de Newton em certos casos-limite, por exemplo, quando tratamos de velocidades muito abaixo da velocidade da luz, ou de massas muito pequenas. E embora exista essa equivalência “aproximada” no nível da matemática, alguns dos mecanismos que justificam as equações (força gravitacional no caso de Newton e curvatura no espaço-tempo para Einstein) são completamente distintos, o que fornece suporte à tese realista estrutural de que há continuidade estrutural em sucessivas teorias bem-sucedidas, ainda que haja perda no nível da ontologia.

2.2.2 O Realismo Estrutural Ontológico

Percebendo que o artigo de Worrall deixa em aberto a questão da natureza dos inobserváveis (não temos acesso a eles ou não existem?), Ladyman (1998) levanta a seguinte questão: trata-se o RE de uma tese metafísica ou de mera modificação epistemológica do

realismo científico padrão? Em uma das passagens, Worrall (1989) cita Poincaré a respeito de teorias antigas que capturavam “relações reais” entre “objetos reais que a Natureza ocultará para sempre dos nossos olhos”, por exemplo, o que sugere a segunda hipótese. Outras passagens, no entanto, sugerem um abandono de toda metafísica subjacente ao realismo científico padrão, como por exemplo: “Na visão do realista estrutural aquilo que Newton *realmente* descobriu são as relações entre os fenômenos expressas nas equações da teoria” (LADYMAN, 1989, p. 122, grifo do autor)

Ladyman ressalta essa ambiguidade, pois defende que, se entendido epistemologicamente, o realismo estrutural não é uma posição vantajosa em relação a outras formas de realismo científico. Isso porque uma de suas motivações principais consiste em oferecer uma explicação satisfatória à questão dos ‘novos sucessos preditivos’ e, assim, aceitar ao ASM. De modo que se repararmos que as previsões científicas mais precisas são obtidas a partir de modelos altamente teóricos, é razoável atribuímos esse sucesso à estrutura matemática abstrata, a qual deve ter algum suporte na realidade. Sendo assim, Ladyman nos recomenda eliminar de vez os objetos da ontologia fundamental, já que estes possuem função irrelevante e, portanto desnecessária, enquanto componentes teóricos. Em síntese, embora algumas das intuições do realismo estrutural como originalmente concebido por Worrall estejam corretas, Ladyman insiste que este deve ser reconceitualizado como uma posição metafísica radical, defendendo assim uma ontologia de estruturas que dispensa de vez com a ideia de objetos como entidades primitivas.

Outra motivação importante é a concepção naturalista acerca da ontologia advogada pelo autor⁶. Entendemos uma ontologia naturalista como, *grosso modo*, uma ontologia relativizada a uma teoria científica. Esta prática procura incorporar a ideia de que há progresso nas investigações metafísicas, inspirada no grande desenvolvimento das ciências naturais desde o século XIX. Assim, para que tenhamos uma metafísica com suporte científico, defendem os naturalistas, devemos levar em conta o conhecimento gerado por nossas melhores teorias. Nesse contexto, podemos identificar o outro argumento que leva Ladyman a eliminar os objetos das estruturas, este amparado pela tese conhecida como *subdeterminação da metafísica pela física* (SMF): nossas melhores teorias físicas não se decidem univocamente por uma ontologia fundamental específica – são, antes, compatíveis com pelos menos duas.

⁶Ver Ladyman e Ross (2007).

Vejamos com mais detalhes o que está por trás da tese. O argumento decorre do debate acerca da individualidade de partículas quânticas, uma disputa que se iniciou a partir dos primeiros estudos sobre estatística quântica. Constatou-se na ocasião que há uma diferença fundamental entre os modos como a mecânica estatística clássica e a teoria quântica lidam com a permutação de partículas elementares indistinguíveis. Para entender a diferença, consideremos o seguinte exemplo: imagine duas partículas (1 e 2) e dois estados (A e B), onde cada partícula deve estar em um dos estados. Para a mecânica clássica, existem quatro configurações possíveis para o sistema. Estão ambas em A; ambas em B; 1 em A e 2 em B; ou 2 em A e 1 em B. Além disso, é igualmente possível a obtenção de cada um desses estados, de forma que a probabilidade é, para cada um deles, de $1/4$.

Algo diferente ocorre quando empregamos na análise o arcabouço teórico da mecânica quântica. Agora, em vez de quatro, apenas três configurações são possíveis para o sistema: ambas as partículas em A; ambas em B; e cada partícula em um estado diferente. Assim, assumindo a mesma probabilidade para cada um desses casos, as chances de que cada uma dessas configurações obtenha é de $1/3$. De acordo com o formalismo da mecânica quântica, a permutação de partículas indistinguíveis em algum estado não é observável, assim como estados que diferem entre si apenas no que diz respeito à permutação de partículas do mesmo tipo, são tratados como sendo exatamente o mesmo (apenas rotulados diferentemente).

Essa constatação fez com que físicos sugerissem que partículas quânticas são não-indivíduos, isto é, entidades para as quais os critérios de identidade (como tradicionalmente entendidos⁷) não fazem sentido. Geralmente assume-se que coisas diferentes entre si são distinguíveis (ou discerníveis), e essa distinguibilidade costuma ser suficiente como critério de individuação. Nesse caso, as possibilidades são que A e B sejam diferentes caso possuam diferentes propriedades ou localizações espaço-temporais. Entendidas desse modo, as partículas descritas pela mecânica clássica são distinguíveis, uma vez que, embora partículas de mesmo tipo compartilhem de todas as suas propriedades intrínsecas, diferenciam-se ao necessariamente ao efetuarem trajetórias espaço-temporais distintas.

No caso quântico, entretanto, as partículas não possuem trajetórias bem definidas (deixando-se de lado interpretações não-ortodoxas como a de Bohm), de forma que nosso

⁷Um princípio de individuação geralmente admitido, e que harmoniza com nossas intuições diante de objetos cotidianos e partículas clássicas, é o *Princípio da Identidade dos Indiscerníveis* (PII). Ele postula que objetos indiscerníveis compartilham das mesmas propriedades e são, por esse motivo, o mesmo objeto (ou seja, são idênticos).

critério de identidade deve se apoiar em algum outro princípio. Consideremos, por exemplo, um par de elétrons emaranhados, cuja descrição é dada pela seguinte equação:

$$\psi_{12} = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_1 |\downarrow\rangle_2 + |\downarrow\rangle_1 |\uparrow\rangle_2)$$

Na equação, os elétrons são rotulados como 1 e 2 e as componentes positiva e negativa do spin ao longo de um eixo arbitrário são representados pelos símbolos \uparrow e \downarrow , respectivamente. De acordo com essa descrição de estado, podemos perceber que não é possível identificarmos propriedade alguma que seja possuída por apenas uma das partículas. Assim, as partículas quânticas aparentam compartilhar de todas as suas propriedades intrínsecas e relacionais, de forma que se quisermos individualizar os dois elétrons descritos pelo estado (denominado *singlet*) representado acima é necessário que adotemos uma das seguintes estratégias: ou ignoramos o PII e adotamos algum outro critério que individualize as partículas quânticas de modo que isso seja independente da discernibilidade; ou devemos concebê-las como não-indivíduos.

A primeira opção, no entanto, é de pouco apelo para filósofos naturalistas, pois implica em geral na adoção de princípios transcendentais, que estabelecem que a identidade dos objetos é estabelecida por algo externo às suas propriedades. Opções desse tipo, para citarmos algumas, são o substrato de Locke, a noção de *bare particular*, e a noção de hecceidade ou “estidade” primitiva de Duns Scottus. Essas são, no entanto, noções de pouco interesse para aqueles que consideram a perspectiva científica como recurso privilegiado (ou até mesmo exclusivo) para questões ontológicas, como é o caso dos defensores do REO.

Resta, ao que parece, considerarmos as partículas quânticas como não-indivíduos. No entanto, French e Krause mostram que também é possível, embora seja uma visão pouco ortodoxa, relacionarmos a MQ não-relativista com uma ontologia de indivíduos. Essa discussão, no entanto, foge do escopo de nosso trabalho e não a discutiremos aqui. O ponto é que se levarmos em conta essas duas alternativas possíveis, caímos fatalmente na SMF: nossa metafísica cientificamente influenciada é compatível com dois pacotes metafísicos, a saber, um que vê os objetos mais fundamentais da realidade (as partículas quânticas) como indivíduos – entidades com condições de identidade bem definidas, e outro que os vê como não-indivíduos – entidades para as quais não há um critério de identidade bem definido (essa questão é discutida com detalhes em French e Krause 2006). Como a própria teoria física não nos indica qual caminho seguir, Ladyman (1998) nos sugere que abandonemos de vez a própria noção de objetos como entidades primitivas, em favor de entidades fundamentais acerca das quais a teoria não seja ambígua a respeito, como é o caso das relações.

Uma terceira motivação está na crítica que Ladyman faz à caracterização de estruturas via sentenças de Ramsey, que acaba por recair sobre todas as variantes do REE. A crítica é conhecida como ‘objeção de Newman’ e é creditada ao matemático americano Maxwell Newman que a direcionou inicialmente à tese realista de Bertrand Russell. Newman argumenta contra a ideia de Russell de que podemos conhecer somente a estrutura (abstrata) do mundo exterior, o que, segundo ele, tornaria o conhecimento científico algo trivial. Isso porque, assumindo um realismo estrutural deste tipo, a única conclusão a que chegamos é que o mundo tem certa cardinalidade (número de objetos). A firma Newman que:

O mundo consiste de objetos, formando um agregado cuja estrutura W , digamos, com respeito a uma certa relação R é conhecida; mas da relação R nada é conhecido (ou nada é preciso ser assumido como conhecido) além da sua existência; isto é, tudo o que podemos dizer é que ‘*existe* uma relação R tal que a estrutura do mundo exterior com relação à R é W ’ (NEWMAN, 1928, p. 144, grifo do autor).

Assim, a doutrina de que somente a estrutura (abstrata) do mundo exterior é conhecida tem como consequência o fato indesejável de que *nada* pode ser conhecido além do que é logicamente dedutível do mero fato da existência de certo número de objetos constituintes. Além disso, é de se supor que o mundo exterior deve ser objeto de investigação empírica, e não de raciocínio *a priori*. De modo que encarar dessa forma acabaria por trivializar o conhecimento estrutural do mundo obtido através das teorias, fazendo com que todas as teorias com as mesmas consequências observacionais fossem igualmente verdadeiras.

Ladyman aponta inclusive que o mesmo diagnóstico surge em decorrência de um teorema deduzido por Jane English (1973). Segundo o teorema de English, duas sentenças de Ramsey incompatíveis entre si não podem ter as mesmas consequências observacionais. Em outros termos, se identificarmos teorias com suas sentenças de Ramsey, em conformidade com a proposta por trás das versões do REE, então a noção de equivalência teórica se iguala à noção de equivalência observacional. Esse resultado vai de encontro ao ASM, principal argumento por trás do realismo estrutural de Worrall, que vê nas teorias (mais precisamente nas relações postuladas por ela) a explicação principal para seu sucesso, de forma que teorias que postulam relações distintas serão distintas, independente de suas consequências observacionais.

Além disso, implícita na caracterização via sentenças de Ramsey está uma associação do REE com a abordagem sintática das teorias, um programa de análise de teorias, segundo Ladyman, já superado na filosofia da ciência por questões independentes ao RE. De modo que, para Ladyman, tentativas de manter uma visão de estruturas sustentada, ainda que indiretamente, por esse programa devem ser automaticamente encaradas com desconfiança.

Discutiremos com mais detalhes tanto a abordagem sintática (incluindo as razões tradicionalmente apontadas como responsáveis pelo seu descrédito, ao qual Ladyman se refere) quanto a abordagem semântica de teorias, esta última a concepção defendida pelo filósofo e que está no centro das discussões sobre o REO, no segundo capítulo desta dissertação.

2.2.2.1 Principais Variantes

Desde o notório artigo onde Ladyman defendeu pela primeira vez a variante ontológica do realismo estrutural, algumas variantes de sua tese tem sido propostas. Em comum, todas elas rejeitam uma ontologia em que objetos figurem como entidades primitivas, pois defendem que estruturas e relações devem possuir prioridade em considerações ontológicas. Discordam, contudo, sobre quais as entidades que aceitam em sua ontologia: se apenas relações e nada mais; se além das relações aceitam também objetos, embora nenhum deles sejam considerados entidades ontologicamente primitivas; ou se, além das relações, aceitam que também as propriedades são primitivas, e delas (relações e propriedades) os objetos acabam por derivar. Seguiremos nessa exposição a classificação sugerida por Ainsworth (2009), que divide o REO em três vertentes principais, denominadas por ele de REO1, REO2 e REO3.

O REO1 se baseia na física para postular uma ontologia segundo a qual *apenas as relações* são entendidas como ontologicamente primitivas. Esta vertente pode ainda ser dividida em duas versões principais: uma versão *eliminativista*, a qual afirma que, de fato, ao levarmos em conta a física em seu nível mais fundamental constatamos que só as relações existem; e uma *não eliminativista*, que embora conceda que objetos e propriedades existam, vê esta existência como *ontologicamente derivada* daquelas relações que são postuladas na teoria. De modo que, de acordo com esta classificação, podemos identificar o REO originalmente defendido por Ladyman em seu artigo de 1998 (embora ele tenha posteriormente reformulado sua posição) com a versão *eliminativista* do REO1.

A principal objeção colocada a essa versão do REO é o problema das *relações sem relata*⁸. Em resumo, trata-se da ideia de que ao considerarmos a existência de relações sem objetos estamos nos comprometendo com uma revisão de crenças muito drástica, já que na

⁸ Discutiremos essa objeção com mais profundidade no terceiro capítulo desta dissertação.

própria noção formal de relações, como comumente concebida, por exemplo, em teoria dos conjuntos, está imbuída uma noção primitiva de objetos que se relacionam.

Nessa linha, o maior problema associado a essa variante parece ser: podemos definir formalmente estrutura de uma maneira coerente com esse propósito? E, ainda que se obtenha uma definição satisfatória, as vantagens advindas ao se adotar o REO compensam as desvantagens de uma guinada tão brusca na nossa concepção metafísica do mundo? No terceiro capítulo desta dissertação discutiremos uma sugestão de arcabouço teórico que nos permite formalizar a noção de estruturas, proposta pelo filósofo Décio Krause, que procura ser coerente com a ideia de no REO existem relações sem relata.

Já o REO2 é a variante do REO cuja formulação inicial devemos a Esfeld e Lam (2006). De acordo com essa tese, nossa ontologia fundamental é composta apenas de objetos e relações, sem propriedades. Entre as motivações centrais dessa posição destacamos a constatação, a partir do fenômeno quântico do emaranhamento, que certas partículas (aquelas que se encontram emaranhadas) entram em relações com outras partículas e, no entanto, não podemos afirmar que elas possuam propriedades intrínsecas. Tudo que podemos afirmar sobre propriedades nesse caso diz respeito ao sistema composto por elas, como um todo, sendo que nada sabemos sobre cada uma delas em particular. Esfeld nos recomenda que devemos, pois, ser coerentes com o que a MQ tem a nos dizer e conseqüentemente rejeitar a existência de propriedades na natureza ou, ao menos, entendê-las como entidades ontológicas fundamentais.

Adicionalmente, Esfeld e Lam recorrem ao que denominam *princípio da parcimônia*, segundo o qual devemos em nossas investigações metafísica nos pautar pela simplicidade e adotar uma metafísica que dê conta de nossa epistemologia (no caso, como tudo aquilo que podemos conhecer através de nossas melhores teorias). Assim, entidades que estejam ‘sobrando’ na ontologia (como, segundo defendem, é o caso das propriedades) devem ser abandonadas. Este argumento é, na verdade, uma espécie de aplicação do princípio metodológico da navalha de Occam, pois postula que tudo aquilo que não seja indispensável em termos de valor epistêmico deve ser dispensado, valorizando assim certas virtudes explicativas como simplicidade e economia.

Entre as objeções enfrentadas pelo REO2, talvez a principal delas seja sua hipótese central, a saber, a de que temos conhecimento dos objetos e relações, mas não das propriedades. A hipótese é justificada por Esfeld e Lam (2008) através deste conhecido argumento, aqui formulado por Jackson:

Quando os físicos nos falam das propriedades que julgam ser fundamentais, eles nos falam daquilo que essas propriedades *fazem*. Isso não é por acaso. Nós sabemos como as coisas são essencialmente devido àquilo que elas impingem a nós ou aos nossos instrumentos de medida (JACKSON, 1998, pp. 23-24, grifo do autor).

Em resumo, que garantia temos que aqueles efeitos que chegam até nós são, de fato, provenientes de certas propriedades? Afinal, propriedades diferentes podem entrar em relações causais aparentemente idênticas e ainda assim serem intrinsecamente diferentes.

Ainsworth concede esse ponto e cita como exemplo a *pedra de Jade*: durante muito tempo se imaginou que toda pedra de Jade fosse constituída pelos mesmos compostos, até que foi descoberto que, embora todas elas *pareçam* iguais (verdes e duras), a encontramos na natureza em diferentes tipos, quimicamente distintos. Com isso em mente, Ainsworth propõe a seguinte analogia: embora os compostos químicos dos casos mencionados não entrassem em relações causais rigorosamente iguais uns aos outros, assim nos parecia à época com base nos efeitos apreendidos então, o que causava a ilusão de tratar-se da mesma substância. Da mesma forma, por muito tempo se pensou que átomos de um mesmo elemento deveriam ser idênticos e só mais tarde descobrimos que os elementos podem ter diferentes isótopos.

Em outros termos, o ponto de Jackson (e Esfeld e Lam) é que todo predicado unário pode na verdade se referir a uma disjunção de duas ou mais propriedades naturais, que apenas *parecem* iguais com respeito às relações causais das quais participam. Assim, nosso conhecimento das propriedades é bastante limitado, já que nada impede que existam muito mais propriedades no mundo do que temos capacidade de distinguir. Consequentemente, devemos abandoná-las de nossa ontologia, já que somos incapazes de conhecê-las.

Ainsworth responde a este argumento do seguinte modo: ainda que se conceda esse ponto, será suficiente para aceitarmos a tese de Esfeld e Lam de que propriedades não existem como entidades primitivas? Ainsworth pensa que não, e justifica com dois motivos. Primeiro, porque não podemos descartar a possibilidade de que as propriedades que julgamos fundamentais sejam derivadas de propriedades naturais que sejam, essas sim, fundamentais. Segundo, porque o mesmo argumento pode ser adaptado para, de maneira análoga, limitar o nosso conhecimento das relações. Assim, devemos rejeitar o argumento devido a sua arbitrariedade: seria incoerente que, com base nele, tratássemos de remover exclusivamente as propriedades da ontologia, enquanto as relações, que por coerência deveriam também ser removidas, fossem mantidas.

Quanto à questão do emaranhamento, Ainsworth apresenta três objeções a este argumento. Na primeira delas, afirma simplesmente que ele é falso, pois partículas emaranhadas possuem propriedades independentes de estado, como massa e carga. Esfeld,

que antecipa esta crítica específica, afirma por sua vez que, sendo a mecânica quântica essencialmente uma teoria construída para lidar com propriedades que dependem do estado quântico, deve fornecer meios em seu formalismo para que propriedades independentes sejam, de alguma forma, obtidas a partir das propriedades dependentes. Não há garantias, entretanto, que isso pode ser feito (ainda que assumamos que seja desejável, o que por si só é discutível). Ainsworth, por exemplo, cita o fato de que operadores Hamiltonianos sempre dependem de propriedades independentes de estado como forte argumento contrário à hipótese de que é possível obtermos as propriedades independentes a partir das dependentes, já que é improvável que se faça MQ sem que estas últimas sejam propriedades básicas.

A segunda objeção é que estados emaranhados não são a única situação na qual encontramos as partículas quânticas, segundo a MQ. E partículas não emaranhadas, que são tão reais quanto as emaranhadas, possuem propriedades independentes de estado. Logo, propriedades existem (ao menos em alguns casos). Segundo para adotarmos uma metafísica adequada é necessário decidir qual dos casos é a exceção e, para ele, os sistemas anômalos são os não-emaranhados. Portanto, sua ocorrência deve ser explicada em termos dos sistemas emaranhados, que são o objeto genuíno da teoria, e dos quais devem depender ontologicamente. Metafisicamente, isso acarretaria que as propriedades dos sistemas seriam explicadas por meio de objetos e relações, podendo portanto serem abandonadas da nossa concepção de ontologia. A posição de Esfeld é, no entanto, pouco convincente, uma vez que ele não apresenta maiores explicações que motivem suas convicções.

A terceira objeção colocada por Ainsworth diz respeito à ideia de que as partículas emaranhadas relacionam-se entre si e, portanto, relações devem fazer parte de nossa ontologia fundamental. Para Ainsworth, devemos interpretar o *sistema em sua totalidade* como possuidor de propriedades dependentes, ao passo que a respeito das partículas individuais que o constituem, nada podemos dizer a respeito seja de propriedades (dependentes de estado) ou de relações.

Por fim temos a terceira variante, denominada REO3, que aceita em sua ontologia fundamental relações e propriedades, e afirma que os objetos são derivados a partir destas. Ou seja, aquilo a que convencionalmente chamamos de objetos nada mais são que conjuntos de propriedades e relações que, por sua vez, estão na base da ontologia. Segundo Ainsworth, esta tese é coerente com a ideia de que objetos quânticos e pontos do espaço-tempo não são considerados indivíduos. Para ilustrar, Ainsworth (2010, p. 56) sugere que consideremos as seguintes estruturas:

$$\Omega = \langle \{a, b\}, E, \mathfrak{S}_1, \mathfrak{S}_2, \rangle, \text{ onde } E = \{a, b\}; \mathfrak{S}_1 = \{a\}; \mathfrak{S}_2 = \{b\}$$

$\Omega = \langle \{a, b\}, E', S'_1, S'_2, \rangle$ onde $E' = \{a, b\}$; $S'_1 = \{b\}$; $S'_2 = \{a\}$

que devem ser interpretadas da seguinte forma: E e E' designam a propriedade 'ser um elétron'; S'_1 e S'_2 designam as propriedades de 'estar no estado 1' e, S'_2 e S'_1 , de 'estar no estado 2'.

Consideremos, então, uma metafísica segundo a qual objetos individuais são assumidos como ontologicamente primitivos. Segue-se daí que temos situações distintas em cada caso, uma vez que os objetos individuais possuem diferentes propriedades – na primeira estrutura o elétron que identificamos como 'a' possui como propriedade o fato de estar no 'estado 1' (identificado pela propriedade S'_1), enquanto na segunda ele está no 'estado 2' (identificado pela propriedade S'_2). No entanto, se considerarmos uma metafísica na qual os objetos são secundários com respeito a propriedades e relações isso não poderá ser feito, pois não há como afirmar que se tratam de sistemas diferentes. Isso porque ambos os sistemas são caracterizados rigorosamente da mesma forma, isto é, como o conjunto de dois objetos, um dos quais possui as propriedades 'ser um elétron' e 'estar no estado 1' e, o outro, 'ser um elétron' e 'estar no estado 2'. Nesse caso os rótulos aplicados aos objetos (a e b) podem ser permutados à vontade, sem que haja uma mudança real no sistema físico, e com base nisso podemos dizer tratar-se sempre do mesmo sistema.

Ainsworth salienta, no entanto, que o REO3 não é a única saída para o metafísico naturalista. Uma outra saída seria optar por uma tese mais conservadora e adotar uma metafísica neoclássica, que mantém a existência de propriedades, relações e objetos como ontologicamente primitivos. Fica claro que objetos ontologicamente primitivos assim considerados não possuem individualidade (ao menos se adotarmos o PII como critério), como parece ser o caso de partículas quânticas e pontos do espaço-tempo. Para Ainsworth, ainda assim a adoção do REO3 *não eliminativista* é preferível por ser mais simples que esta outra opção, pois entre seus compromissos fundamentais está um número inferior de entidades.

O REO3 não é imune a problemas, porém. Como nas demais variantes do REO, aqui também encontramos dificuldades com respeito à representação formal das estruturas. Como sabemos, a semântica formal é inadequada para uma representação fiel das estruturas em que estamos interessados aqui, já que pressupõe objetos como primitivos e relações e propriedades como secundárias, isto é, definidas a partir dos objetos. Assim, Ainsworth sugere como opção ao defensor do REO3 que abandone a semântica formal padrão, com sua proposta de caracterização mediante teoria dos conjuntos, ou que a empregue apenas como

um truque heurístico, sem que ela reflita necessariamente os compromissos ontológicos adotados. A ideia é que os objetos possam ser manipulados *como se* existissem, isto é, como entidades putativas que, levadas ao extremo, carecem de qualquer significado ontológico. Essa é a estratégia adotada por French para defender o REO1 eliminativista da objeção relacionada ao problema das relações sem relata, a qual discutiremos mais à frente neste trabalho.

3 REALISMO ESTRUTURAL E A ABORDAGEM SEMÂNTICA DAS TEORIAS

Um dos temas de grande relevância para a filosofia da ciência desde o início do século XX é a busca por uma resposta adequada à questão “o que são teorias científicas?”. O modo como se responde a essa questão está intrinsecamente associado ao modo como se vê a ciência de uma maneira geral, já que são as teorias o veículo mais básico e essencial por trás do conhecimento científico, o que acaba por refletir na maneira com que se aborda filosoficamente as demais questões relacionadas à natureza da ciência e do tipo de conhecimento gerado pela atividade.

A classificação usual das principais respostas oferecidas até então a essa questão identifica três famílias de abordagens principais: (i) a abordagem sintática; (ii) a abordagem semântica; e (iii) a abordagem pragmática. Segundo Winther (2015), cada uma das abordagens mencionadas oferece uma resposta particular às seguintes perguntas: “Qual a melhor maneira de caracterizar a composição e a função de uma teoria científica? Como as teorias se relacionam com o mundo? Quais ferramentas filosóficas podem e devem ser empregadas na descrição e reconstrução de teorias científicas? O entendimento da prática e das aplicações é necessário para compreendermos a estrutura central de uma teoria científica?” (WINTHER, 2015, on-line).

Grosso modo, podemos dizer que (i) caracteriza teorias como um conjunto de sentenças que formam um sistema axiomático dedutivamente fechado, sendo associada na maioria das vezes ao movimento filosófico conhecido como positivismo lógico. Já (ii) foi desenvolvida na década de 60 sob inspiração da ‘teoria de modelos’ do lógico polonês Alfred Tarski para lidar com objeções endereçadas à abordagem sintática, e caracteriza teorias, grosso modo, como ‘coleções de modelos’. Por sua vez, (iii) defende ser insustentável a defesa de uma concepção unitária de teorias científicas, sendo associada principalmente aos filósofos Nancy Cartwright e Ian Hacking. Neste capítulo, discutiremos (i) e (ii), uma vez que para nossas discussões sobre realismo estrutural interessam as concepções formais de teorias científicas, já que nosso interesse está na especificação do conceito de estrutura que justifique as intuições realistas defendidas pela tese. Não trataremos, portanto, da concepção pragmática neste trabalho.

A discussão sobre a caracterização de teorias é de extrema relevância para a discussão acerca do realismo estrutural, pois os principais filósofos que participam do debate permitem

que seu apreço por alguma das abordagens citadas acabe por refletir em suas teses. Os defensores do REE como John Worrall e Elie Zahar, por exemplo, pressupõem a abordagem sintática na maneira em que caracterizam a estrutura relevante, à qual segundo eles temos acesso cognitivo, por meio das sentenças de Ramsey. Já os filósofos por trás do REO, como James Ladyman e Steven French, são adeptos da abordagem semântica, e questões técnicas relacionadas a ela são trazidas à tona com frequência em seus trabalhos sobre realismo estrutural.

3.1 A ABORDAGEM SINTÁTICA

Devemos a abordagem sintática de teorias (ASIN), também conhecida como *received view*, ao grupo de filósofos conhecido como Círculo de Viena⁹. Esses filósofos compartilhavam de um interesse especial por questões filosóficas suscitadas pela ciência (alguns deles eram antes cientistas com preocupações filosóficas), e foram os responsáveis pela corrente que ficou conhecida na filosofia como Positivismo Lógico (ou Neopositivismo). Compreender o posicionamento do grupo a respeito de certas questões filosóficas é crucial para entendermos a concepção de teorias científicas associada a ele.

De início, devemos destacar o papel desempenhado pelo *empirismo* nas investigações do círculo. Embora o grupo seja conhecido pela multiplicidade de ideias defendidas por seus membros, um dos fatores que podemos destacar como sendo comum a todos é a postura anti-metafísica da qual compartilhavam. Sobre isso, nos diz Suppe (1977, p. 6):

É dito com frequência que o positivismo emergiu para responder aos excessos metafísicos de Hegel e seus sucessores neo-Hegelianos (por exemplo, MacTaggart, Braddley e outros) que tentavam explicar a realidade por meio de entidades metafísicas abstratas (por exemplo, Enteléquia e o Absoluto) que não admitem especificação empírica.

Isto é, os neopositivistas rejeitavam filosofias que se propunham a explicar o mundo por meio de conceitos abstratos obscuros, como aquelas associadas a Hegel e aos Neo-Hegelianos, em voga como a “filosofia oficial” da maior parte de universidades alemãs durante a maior parte do século XIX. O que entendiam por *metafísica*, no entanto, tinha um campo semântico bastante amplo: para eles, qualquer proposição cujo significado não fosse suficientemente claro (de acordo com critérios estipulados pelo próprio grupo) deveria ser

⁹A denominação “Círculo de Viena” conferida ao grupo deve-se ao fato de que seus membros reuniam-se semanalmente na Universidade de Viena durante os anos entre 1924 e 1936, sob a liderança do filósofo Moritz Schlick, para discutir suas ideias. Entre seus membros mais proeminentes podemos citar, além do próprio Schlick, Rudolph Carnap, Otto Neurath, Kurt Gödel e Carl Gustav Hempel. Para mais informações sobre o grupo recomendamos o artigo Uebel (2016).

rejeitada como possível adição ao conhecimento proposicional do mundo. Pretendiam, assim, excluir do debate aqueles problemas que, segundo acreditavam, eram frutos de uma confusão linguística e, portanto, pseudoproblemas indignos de serem investigados por meios filosóficos ou científicos.

Mas o que seriam proposições com significados “suficientemente claros” no entender dos neopositivistas? Para respondermos a essa questão, devemos compreender a concepção epistemológica acerca do significado defendida por eles, conhecida como *verificacionismo*. Para os verificacionistas, apenas duas classes de proposições possuem significado: (i) proposições analíticas; (ii) proposições cujo valor-verdade pode ser constatado empiricamente.

As proposições que fazem parte de (i) são aquelas cuja verdade ou falsidade é constatada através da mera análise de seus termos. Um exemplo clássico de proposição analítica verdadeira é aquela expressa pela sentença “Todo homem não-casado é solteiro”, pois para obtermos seu valor-verdade basta conhecermos o sentido habitual dos componentes da sentença que a expressa: “não”, “casado”, “solteiro”, etc. Não é preciso investigarmos o mundo à nossa volta para que a verificação seja efetuada; analisar a maneira como os termos são definidos, uma vez que “solteiro” e “não-casado” são termos sinônimos, já é suficiente para constatarmos a veracidade da proposição. De modo análogo, conhecemos o valor-verdade de proposições contraditórias (que são sempre falsas), como “O todo está dentro da parte.”, exclusivamente através da análise de seus elementos constituintes.

Já as proposições pertencentes à classe (ii) são aquelas cuja obtenção do valor-verdade vai além da mera análise de seus termos, exigindo verificação empírica como forma de constatar se são verdadeiras ou falsas. Como exemplos desse último tipo podemos citar proposições como “Agora é noite.” ou “A água está gelada.”. É evidente que aqui a verificação não é feita exclusivamente através da análise de componentes; a verdade ou falsidade das afirmações depende de questões contingentes a respeito do mundo e do sujeito que as profere, e não são passíveis de serem verificadas senão por meio da experiência.

E quanto às proposições que não pertencem a nenhuma das classes, (i) e (ii)? Estas, segundo os neopositivistas, não possuem significado e, portanto, são destituídas de valor cognitivo e, conseqüentemente, devem ser excluídas da investigação filosófica. Algumas instâncias desse tipo seriam aquelas proposições provenientes de investigações metafísicas, teológicas e astrológicas. Em outros termos, perguntas como “Deus existe?”, por exemplo, deveriam ser abandonadas da reflexão filosófica já que são incapazes de gerar qualquer tipo de conhecimento legítimo que aumente nosso conhecimento proposicional do mundo, uma

vez que não se tratam de proposições analíticas e tampouco são passíveis de constatação empírica.

Além disso, outra motivação importante do grupo é o otimismo que compartilhavam a respeito do conhecimento gerado pela atividade científica, em especial aqueles atrelados a conquistas científicas recentes à época, como as novas teorias físicas da relatividade e da mecânica quântica. Para eles, a ciência encontra-se em uma posição privilegiada enquanto campo do saber responsável pela investigação do mundo, cabendo à filosofia o papel de prover uma reflexão de segunda-ordem sobre a ciência, isto é, fornecer as ferramentas com as quais podemos clarificar e organizar seus métodos, conceitos e objetivos.

A ferramenta escolhida para esse objetivo pelos neopositivistas foi a nova lógica simbólica. Primeiro, é importante ressaltar que boa parte dos membros do Círculo eram matemáticos empolgados com “avanços recentes ocorridos na matemática pelas mãos de Frege, Cantor, e Russell que acabaram por culminar no *Principia Mathematica*” (Suppe, 1977, p.12). Com esta obra, Whitehead e Russell ofereciam uma axiomatização de boa parte da matemática em termos da recém surgida lógica simbólica, o que sugeriu a hipótese de que o mesmo poderia ser feito com toda a matemática e que, além disso, a essência da matemática talvez repousasse na lógica:

Este fato sugeriu aos membros do Círculo de Viena que os enunciados matemáticos de leis científicas e também que as definições de termos teóricos poderiam ser obtidos através da lógica matemática [...] (SUPPE, 1977, p. 12).

Adicionalmente ao interesse que compartilhavam por desenvolvimentos recentes acerca dos fundamentos da matemática, é bem conhecida também a influência dos escritos do filósofo Wittgenstein nos positivistas lógicos. Quando a essa influência nos diz Sedor:

Segundo Wittgenstein (no *Tractatus*), nosso conhecimento empírico é, em última instância, um conjunto de proposições atômicas ou elementares independentes. Ele propõe a distinção entre estado de coisas, o que seria um fato logicamente possível, e fato, que seria um estado de coisas que acontece realmente; assim, para ele, quando uma proposição corresponde a um estado de coisas, ela tem significado; e quando uma proposição corresponde a um fato, ela é verdadeira. O valor de verdade de uma proposição com significado pode ser determinado de uma vez por todas por meio da observação e da lógica. Torna-se compreensível, então, que uma das preocupações centrais dos positivistas lógicos fosse a construção de uma linguagem logicamente correta (SEDOR, 1999, p. 14).

Há, entretanto, uma tensão óbvia entre o verificacionismo por eles defendido e seu apreço incondicional pela ciência e suas conquistas. Essa tensão é conhecida tradicionalmente como o *problema dos termos teóricos*, e consiste no seguinte: há uma miríade de conceitos científicos que não admite verificação empírica do modo estipulado por eles, como, por exemplo, “elétron”, “campo gravitacional”, “gene”, etc. Em outras palavras, carecemos de

acesso empírico aos referentes desses termos, pois não conseguimos observá-los de qualquer forma direta.

No entanto, para os positivistas lógicos (assim como para os cientistas) estes termos possuem papel explicativo fundamental nas teorias em que figuram, sendo, portanto, impensável abandoná-los em nome de uma tensão filosófica relacionada a questões de ordem metafísica. É necessário, portanto, a obtenção de uma semântica adequada para as proposições nas quais eles figuram, que esteja de acordo com o discutido requisito verificacionista. Em outras palavras, era preciso encontrar maneiras de interpretar os inobserváveis teóricos à luz da experiência.

Expostas algumas das principais motivações filosóficas do movimento neopositivista, podemos então apresentar a concepção de teorias que resulta delas. Antes, vejamos o que nos diz Halvorson (2016, p. 4) sobre as motivações de Carnap ao propor a relevância do projeto de formalização de teorias para a filosofia da ciência:

Carnap possuía uma ideia peculiar acerca dos objetivos da filosofia. A começar com seu livro *The Logical Structure of the World* (Carnap, 1928), Carnap tinha por objetivo obter uma “reconstrução racional” do conhecimento produzido pela ciência. (...) O paradigma de Carnap aqui, seguindo os passos de Russell, era o processo de “rigorização” da matemática, perseguido a partir do desenvolvimento da lógica simbólica e da teoria dos conjuntos no século 19. Por exemplo, assim como os matemáticos do século 19 substituíram a ideia de “funções contínuas” por uma contraparte precisa logicamente construída, Carnap também queria substituir os conceitos da ciência por contrapartes logicamente construídas. Em outros termos, para Carnap o objetivo da investigação filosófica da ciência consiste em oferecer um “vizinho mais próximo” de um conceito científico dentro do domínio de conceitos rigorosamente definidos. Para Carnap, se era possível substituir conceitos científicos individuais por contrapartes precisas, era um objetivo valioso formalizar um domínio completo de conhecimento científico (HALVORSON, 2015, p. 4).

Antes de apresentarmos a concepção de teorias resultante das motivações mencionadas até aqui, no entanto, devemos fazer uma ressalva. Embora os membros do círculo tenham se reunido por conta de interesses e preocupações filosóficas em comum, muitas vezes não havia concordância completa sobre pontos específicos, de modo que não há uma posição oficial do círculo sobre muitas questões. Isso reflete no desenvolvimento da abordagem sintática: muitas concepções foram propostas, bem como muitas respostas foram oferecidas para lidar com problemas distintos, de forma que a abordagem sofreu com variações durante o seu desenvolvimento.

Ainda assim, acreditamos que a formulação da ASIN que apresentaremos aqui, devida principalmente aos filósofos Rudolph Carnap e Carl Gustav Hempel, que é aquela que consta na exposição canônica de Suppe (1977, pp. 16-17), é representativa da posição em sua generalidade. Para nosso propósito neste trabalho, aceitamos, portanto, a afirmação de Suppe de que esses “são os principais autores da *Received View* na sua forma final e mais

sofisticada” (SUPPE, 1977, p. 50). Além disso, as principais críticas endereçadas a ela, que culminaram com o desenvolvimento da abordagem semântica, podem ser prontamente estendidas às outras versões.

Mas em que, afinal, consiste a “reconstrução racional” de uma teoria científica? Trata-se, em resumo, de reformular a teoria numa certa linguagem de forma a substituir seus conceitos científicos “brutos” por contrapartes precisas, visando explicitar a conexão lógica entre cada um de seus conceitos. Carnap inicialmente propõe que teorias devam ser reconstruídas como teorias axiomáticas formuladas em uma determinada linguagem L da lógica de predicados, de forma que as seguintes condições devem ser atendidas (SUPPE, 1977):

- (i) A teoria é formulada em lógica de primeira ordem com igualdade, L.
- (ii) Os termos não-lógicos ou constantes de L dividem-se em três classes disjuntas, chamadas *vocabulário*:
 - a. O *vocabulário lógico* consiste de constantes lógicas (incluindo os termos matemáticos).
 - b. O *vocabulário observacional*, V_o , contendo termos observacionais.
 - c. O *vocabulário teórico*, V_t , contendo termos teóricos.
- (iii) Os termos em V_o são interpretados como referindo-se a objetos físicos diretamente observáveis ou a atributos diretamente observáveis de objetos físicos.
- (iv) Há um conjunto de postulados teóricos T cujos únicos termos não lógicos são de V_t .
- (v) Aos termos de V_t são dadas *definições parciais* em termos de V_o por meio de regras de correspondência C.

Vejamos, então, de que modo essa caracterização de teorias científicas é coerente com os aspectos da filosofia associada ao Círculo de Viena que discutimos anteriormente. De imediato, segue como corolário que os termos teóricos são cognitivamente significativos, conforme os critérios verificacionistas do grupo. Isso ocorre, pois, aos postulados teóricos (mencionados em ‘iv’) devem ser dadas definições parciais, em termos de objetos pertencentes ao V_o , assumidos como diretamente observáveis. Deste modo fica estabelecida uma possibilidade de verificação de termos que designam inobserváveis (como “elétron”), pois a estes é dada uma interpretação em termos de observáveis, o que garante que os enunciados nos quais estes figurem sejam cognitivamente significativos.

Estes postulados teóricos devem ser compreendidos também como o conjunto de leis, ou axiomas, da teoria. Eles conectam-se com os fenômenos (que os confirmam) também através do conjunto C de regras de correspondência, que tem como função adicional, além de garantir significado aos termos científicos, estipular as “aplicações da teoria aos fenômenos que são permitidas” (SUPPE, 1977, p. 17). Desse modo, a teoria deve ser identificada com o conjunto TC, composto pela conjunção de T e C.

Em síntese, devemos compreender as teorias científicas, segundo a abordagem sintática, como *sistemas axiomáticos dedutivamente fechados*. Seus enunciados devem ser reconstruídos mediante uma linguagem formal, que deve distinguir em seu vocabulário entre uma parte teórica e uma parte observacional. Verificamos os enunciados observacionais (que descrevem observações e leis experimentais) através da constatação empírica direta, enquanto que aos enunciados teóricos deve ser dada uma interpretação indireta ao conectarmos seus termos, por meio das regras de correspondência, aos termos observacionais. Essa concepção de teorias está de acordo com as motivações principais do movimento neopositivista, que buscava desenvolver uma epistemologia normativa capaz de distinguir entre conhecimento legítimo e crenças infundadas, empregando como principais ferramentas filosóficas para esse intento a lógica formal e a análise da linguagem.

3.2 A ABORDAGEM SEMÂNTICA

A partir da década de 1950 a abordagem sintática passou a ser seriamente questionada como uma resposta adequada à pergunta “o que é uma teoria científica?”, e entre grande parte dos filósofos favoráveis ao projeto de caracterização formal de teorias acabou por ser gradualmente substituída por aquela que ficou conhecida como abordagem semântica (ASEM). Isso ocorreu devido a uma série de problemas enfrentados pela abordagem desde sua aparição inicial, que foram continuamente apontados ao longo de sua história tanto por adversários como pelos próprios positivistas lógicos.

Tentativas de respondê-los usualmente davam origem a novos problemas até o ponto em que as discussões se concentravam mais em truques para evadir problemas lógicos do que em solucionar questões propriamente científicas. Um descontentamento generalizado com esse rumo tomado pela ASIN, repleto de problemas “artificiais”, foi certamente uma das causas de seu eventual descrédito na filosofia da ciência. Sobre isso nos diz o filósofo Bas van Fraassen, um dos proponentes da ASEM:

As distinções lógicas escolásticas que os positivistas lógicos produziram -- vocabulário observacional e teórico, reduções de Craig, sentenças de Ramsey, teorias de primeira-ordem axiomatizáveis, predicados projetáveis, termos disposicionais, e todo o resto -- nos moveu *milles milles de toute habitation scientifique*, isolados em nossos próprios sonhos abstratos (VAN FRAASSEN, 1989, p. 225).

Além disso, outro fator foi determinante para motivar esse descontentamento, ao menos por parte dos filósofos que vieram posteriormente a defender a ASEM: a proposta normativa que a ASIN mantinha com relação à epistemologia da ciência. A ASIN buscava através de sua análise propor um ideal de conhecimento a ser alcançado, estabelecendo para isso critérios através dos quais poderíamos julgar as teorias de acordo com sua legitimidade cognitiva. Seus opositores, no entanto, estavam interessados em uma concepção que oferecesse uma descrição fiel, menos idealizada, da ciência fátual. Queriam incorporar na análise questões relacionadas a atividade científica concreta, isto é, que fosse coerente ao modo como esta ocorre na prática.

Outras objeções, elencadas por Suppe, são as seguintes [aqui apenas citaremos as objeções; seus detalhes podem ser conferidos em Suppe (1977)¹⁰:

- 1) a ASIN identifica teorias com sua formulação linguística, o que acarreta em dificuldades nas discussões acerca de como individualizar teorias;
- 2) a distinção presumida entre termos teóricos e termos observacionais é insustentável;
- 3) a distinção presumida entre sentenças analíticas e sintéticas é insustentável.

Devemos compreender, portanto, que a queda da ASIN como principal concepção dedicada à caracterização de teorias científicas foi gradual e motivada por diversos problemas. Mas que tipo de caracterização propõe a ASEM, oferecida em seu lugar como principal alternativa? Que ferramental teórico utiliza em sua análise? De que forma ela se propõe a resolver os problemas para os quais a ASIN foi incapaz? O que são, afinal, teorias de acordo com esta concepção?

Podemos definir a proposta da ASEM, grosso modo, como aquela que enxerga teorias como *classes de modelos*. Em outras palavras, para seus defensores¹¹ não devemos analisar

¹⁰Recentemente a hegemonia da abordagem semântica tem sido questionada por filósofos que procuram retomar aspectos da abordagem sintática na análise de teorias. Lutz (2012), por exemplo, chama a atenção para algumas injustiças cometidas por críticos das *received view*, entre elas: a ideia de que a abordagem sintática pressupõe a reconstrução das teorias exclusivamente através da lógica de 1ª ordem; a ideia de que os proponentes de *received view* demandam axiomatizações exaustivas da matemática subjacente a cada teoria; e a ideia de que a *received view* aborda o conceito de “modelos científicos” de modo insatisfatório. Entretanto, algumas das principais críticas pertinentes aos defensores da ASEM, como a insustentabilidade da distinção teórico-observacional, não foram tratadas no artigo. Para maiores detalhes quanto a sua argumentação, ver Lutz (2012). Já Halvorson (2012) ataca a ideia de que a ASEM seria adequada pois, segundo ele, se considerarmos que teorias são *apenas* “coleções de modelos” corremos o risco de identificarmos teorias que são distintas, e distinguirmos teorias idênticas. De modo que ainda que se conceda que a ASIN não seja adequada para a tarefa que se propõe, tampouco a ASEM o seria.

teorias focando na linguagem com a qual as formulamos, mas antes nos modelos que satisfazem seus axiomas (entendidos em conformidade com a teoria de modelos de Tarski¹²).

Esta motivação fica clara se atentarmos ao seguinte trecho retirado de Suppe (1989, p. 4):

A Concepção Semântica retira seu nome do fato de construir teorias como aquilo a que suas formulações se referem quando a essas formulações é dada uma interpretação (formal) semântica. Dessa forma, ‘semântica’ é usado aqui no sentido de semântica formal ou teoria de modelos em lógica matemática.

Isto é, ainda que os defensores da ASEM possam conceder que a linguagem seja importante para que seus modelos sejam obtidos, posteriormente estes devem ser retidos enquanto a linguagem é ignorada. Assim, contrapondo-se à ASIN, a ASEM procura conceber as teorias não como entidades lógico-linguísticas mas, antes, como objetos conjuntistas.

Como já mencionamos, uma das principais motivações na gênese da ASEM foi o desejo de aproximar a análise filosófica das teorias da prática científica. Havia uma insatisfação com a maneira idealizada com que a ASIN concebia as teorias científicas, como um cálculo lógico axiomático dedutivamente fechado, algo excessivamente distante de como estas são intuitivamente desenvolvidas e utilizadas pelos próprios cientistas. Havia, além disso, um descontentamento com a maneira secundária com que os “modelos”, objetos entendidos então como servindo a funções meramente heurísticas ou pedagógicas, figuravam nessa abordagem.

Afinal, modelos possuem um papel central nas variadas disciplinas científicas, sendo um dos instrumentos centrais a figurar nas teorizações dos cientistas. Devemos, pois, tratá-los com a devida ênfase em uma análise filosófica rigorosa, que se proponha a dar conta da ciência em sua generalidade.

Outra motivação importante, também relacionada ao desejo de aproximar a análise filosófica da prática científica, diz respeito à individuação de teorias na ASIN. Se identificamos teorias com suas formulações linguísticas (como os defensores da *received view* foram acusados pelos semanticistas de fazer) segue-se que quaisquer mudanças em aspectos lingüísticos, sejam quais forem, culminam em uma nova teoria. Quanto a esse ponto, Suppe nos diz que:

Assim, na Received View, qualquer mudança na formulação das teorias corresponde a uma mudança nas teorias. Entretanto, teorias científicas possuem distintas propriedades de individuação, e uma dada teoria admite uma variedade de formulações parciais ou completas. Nesse aspecto, a Concepção Semântica individualiza as teorias da mesma maneira que a ciência o faz (SUPPE, 1989, pp. 3-4).

¹¹Entre seus articuladores mais eminentes estão os filósofos Patrick Suppes, Bas Van Fraassen, Frederick Suppe e Ronald Giere.

¹²Esse ponto será discutido mais à frente, na subseção dedicada a ‘modelos’.

Por exemplo, em uma teoria formulada conforme a ASIN devem constar procedimentos experimentais que dão significado a seus termos teóricos. Se identificarmos teorias com sua formulação, caso eventuais desenvolvimentos nesses procedimentos sejam incorporados na teoria, teremos em mão agora uma nova teoria, ainda que pouco ou nada tenha sido alterado no que diz respeito a seus postulados mais fundamentais. Essa consequência indesejável é evitada no contexto da ASEM uma vez que nela não constam como parte integrante da teoria informações relativas a evolução dos procedimentos experimentais, ou melhoras nos instrumentos de medição.

Na ASEM, como Suppe deixa claro, técnicas experimentais são usadas apenas para “mediar ou acessar as relações de correspondência entre as estruturas da teoria e os fenômenos, mas, como não são especificadas na teoria, não funcionam como aspectos de individuação” (SUPPE, 1989, p. 5). Para os semanticistas, este é mais um dos fatores que corroboram a afirmação de que a ASEM é mais próxima da prática científica que a ASIN, ao menos no que diz respeito às condições de identidade das teorias.

Desenvolvimentos posteriores acabaram por culminar em uma subdivisão da abordagem em várias versões, associadas principalmente aos filósofos E. W. Beth, P. Suppes, Van Fraassen e F. Suppe. Essas divergências relacionam-se principalmente com a maneira através da qual, segundo cada um deles, devemos entender a concepção no que diz respeito à natureza extralinguística das teorias. Para Beth e van Fraassen, por exemplo, a estrutura das teorias é capturada em termos de *espaços de estado*; para Suppe em termos de *sistemas relacionais*; e para Suppes em termos de *predicados conjuntistas*. Como esta última, segundo da Costa e French, é mais geral que as outras, será ela o foco de nas nossas discussões. Podemos ainda atribuir o sucesso da ASEM ao fato de essa ter sido empregada como uma análise de teorias apta a sustentar tanto visões realistas (Suppes) como antirrealistas (van Fraassen) da ciência. A esse respeito, a relação entre a ASEM e o realismo será discutida na seção 2.3, quando trataremos de questões decorrentes da apropriação da ASEM pelos realistas estruturais ontológicos.

3.2.1 O que são modelos?

Como exposto, os proponentes da ASEM defendem que teorias científicas são melhor caracterizadas como ‘coleções de modelos’. Por trás dessa ideia está a noção de que é tarefa de relevância para o filósofo da ciência levar adiante a análise lógica das teorias como iniciada pelos neopositivistas mas, em vez de tratá-las de maneira idealizada como estes

faziam, devemos levar em conta aqueles aspectos indicativos de como elas operam na prática, no dia-a-dia dos cientistas. De modo que, se é mais usual que cientistas lidem (criem, testem, validem) com modelos do que desenvolvam teorias axiomáticas, ou empenhem-se em provar teoremas, a ferramenta de representação formal que pretendemos empregar em nossa análise, seja ela qual for, deve acomodar esse fato de alguma forma. Para entender com mais profundidade a proposta dos defensores da ASEM quanto a essa questão, no entanto, é preciso antes clarificarmos o que entendemos por ‘modelo’ neste contexto, e quais são algumas das dificuldades relacionadas ao conceito.

A questão de importância aqui é a seguinte: que tipo de entidades são esses ‘modelos’ cuja coleção, segundo a ASEM, oferece uma caracterização para teorias científicas, e como podemos capturar formalmente sua essência? Para Suppes, os modelos devem ser compreendidos conforme a *teoria de modelos* desenvolvida pelo lógico polonês Alfred Tarski: a teoria de Tarski estabelece que modelos são estruturas conjuntistas que devem satisfazer os axiomas, teoremas ou postulados de uma dada teoria lógica. Dito de outro modo, dada uma teoria T composta por um conjunto de sentenças numa dada linguagem, dizemos que um modelo de T é uma possível realização da teoria, isto é, uma interpretação que garante a consistência de seus axiomas. Esta interpretação é feita na forma de uma estrutura conjuntista, que consiste num par ordenado cujos elementos são constituídos por um domínio e um conjunto de relações definidas entre os elementos deste domínio. Além disso, há uma função que relaciona elementos desta estrutura com os elementos presentes nas sentenças da teoria (como constantes e predicados, por exemplo).

Para ilustrar, consideremos a teoria composta pelos seguintes postulados (DOWNES, 1992):

1. Cada dois membros de K estão contidos em um único membro de L.
2. Nenhum membro de K está contido em mais de dois membros de L.
3. Os membros de K não estão todos contidos em um único membro de L.
4. Cada dois membros de L contém um único membro de K.
5. Nenhum membro de L contém mais de dois membros de K.

Um possível modelo que satisfaz esses postulados é o triângulo cujos vértices pertencem a K e cujos lados pertencem a L. Nos termos conjuntistas da semântica tarskiana, isso equivale a dizer que o primeiro elemento do par ordenado corresponde à coleção composta pelos conjuntos K (composto de três elementos ‘vértices’) e L (composto de três elementos ‘lados’), e o segundo elemento a um conjunto de relações ‘contém’, que

relacionam ‘vértices’ e ‘lados’. Ou seja, este modelo provê uma maneira de interpretar os 5 postulados, garantindo assim a veracidade de cada um deles e, por consequência, sua consistência mútua.

Completando a analogia, para entender esta teoria sob a ótica da ASEM devemos descartar os cinco postulados, de modo que apenas o modelo delineado no parágrafo anterior seja retido. Em outras palavras, o modelo especificado é a teoria de que dispomos. Ou seja, a teoria em questão refere-se especificamente a um triângulo, caracterizado conjuntisticamente como no exemplo, independente da existência de outras interpretações que podem também ser coerentes com os postulados iniciais.

Não devemos, contudo, omitir o fato de que há uma disputa frequente nas discussões envolvendo a ASEM diz respeito à natureza dos modelos utilizados na ciência quando consideramos cada uma de suas disciplinas, já que a noção de modelos é central na caracterização de teorias proposta pela abordagem. Alguns filósofos¹³, adeptos de uma abordagem dita deflacionária, rejeitam a existência de uma concepção unitária do termo ‘modelo científico’. Para eles a construção de modelos durante a atividade científica se dá de maneira heterogênea, a depender de fatores como a natureza do objeto de que trata a disciplina em questão (ou mesmo em áreas distintas dentro da mesma disciplina), do grau de maturidade de cada teoria, do grau de matematização alcançado pela disciplina, entre outros. Essa diversidade, defendem, nos impossibilitaria de conferir um tratamento único a essa entidade, uma vez que possui usos dos mais diferenciados.

Nesse sentido, não parece haver, de fato, uma correspondência entre os modelos como entendidos no sentido lógico-matemático que expusemos e os modelos como estes são utilizados nas ciências empíricas. Se assim entendido, o projeto da ASEM, que nos recomenda entender teorias como coleções de modelos lógico-matemáticos, parece estar de fato comprometido.

O debate acerca da questão é longo e não aprofundaremos nele aqui. Embora tenhamos mencionado em que consiste a posição de alguns de seus adversários, para este trabalho nos interessa expor a concepção defendida pelos defensores da ASEM, cujos méritos não iremos problematizar excessivamente. A principal defesa desta concepção de modelos (como entidades lógico-matemáticas) se encontra, em grande medida, resumida no artigo de 1960 “A comparison of the meaning and use of models in mathematics and the empirical sciences”, de Patrick Suppes. Suppes inicia o artigo com excertos que fazem referência a

¹³Ver Downes (1992) e Cartwright et al. (1995).

vários tipos de modelos, retirados de livros-texto de áreas tão distintas quanto física e economia, e defende a tese ao longo do artigo de que todos esses modelos podem ser reduzidos, por fim, ao modelo lógico-matemático de Tarski. Segundo Suppes:

O conceito de modelo no sentido de Tarski pode ser usado como um conceito fundamental em todas as disciplinas de onde as citações foram retiradas. Nesse sentido eu afirmaria que o significado do conceito de modelo é o mesmo na matemática e nas ciências empíricas. A diferença nessas disciplinas é unicamente quanto ao uso do conceito (SUPPES, 1960, p. 165).

Assim, para Suppes devemos conceber os modelos segundo a já mencionada noção tarskiana, identificando-os como um conjunto não-vazio constando de uma função-interpretação que associa elementos específicos da linguagem a itens específicos desse conjunto (Suppes, 1960). A intenção é, longe de negligenciar a importância de cada um dos tipos de modelos citados no nível da prática científica, mostrar que eles podem ser adequadamente representados pela noção lógica para os propósitos de uma análise formal dos fundamentos da ciência, já que é esse o objetivo por trás da análise formal de teorias.

Para ficar claro, então, de que maneira os modelos lógicos “representam” os modelos científicos devemos efetuar uma distinção entre o significado do termo e o uso que se faz dele. Enquanto o uso varia constantemente, uma vez que disciplinas distintas fazem perguntas distintas acerca de seus modelos, que são construídos também de maneira específica a depender do domínio em que atuam, seu significado mantém-se sempre fixo. É esse significado que é capturado, segundo Suppes, através da noção de modelos tarskiana, e é ele que possui interesse para o filósofo da ciência em suas investigações acerca da natureza das teorias científicas. Ou seja, o que Suppes afirma não é que todos os modelos científicos são também modelos conjuntistas, mas sim que esse é um aspecto relevante da essência daqueles e sua análise pode ser de interesse para propósitos diversos.

Se entendermos teorias como coleções de modelos, adotando assim a sugestão de Suppes de que estes devam ser entendidos em seu sentido lógico-matemático, de que forma a ASEM acomodaria a relação entre teorias e experimentos? Vimos que na ASIN a relação é explicitada intrateoricamente através das regras de correspondência, responsáveis por conferir significado empírico a alguns dos termos primitivos teoria. É natural, portanto, que também a ASEM não se omita a endereçar a questão, principalmente ao considerarmos que ela se propõe a ser uma análise mais preocupada com as questões relacionadas à prática científica.

Para tratar do problema Suppes desenvolve a noção de *hierarquia de modelos*. A ideia é a seguinte: quando comparamos teorias com experimentos, constatamos que certas noções teóricas não possuem um análogo óbvio entre os dados experimentais obtidos. É, além disso, comum que “modelos da teoria contenham funções contínuas ou sequências infinitas, embora

os dados que a confirmam tenham como característica serem altamente discretos e finitistas” (SUPPES, 1962, p. 253).

A estratégia de Suppes é introduzir a noção de *modelos de dados*: correspondendo aos modelos lógico-matemáticos de teorias formais, que são compreendidos como possíveis realizações dessas, modelos de dados são definidos como sendo possíveis realizações dos *dados* obtidos experimentalmente. Essa noção requer que haja uma teoria por trás dos procedimentos experimentais

Um dos objetivos de Suppes é demonstrar a adequabilidade de métodos formais de análise para registrar a teoria desde seu nível mais alto e abstrato até seus aspectos mais experimentais e de nível mais baixo.

Podemos, por fim, sintetizar a versão da ASEM de Suppes através do seguinte slogan: “axiomatizar uma teoria é definir um predicado conjuntista” (SUPPES, 2002, p. 30). Por trás do slogan está a ideia de que especificamos uma dada teoria ao definir um predicado a partir da linguagem da teoria dos conjuntos, que condensará os axiomas da teoria, e que deverá ser satisfeito pelos modelos pretendidos. Ao contrário da *received view*, os axiomas da lógica subjacente, e demais teorias matemáticas indispensáveis para a formulação da teoria, são deixados implícitos, de forma que o predicado conjuntista englobe apenas os axiomas específicos da teoria.

Também é importante notar que mesmo a teoria de conjuntos que devemos utilizar, entre as distintas formulações axiomáticas possíveis, não é especificada. Podemos assumir, no entanto, que seja ZFC¹⁴ como é usual nas discussões sobre os fundamentos da matemática. O importante é compreendermos que para os defensores da ASEM interessam os modelos entendidos no sentido lógico, isto é, no sentido de Tarski. Em outras palavras, quando afirmamos que teorias são “coleções de modelos” estamos nos referindo àquelas entidades conjuntistas que tornam verdade um certo conjunto de sentenças.

3.3 REALISMO ESTRUTURAL E A ABORDAGEM SEMÂNTICA

O RE foi primeiramente associado com a abordagem semântica por James Ladyman, que ao propor sua variante ontológica afirma que “a concepção semântica ou modelo-teórica de teorias, que deve ser preferida por razões independentes, é particularmente apropriada para os propósitos do realista estrutural” (Ladyman, 1998, p. 216). O motivo é claro: se o realismo

¹⁴Zermelo Fraenkel com o axioma da escolha.

estrutural defende a tese de que, grosso modo, não devemos direcionar nosso compromisso ontológico à natureza das entidades postuladas pelas teorias científicas, mas restringi-lo às estruturas, o debate em torno de como teorias e suas estruturas devem ser caracterizadas é de interesse central para a discussão. E, sendo assim, segundo Ladyman, a concepção ideal deve ser a abordagem semântica principalmente devido a sua ênfase natural, como vimos, na ideia de estrutura.

3.3.1 Abordagem Semântica e Realismo

Uma tarefa que se impõe naturalmente ao defensor do REO é a de justificar de que forma a ASEM captura a intuição realista por trás do realismo estrutural. Se considerarmos que para a ASEM teorias são “coleções de modelos”, o realista estrutural deve oferecer uma resposta ao seguinte desafio lançado por Chakravartty: como o realismo pode ser sustentado sem que haja um modo de expressar a correspondência entre a teoria e o mundo?

No momento em que o teórico de modelos opta por algum tipo de compromisso, seja instrumentalista ou realista, ele abre a porta para as mesmas dificuldades às quais a abordagem semântica pretendia deixar para trás: nomeadamente, questões de correspondência entre linguagem e mundo. Tão logo façamos não apenas uma predição, mas uma descrição dos compromissos ontológicos associados àquela predição -- estabelecendo quais elementos de nosso modelo correspondem à realidade e quais não correspondem -- o desafio tradicional do realista de oferecer uma explicação satisfatória para esta correspondência retorna (CHAKRAVARTTY, 2001, p. 330).

Assim, embora o realista aceite que teorias sejam candidatas à verdade (aproximada), a concepção usual do conceito de verdade depende da formulação linguística da teoria -- em outros termos, esta formulação deve *corresponder* ao domínio da realidade do qual trata a teoria para que seja verdadeira. Ocorre, no entanto, que uma das motivações centrais por trás do surgimento da ASEM é justamente o fato (ressaltado por seus defensores) de esta abdicar de formulações linguísticas, em favor de uma abordagem puramente estruturalista. Cabe, assim, ao realista explicar como é possível que teorias representadas em termos de modelos conjuntistas possam ser candidatas à verdade, no sentido de correspondência mencionado, para que as intuições realistas sejam asseguradas.

French e Saatsi (2006) tratam do problema e afirmam que para responder de forma adequada a essa questão, é preciso primeiramente especificar em que consiste o caráter estruturalista da ASEM. Para isso, invocam o modo de compreender teorias por meio de uma distinção sugerida por Suppes no artigo ‘What Is a Scientific Theory?’ (1967, p. 60-62). Segundo Suppes, teorias podem ser compreendidas por meio de duas perspectivas, uma *extrínseca* e outra *intrínseca*:

A primeira [extrínseca] diz respeito à estrutura da teoria, e às relações entre teorias entre si e entre teorias e o mundo, entendido em termos daquela teoria. Através de perspectiva ‘extrínseca’ consideramos as teorias “de fora” de uma formulação lógico-linguística particular, e é nesse sentido que modelos cumprem um papel representacional. Da perspectiva ‘intrínseca’, no entanto, teorias podem ser tomadas como objeto de atitude epistêmica e consideradas como verdadeiras, empiricamente adequadas, aproximadamente verdadeiras, ou o que seja (FRENCH; SAATSI, 2006, p. 553).

Com a distinção pretende-se contornar a objeção de Chakravartty, acusada de misturar as duas perspectivas ao afirmar que nossa atitude epistêmica deve endereçar-se aos modelos. French e Saatsi afirmam que, na verdade, é à caracterização ‘intrínseca’ que devemos recorrer para reportar nossas crenças. Assim, quando consideramos a afirmação ‘Eu acredito que a teoria T seja verdadeira’ devemos assumir que o conjunto relevante de proposições (expressas por sentenças linguísticas que podem ou não ser formalizadas) representa corretamente a teoria T.

Não devemos, no entanto, achar que essa perspectiva esgota aquilo que entendemos por teorias, uma vez que a perspectiva (extrínseca) que as vê como coleções de modelos é tão relevante quanto, embora as encare sob um outro prisma e lide com questões diferentes. É mais interessante, por exemplo, encarar teorias como coleções de modelos caso o interesse seja analisar, por exemplo, relações inter-teóricas, sejam sincrônicas ou diacrônicas. De modo que ao considerar as teorias sob essa perspectiva dualista, como proposto por Suppes e posteriormente defendido por French e Saatsi, não há tensão entre o realismo e o aspecto estrutural da ASEM¹⁵.

Outra maneira de lidar com o problema foi proposta pelo filósofo Ronald Giere, que para tal apela para a noção de *similaridade*. Segundo Giere (1995), afirmar que modelos representam com sucesso sistemas reais é o mesmo que dizer que estes são *similares* a aqueles. Isso significa que embora modelos não representem com fidelidade *todos* os aspectos do sistema alvo, devemos julgar sua adequabilidade com base em sua capacidade de representar *a maior parte* dele, ou seja, a ser no mínimo similar ao sistema empírico em questão.

Essa ideia contempla a noção, defendida por Giere, de que “modelos são sistemas idealizados e, conseqüentemente, entidades abstratas” (FRENCH; LADYMAN, 1998, p.

¹⁵Embora adotem as perspectivas sugeridas por Suppes, French e Saatsi assumem uma posição quietista sobre a real natureza das teorias, ou seja, abstêm-se de afirmar que tipo de objeto elas seriam. Conforme discutiremos no quarto capítulo dessa dissertação, French acaba depois mudando de ideia e assumindo uma posição eliminativista sobre as teorias, afirmando que essas não existem e suas representações são, na verdade, construções (French, 2015).

110). Ou seja, a noção de ‘similaridade’ busca capturar o uso frequente de idealizações e aproximações na construção de modelos durante a prática científica.

Assim, caso aceitemos que teorias (entendidas como coleções de modelos) funcionam, devemos atribuir esse sucesso ao fato de serem seus modelos similares aos sistemas que buscam modelar. Devemos, portanto, crer que certos aspectos dos modelos representam certos aspectos da realidade e são esses aspectos, e a relação de similaridade que por consequência obtém entre eles, que sustentam o realismo como explicação para o sucesso da ciência.

No entanto, uma objeção comum à proposta de Giere é que sua noção de similaridade, tanto em relação ao número de elementos quanto ao seu grau, é muito vaga. Qualquer coisa, afinal, pode ser considerada similar a qualquer outra em algum aspecto. Além disso, não há como saber de antemão quais aspectos do modelo são relevantes e candidatos a similares à sua contraparte empírica. Dessa forma, a explicação em termos de ‘similaridade’ torna-se trivial e parece incapaz de servir de suporte às intuições realistas dos proponentes da ASEM.

A sugestão de Ladyman é abordarmos a questão através da noção de *isomorfismo parcial*. O problema é que, como ele mesmo percebe, no máximo podemos usar o conceito para representar a relação entre as estruturas teóricas de alto nível e os modelos de dados, pois o conceito de isomorfismo é definido como uma relação exclusiva entre estruturas matemáticas. De forma que não faz sentido seu uso para representar qualquer relação entre entidades matemáticas e o mundo, pois é um contexto diferente daquele para o qual foi definido, a não ser de maneira informal e pouco rigorosa, como um *abuso de linguagem*. Como a própria ideia por trás de formalizar essa relação é conferir um aumento em rigor e precisão na análise, visando iluminar a questão, acreditamos que supor que modelos e o mundo possam ser isomórficos é, assim com o emprego da noção de similaridade, uma hipótese insatisfatória.

Além disso, ainda que aceitássemos a ideia de um isomorfismo entre teoria e mundo, um problema de outro tipo assola o realista estrutural. Segundo French e Saatsi, expressar a ideia de que um modelo representa o mundo via relação de isomorfismo entre ambos é uma afirmação trivial, que nos conta apenas sobre a cardinalidade do mundo. Isso porque “sempre haverá essa relação (isomorfismo) entre domínios da cardinalidade correta” (French e Saatsi, p. 551, 2006).

Nosso propósito nesta subseção foi expor brevemente alguns dos problemas com que se depara o realista científico quando tenta justificar seu realismo à luz da concepção semântica de teorias, já que esses problemas são “herdados” pelo realista estrutural que se apropria da ASEM em suas investigações.

3.3.2 Estruturas Parciais

Vimos que, desde o início, o REO foi associado à abordagem semântica de teorias por seu proponente James Ladyman. Há, no entanto, um problema com o qual os defensores do REO, preocupados em responder à MIP, precisam contornar: durante revoluções científicas não há somente perda ontológica; há também perda de conteúdo *estrutural*. Para entendermos esta afirmação, tomemos como exemplo o conhecido caso envolvendo a troca de teorias da mecânica celestial de Descartes para a de Newton. É um fato conhecido que a estrutura postulada pela teoria de vórtices de Descartes foi parcialmente perdida, ainda que explicasse coisas que foram ignoradas posteriormente pela mecânica newtoniana (como, por exemplo, a razão de os planetas se moverem nas direções em que se movem). Ou seja, adicionalmente há perda de entidades houve também *perda de estrutura* nesta troca de teorias. Como esse exemplo há inúmeros outros que ilustram perda de estrutura proveniente de trocas de teorias, de modo que o argumento histórico sintetizado na MIP precisa acomodá-lo de algum modo (exemplos similares são oferecidos em Laudan [1981]). Assim, a estratégia realista estrutural de enfatizar a continuidade de estruturas para responder à MIP fica comprometida pois, se levarmos em conta que há mudança também no âmbito das estruturas com o tempo, perde força o argumento de que são elas -- mais precisamente sua continuidade no tempo -- quem sustentam o ASM (e o realismo).

Para contornar o problema, Ladyman e French adotaram o conceito de *estruturas parciais* visando uma caracterização para a noção de estruturas que melhor harmoniza com a tese por eles desenvolvida. O conceito foi desenvolvido inicialmente por Mikenberg *et al* (1986) e por da Costa (1986) e tem sido, desde então, trabalhado por diversos autores. Nesta subseção pretendemos apenas fazer uma exposição do conceito como inicialmente desenvolvido, de maneira breve mas, conforme acreditamos, suficiente para a compreensão de suas motivações principais.

Destacamos entre essas motivações a tentativa de fornecer um arcabouço formal que nos permita acomodar com precisão a ideia de que as teorias científicas são sempre incompletas, isto é, estão sempre “em aberto”, uma vez que são sempre suscetíveis a novos desenvolvimentos. Consideremos uma teoria qualquer, cujos postulados tratem de determinadas entidades e processos. Sabemos de antemão que ela (i) afirma que certas relações entre as entidades e processos obtêm; (ii) afirmam que outras relações não obtêm; (iii) nada tem a afirmar sobre outras relações, que podem ou não obter.

Assim, a teoria de estruturas parciais estende a noção tradicional de estruturas de forma a harmonizar com o fato de que toda informação de que dispomos a respeito de determinado domínio empírico, que procuramos representar por meio das estruturas, é sempre parcial e mutável, e generalizar a caracterização Tarskiana do conceito de verdade para estes contextos “parciais”. Vejamos, portanto, como é formulada a teoria.

De início é necessário expor as três noções principais das quais a teoria depende: *relação parcial*, *estrutura parcial* e *quase-verdade* (para a exposição nos baseamos em Bueno, 2008). Para entendermos a primeira das noções – relação parcial – devemos considerar um dado domínio Δ do conhecimento, sobre o qual estamos interessados em sistematizar e organizar informações quaisquer de que dispomos. Este domínio pode ser representado por meio de dois conjuntos: um conjunto D de objetos e um conjunto R de relações que sabemos obter entre elementos do domínio D . O fato é que não sabemos se *todos* os elementos de D entram na relação R devido à condição de “incompletude” intrínseca ao conjunto de informações disponíveis a respeito de qualquer domínio do conhecimento, e é precisamente esta noção que pretendemos capturar por meio do conceito de relação parcial. Caracterizamos ‘relação parcial’, então, do seguinte modo: Seja D um conjunto não-vazio, uma *relação parcial* n -ária R em D é a tripla

$$R = \{R_1, R_2, R_3\}, \text{ sendo } R_1 \cup R_2 \cup R_3 = D^n$$

As relações R_1, R_2 e R_3 representam, respectivamente, aquelas classes de relações que citamos anteriormente como (i), (ii) e (iii). Ou seja, o conjunto R_1 devemos entender como o conjunto de n -tuplas que (conforme sabemos) pertencem a R ; R_2 o conjunto que (conforme sabemos) não pertence a R ; e R_3 o conjunto n -tuplas que desconhecemos se pertencem ou não a R .

$$S = \{D, R_i\}_{i \in I}$$

Como já mencionado, a ideia por trás da abordagem por estruturas parciais é capturar, de maneira rigorosa, a ‘abertura’ das teorias científicas para novos desenvolvimentos. Essa abertura é expressa através das relações representadas por R_3 , aquelas que desconhecemos se de fato obtêm ou não. Avanços científicos podem revelar, por exemplo, a existência de uma relação previamente desconhecida, fato que provocaria em nosso sistema representacional um deslocamento do elemento correspondente pertencente ao conjunto R_3 para o conjunto R_1 .

Além de capturar a “abertura” de uma teoria, associada à relação diacrônica que esta mantém com as teorias que a antecedem e sucedem, outra vantagem interessante é que a abordagem por estruturas parciais, segundo seus proponentes, permite uma descrição unitária dos vários tipos de modelos usados em ciência. Sobre isso, diz Steinle:

Analogias entre, digamos, um gás ‘clássico’ e uma reunião de bolhas de bilhar, repousam sobre uma correspondência entre estruturas formais que não pode ser aquela de ‘identidade’ ou isomorfismo, classicamente entendidas. Mais especificamente, relações intra-modelos deveriam ser representadas em termos de uma correspondência entre subfamílias de famílias relevantes de relações. Assim, considerando essas famílias como um todo, a relação entre estruturas é mais acuradamente caracterizada em termos de isomorfismos parciais. Desse modo, dois modelos, por exemplo, podem ser relacionados não por inclusão, mas por essa, um pouco mais fraca, noção de isomorfismo parcial, que captura a ideia de que eles podem compartilhar *partes* de sua estrutura (STEINLE, 2006).

Além das noções de relações e estruturas parciais, há também o conceito de *quase-verdade*, que é central nas exposições usuais da teoria. Este conceito, no entanto, não é relevante para nós uma vez que nosso interesse está voltado para o uso do arcabouço quando este é associado ao realismo estrutural, enquanto discussões sobre *quase-verdade* parecem, antes, relativizar a ideia de verdade, o que pressupõe uma visão antirrealista do conhecimento científico. Sendo assim, não o apresentaremos aqui.

4 REALISMO ESTRUTURAL E A TEORIA DOS QUASE- CONJUNTOS

Tanto a noção de *estrutura* como a de *relação* estão no centro das discussões que envolvem o realismo estrutural ontológico, que as entende, independente da vertente do REO sob consideração, como as entidades mais básicas e fundamentais da realidade. É natural, portanto, que haja certo esforço por parte dos filósofos favoráveis à tese em tornar a noção mais clara e precisa, aumentando assim a força dos argumentos que promovem sua aceitação. Entre esses esforços está a escolha de um ferramental teórico adequado para a representação formal dessas estruturas, que seja coerente com os requisitos do REO e ajude a livrar o conceito de ambiguidades. De fundamental importância é a definição ou caracterização do conceito de estrutura que seja compatível com a tese da prioridade, em algum sentido, das relações sobre os relata.

Em artigo de 2005 intitulado “Structures and Structural Realism”, Décio Krause entra no debate ao propor certo ferramental teórico que seria, em sua opinião, o mais adequado para este objetivo. Segundo ele, há uma maneira de definir tais estruturas por meio de noções pertencentes à *teoria de quase-conjuntos (TQC)*, uma extensão da teoria de conjuntos desenvolvida por ele na década de 90 motivado por questões filosóficas suscitadas pela

mecânica quântica não-relativista. Segundo Krause, a TQC, em especial a noção de *quase-relação* que é construída lá, permite “definirmos estruturas que, em certo sentido, não dependem dos objetos particulares que são relacionados por ela” (Krause, 2005, p. 3).

Neste capítulo discutiremos a proposta de Krause, avaliando suas virtudes e dificuldades com relação ao problema que busca atacar. Iniciaremos na subseção 3.1 contextualizando o problema. Faremos então, em 3.2, uma exposição da teoria como esta foi inicialmente desenvolvida, sem levar em conta demais considerações relacionadas ao realismo estrutural. Na subseção 3.3 apresentaremos a proposta de Krause, conforme o artigo mencionado. Por fim, na subseção 3.4, apontaremos aquilo que julgamos problemas na sugestão de Krause, mas argumentaremos em favor da adequabilidade da teoria para representar as estruturas da variante conhecida como REO moderado, e não do REO eliminativista proposto originalmente.

4.1 INTRODUÇÃO

No capítulo inicial desta dissertação, discutimos algumas das principais variantes de RE que se desenvolveram a partir do artigo inaugural de Worrall (1989). Vimos que a partir das contribuições de Ladyman e French há um desvio relevante nos rumos deste programa de pesquisa, que deixa de ser uma tese epistemológica (que faz afirmações acerca daquilo que podemos conhecer) para tornar-se uma tese ontológica (que faz afirmações acerca daquilo que existe). Apesar de a noção de “estrutura” ser central para o REO, no entanto, nenhuma definição que especificasse o conceito com exatidão foi oferecida por seus proponentes. E, afinal, se o que se afirma é que “tudo que existe são estruturas”, tese central por trás do REO, determinar com precisão o que são essas estruturas, além do nível intuitivo e preferencialmente dentro de um arcabouço formal, é essencial dado o interesse nesse tipo de investigação. Em outras palavras, há pouco mérito em afirmarmos que tudo que existe são estruturas se não conseguimos dizer o que são elas de fato, ou em defender uma forma de realismo sem que fique claro acerca de quê exatamente devemos ser realistas.

Seria uma omissão injusta, no entanto, ignorar as pistas dadas a respeito da noção de estruturas que os defensores do REO provavelmente têm em mente. Em Ladyman (1998), por exemplo, é sugerido que o REO deve ser discutido no contexto da ASEM, a abordagem de teorias que as enxerga, *grosso modo*, como uma família de modelos. As motivações de Ladyman vão desde o modo como a abordagem enfatiza a noção de modelos (e, conseqüentemente, de estruturas matemáticas) até a preferência natural do filósofo pela


ASEM enquanto rival da ASIN, que julga obsoleta. Adicionalmente, Ladyman sustenta que a versão da ASEM preferível seria a abordagem por estruturas parciais, que é formulada já com o objetivo de acomodar relações diacrônicas entre teorias, fenômeno que está no centro das discussões sobre o realismo estrutural, uma vez que tem como motivação principal a constatação de que há continuidade estrutural durante trocas de teorias.

Ao que tudo indica, portanto, a noção de estruturas que os proponentes do REO têm em mente, embora nenhuma proposta explícita tenha sido oferecida, seja uma noção conjuntista¹⁶. Isso porque estruturas, sejam totais ou parciais, são objetos matemáticos tradicionalmente construídos dentro da teoria de conjuntos, através daquele processo iterativo que esboçamos no capítulo anterior.

Assim, nos deparamos com a seguinte dificuldade: como é possível a obtenção de estruturas conjuntistas, que são, grosso modo, objetos matemáticos constituídos por um conjunto e relações obtidas entre os elementos deste conjunto, se ao mesmo tempo desejamos nos livrar dos próprios elementos que estão na base dessa ideia? Em outras palavras, como fazer sentido da ideia de relações ao abdicarmos dos relata, os elementos relacionáveis que tradicionalmente as constituem, entidades as quais o REO procura eliminar de sua ontologia?

Krause (2005) sugere que há uma possibilidade de caracterizarmos estruturas formalmente e de acordo com os requisitos do REO: podemos usar o conceito de *quase-relações*, definido na teoria de quase-conjuntos, para representar a ideia de relações que “não dependem dos objetos particulares que são relacionados por ela” (KRAUSE, 2005, p. 15). Antes de discutirmos seus argumentos, e avaliarmos os méritos de sua proposta, faremos uma breve exposição da teoria, ressaltando o contexto no qual ela foi originalmente proposta e explicitando seus axiomas e teoremas mais importantes, cujo papel na teoria será explicado.

4.2 A TEORIA DE QUASE-CONJUNTOS

Apresentaremos agora a teoria de quase-conjuntos . Não nos alongaremos na exposição: será suficiente para nosso propósito fornecer seus axiomas, a motivação por trás deles e apresentar uma parte de seu desenvolvimento formal. Nosso intuito é unicamente o de dar uma noção de como a teoria funciona para que se possa assim avaliar a proposta de

¹⁶Na verdade foi sugerido também que a noção de estruturas que interessa ao REO pode ser melhor capturada através da *teoria de categorias* (ver Bain, 2013). French, no entanto, rejeita a hipótese pois além de considerar que ela opera em um “nível de abstração muito alto para que sirva aos propósitos realistas” (French, 2015, p. 4), também é cético a respeito da ideia, propagada por seus proponentes, de que ela elimina naturalmente os objetos relevantes enquanto as relações são mantidas.

Krause referente à aplicabilidade da teoria em questões associadas ao REO. Para esta exposição, seguiremos Arenhart e Krause (2015).

A teoria de quase-conjuntos é uma extensão da teoria de conjuntos construída a partir dos axiomas de ZFU (a teoria de conjuntos de Zermelo-Fraenkel com *Urelemente*). Sua novidade com relação à ZFU consiste no fato de esta possuir, em vez de um, dois tipos de *urelemente*, denominados ‘*m*-átomos’ e ‘*M*-átomos’.

Por ‘*M*-átomo’ devemos entender o elemento que representa “objetos clássicos”, isto é, aquelas entidades que possuem condições de identidade bem definidas. Para citar alguns exemplos, entendemos como “objetos clássicos” a Lua, cadeiras, os pontos materiais dos quais trata a mecânica clássica, etc. Em suma, objetos cuja distinção numérica implica necessariamente em os objetos possuam propriedades distintas uns dos outros. Podemos afirmar então que, seguindo essa nomenclatura, todos os *Urelemente* dos quais trata ZFU são análogos aos *M*-átomos de \mathfrak{Q} .

Já os objetos da mecânica quântica de mesmo tipo (digamos, elétrons), se concebidos segundo a interpretação que os vê como não-indivíduos, isto é, objetos para os quais a ideia de identidade não se aplica, são representados em \mathfrak{Q} pelos ‘*m*-átomos’¹⁷. Esta é a grande motivação por trás do desenvolvimento de \mathfrak{Q} : fornecer ferramentas para lidarmos matematicamente com entidades indiscerníveis, que façam parte de “coleções cujo cardinal é maior que 1 e, no entanto, não conseguimos distinguir seus elementos uns dos outros” (Arenhart e Krause, 2015, p. 1).

Por fim chamamos de *quase-conjuntos* às coleções de objetos da teoria \mathfrak{Q} , que podem ser *M*-átomos, *m*-átomos ou, ainda, outros quase-conjuntos.

Antes de expor efetivamente a teoria, é importante explicitarmos a linguagem $\mathfrak{L}_{\mathfrak{Q}}$ na qual ela é escrita. Ela é composta pelas seguintes categorias de símbolos primitivos:

conectivos proposicionais: \neg e \rightarrow

o quantificador universal: \forall

uma coleção denumerável de variáveis: x_1, \dots, x_n, \dots (usaremos x, y, \dots para nos referirmos a elas).

dois predicados binários: \in e \equiv

¹⁷Na verdade, não é consenso na filosofia a tese de que partículas quânticas não possuem identidade, sendo essa antes uma das posições possíveis no debate metafísico sobre sua individualidade. É, no entanto, a interpretação mais difundida e aceita, originada com alguns dos fundadores da mecânica quântica, como Schrödinger e Weyl, e é por conta disso conhecida como *received view* (não confundir com a *received view* de teorias científicas). Discutimos brevemente a questão quando tratamos das motivações por trás do realismo estrutural ontológico de James Ladyman, no primeiro capítulo. Para uma discussão mais aprofundada sobre a questão, o que foge do escopo deste trabalho, ver French e Krause (2006).

três predicados unários: m , M e Z e

um símbolo funcional unário: qc

Os símbolos lógicos listados em (i) e (ii) são interpretados da maneira usual, conforme a lógica de primeira-ordem. Por simplicidade de notação deixamos de fora os demais conectivos, bem como o quantificador existencial. Estes podem ser prontamente introduzidos a partir de definição abreviativa, da maneira usual.

Os termos de $\mathcal{L}_{\mathcal{Q}}$ são as variáveis individuais mencionadas em (iii), que percorrem um universo constituído de quase-conjuntos e dos dois tipos de átomos mencionados, além de expressões da forma $qc(x)$, onde x é uma variável individual. A expressão $qc(x)$ denota ‘quase-cardinal de x ’, um conceito análogo ao de número cardinal na teoria dos conjuntos tradicional (que indica o número de elementos pertencentes ao conjunto). Definimos as fórmulas de $\mathcal{L}_{\mathcal{Q}}$ da maneira usual: $m(x)$ significa ‘ x é um micro-objeto’; $M(x)$ significa que ‘ x é um macro-objeto’; $Z(x)$ significa ‘ x é um conjunto’. Outra das novidades de \mathcal{Q} é a introdução do predicado binário *indistinguibilidade* $=$. A expressão $x = y$ significa ‘ x é indiscernível (ou indistinguível) de y ’. Por sua vez, $x \in y$ possui o sentido conjuntista usual: ‘ x pertence a y ’.

Uma possibilidade dentro da teoria é que estejamos trabalhando com a “parte clássica” de \mathcal{Q} , isto é, com coleções compostas unicamente por M -átomos e pelo conjunto vazio. Podemos inclusive abdicar dos M -átomos e usar a teoria sem fazer uso de qualquer *Urelemente*.¹⁸ A parte interessante da teoria, no entanto, revela-se quando incluímos os m -átomos. Neste caso podemos ter quase-conjuntos -- chamados de *puros* -- compostos unicamente desses micro-objetos, onde todos os elementos da coleção são indistinguíveis entre si. Essa não é a única possibilidade, porém: quase-conjuntos podem ser também compostos por m -átomos de categorias distintas. Por fim, há ainda os quase-conjuntos ditos *mistos*: coleções que compreendem entre seus elementos tanto m -átomos como M -átomos.

Antes de fornecermos os axiomas, faremos alguns comentários introdutórios que ajudarão a motivá-los, acerca de ideias intuitivas adicionais. Uma noção importante é a de número quase-cardinal que, como já mencionamos, é representado pelo símbolo funcional qc . Alguns quase-conjuntos possuem um número quase-cardinal associado, o que representamos simbolicamente através da expressão $qc(x)$. Sobre o conceito, é importante ressaltar também que ele é tomado como primitivo na teoria, uma vez que não pode ser definido através dos

¹⁸A parte da teoria mencionada no primeiro dos casos (na qual figuram apenas M -átomos e o conjunto vazio) é um modelo de ZFU. No segundo caso, sem *Urelemente*, de ZFC.

meios usuais (isto é, como ordinais particulares). Isso porque alguns quase-conjuntos, especificamente aqueles que possuem m -átomos entre seus elementos, não podem ser ordenados, uma vez que alguns de seus elementos entram em relações de *indiscernibilidade* entre si. De modo que não podemos atribuir um número ordinal, como fazemos em ZFU, a estes conjuntos. Este fato está de acordo com a ideia de que não podemos ordenar ou contar partículas quânticas de mesmo tipo (*kind*) como, por exemplo, partículas emaranhadas, mas conseguimos lidar com elas quando consideramos as coleções das quais fazem parte. Ainda assim, não conseguimos nomear as partículas que fazem parte deste agregado para que possamos ordená-las ou contá-las, uma vez que são indiscerníveis, e o conceito de quase-cardinal tomado como primitivo é coerente com esse fato.

Outra consideração importante é que não há a obrigação de que a lógica subjacente a \mathfrak{Q} seja a lógica de primeira-ordem, como feito aqui. Poderíamos, por exemplo, construir a teoria usando alguma linguagem de segunda-ordem. Ocorre apenas que, neste caso, alguns dos axiomas que listaremos abaixo teriam que ser reescritos apropriadamente como fórmulas da nova linguagem. A opção por uma linguagem de primeira-ordem se dá, entretanto, “por sua simplicidade e porque é a lógica usualmente empregada hoje em dia na apresentação da maior parte das teorias dos conjuntos” (ARENHART; KRAUSE, 2015, p. 2).

4.2.1 Axiomas Estruturais

Uma vez que temos átomos de dois tipos (m -átomos e M -átomos), devemos especificar como eles se relacionam entre si, e de que forma se relacionam com as coleções da teoria, os quase-conjuntos. Isso é feito através dos axiomas da teoria, que devem refletir as motivações da física quântica que pretendemos capturar com \mathfrak{Q} . Entre as exigências que devemos fazer, então, destacamos a ideia de que nenhum objeto possa ser ao mesmo tempo átomo dos dois tipos, e que as coleções da teoria (que chamaremos de quase-conjuntos) serão definidas como objetos que não são átomos mas podem tê-los como elementos. Assim, temos:

Definição 1 (Quase-conjuntos): $Q(x) := \neg m(x) \wedge \neg M(x)$ (Ou seja: quase-conjuntos não são átomos.)

Definição 2:

$P(x) := Q(x) \wedge \forall y(y \in x \rightarrow m(y)) \wedge \forall y \forall z(x \in z \wedge z \in x \rightarrow y = z)$ (Ou seja: x é um quase-conjunto puro se possui apenas m -átomos como elementos, que são indiscerníveis uns dos outros)

$E(x) := Q(x) \wedge \forall y(y \in x \rightarrow Q(y))$ (Ou seja: x é um quase-conjunto cujos elementos são também quase-conjuntos)

$x \subseteq y := \forall z(z \in x \rightarrow z \in y)$ (Ou seja: x está contido em y , isto é, é um sub-quase-conjunto de y quando todos os elementos de x são também elementos de y .)

Axioma 1: $\forall x \neg(m(x) \wedge M(x))$ (Ou seja: nenhuma entidade é, ao mesmo tempo, m -átomo e M -átomo.)

Axioma 2: $\forall x \forall y(x \in y \rightarrow Q(y))$ (Ou seja: todo objeto da teoria que possua elementos, é um quase-conjunto. Assim, átomos de qualquer tipo (ou Urelemente) são vazios.)

Como já falamos, os micro-objetos ou m -átomos são os objetos da teoria que representam *não-indivíduos*. Essa ideia é representada em \mathfrak{Q} ao fazermos com que eles não possam entrar em relações de identidade, mas apenas nas relações (mais fracas) de indistinguibilidade, da qual já falamos. Esse fato é expresso na teoria do seguinte modo: como não está presente na linguagem como símbolo primitivo o sinal usual de identidade $=$, precisamos inseri-lo mediante uma definição e, através desta, estipulamos que ele não pode ser utilizado para relacionar m -átomos. Temos então que:

Definição 3 (Identidade):

$x = y := [(Q(x) \wedge Q(y) \wedge \forall z(z \in x \rightarrow z \in y)) \vee (M(x) \wedge M(y) \wedge \forall z(x \in z \rightarrow y \in z))]$ (Ou seja: objetos idênticos são ou quase-conjuntos compostos pelos mesmos elementos, ou M -átomos que pertencem aos mesmos quase-conjuntos.)

Seguem abaixo alguns teoremas que são derivados a partir dos axiomas fornecidos até o momento e da definição de identidade:

Teorema 1: $\forall x \forall y(x = y \rightarrow \neg m(x) \wedge \neg m(y))$ (Ou seja: se dois objetos são iguais, nenhum deles é um m -átomo.)

Teorema 2: $\forall x(M(x) \vee Q(x) \rightarrow x = x)$ (Ou seja: a identidade é reflexiva.)

Precisamos também de axiomas que assegurem outras das propriedades tradicionalmente associadas à relação de identidade em sistemas de primeira ordem, como simetria e transitividade. Temos então que:

Axioma 3: $\forall x \forall y (x = y \rightarrow (\alpha(x) \rightarrow \alpha(y)))$ (Ou seja: $\alpha(x)$ é uma fórmula onde x é livre e $\alpha(y)$ resulta da substituição de algumas ocorrências de x por y , sendo que y é livre para x em α .)

Listaremos agora os axiomas e teoremas que se encarregam da relação de indistinguibilidade:

Axioma 4:

(=1) $\forall x (x = x)$ (Ou seja: a relação de indiscernibilidade é reflexiva.)

(=2) $\forall x \forall y (x = y \rightarrow y = x)$ (Ou seja: a relação de indiscernibilidade é simétrica.)

(=3) $\forall x (x = y \wedge y = z \rightarrow x = z)$ (Ou seja: a relação de indiscernibilidade é transitiva.)

Quando tratamos de “objetos clássicos”, as relações de identidade e indistinguibilidade devem ser equivalentes. Isto é, a lei de Leibniz (PII) deve valer para esses objetos, que caso sejam idênticos devemos assumir que são também indistinguíveis, e vice-versa. Isso é imposto na teoria através do conceito de *Dinge* (“Coisas”), introduzido através de uma definição e um axioma:

Definição 4 (Dinge): $D(x) := Z(x)(x = y \wedge y = z \rightarrow x = z)$ (Ou seja: *Dinge* são objetos clássicos, isto é, M -átomos ou conjuntos.)

Axioma 5: $\forall_D x \forall y (x = y \rightarrow x = y)$ (Ou seja: *Dinge* indiscerníveis são idênticos.)

Note que este axioma emprega o quantificador relativizado \forall_D , cujo alcance restringe-se àqueles objetos que satisfazem D , isto é, aos *Dinge*. A partir deste axioma podemos derivar os seguintes teoremas:

Teorema 3: $\forall_D x \forall y (D(x) \wedge x = y \rightarrow x = y)$ (Ou seja: *Dinge* idênticos são indiscerníveis.)

Teorema 4: $\forall x \forall y (M(x) \wedge x = y \rightarrow M(y))$ (Ou seja: todo objeto indiscernível de um M -átomo é também um M -átomo.)

Estes resultados nos mostram que a relação de indistinguibilidade é compatível com M e Z . Devemos então garantir que ela também valha para Q e m , já que são eles, afinal, que verdadeiramente justificam a necessidade de sua existência na teoria. No caso de m , estabelecemos esta compatibilidade através do seguinte axioma:

Axioma 6: $\forall x \forall y (m(x) \wedge x = y \rightarrow m(y))$ (Ou seja: todo objeto indiscernível de um m -átomo é também um m -átomo.)

A partir do Axioma 6 derivamos o seguinte teorema, que garante que haja compatibilidade entre $=$ e Q :

Teorema 5: $\forall x \forall y (Q(x) \wedge x = y \rightarrow Q(y))$ (Ou seja: todo objeto indiscernível de um *quase-conjunto* é também um *quase-conjunto*.)

Estes resultados garantem que, como desejado, a relação de indiscernibilidade seja uma relação de equivalência, ao satisfazer as propriedades de *reflexividade*, *simetria*, e *transitividade*. Essa ideia está de acordo com a noção intuitiva de que objetos indistinguíveis devam possuir as mesmas propriedades. Por sua vez, essas relações (de indiscernibilidade e identidade) distinguem-se por não impormos a necessidade de que m -átomos, ainda que possam ser indistinguíveis, devam obrigatoriamente pertencer aos mesmos conjuntos.

Axioma 7: $\forall x (Z(x) \rightarrow Q(x))$ (Ou seja: conjuntos são *quase-conjuntos*.)

Teorema 6 (Extensionalidade para conjuntos):
 $\forall x \forall y (\forall z (z \in x \leftrightarrow z \in y) \rightarrow x = y)$ (Ou seja: conjuntos que possuem os mesmos elementos são idênticos.)

Axioma 8: $\forall x \forall y ((y \in x \rightarrow D(y)) \leftrightarrow Z(x))$

O Axioma 7 garante a possibilidade de que possamos obter em Q coleções que representam coleções clássicas, identificadas pelo predicado Z da teoria, que contenham como elementos apenas M -átomos ou coleções formadas a partir do *quase-conjunto* vazio. Para tanto, é necessário que m -átomos não estejam envolvidos em nenhuma etapa da construção de seus elementos. Isso é feito postulando que objetos que satisfazem Z são tais que possuam como elementos M -átomos ou objetos que satisfazem Z , como imposto pelo Axioma 8. Garantimos assim que, intuitivamente falando, conforme examinamos os elementos de x , os elementos de seus elementos e assim sucessivamente, encontraremos apenas M -átomos e conjuntos.

4.2.2 Axiomas Existenciais

Os axiomas listados até aqui formalizam a estrutura referente à nossa concepção de átomos e quase-conjuntos. No entanto, eles não estabelecem a existência de nenhum quase-conjunto específico: isso será feito nesta subseção através dos chamados *axiomas existenciais*. Por convenção, os postulados aqui listados serão similares aos que constituem ZFU.¹⁹

Começaremos com o axioma que garante a existência do quase-conjunto vazio:

Axioma 9 (Conjunto Vazio): $\exists y \forall x \neg(x \in y)$ (Ou seja: existe um quase-conjunto que não possui elementos.)

Teorema 7: O quase-conjunto vazio é realmente um conjunto, e é único.

Como analogamente à ZFU podemos deduzir a unicidade do quase-conjunto vazio, podemos também em \mathfrak{Q} introduzir o símbolo \emptyset para denominá-lo sem ambiguidades.

O postulado seguinte é conhecido como *esquema de separação*. Dada uma fórmula α na qual a variável x encontre-se livre e na qual y não esteja livre, qualquer instância deste esquema pode ser assumida como axioma:

Axioma 10 (Esquema de Separação): $\forall z \exists y \forall x (x \in y \leftrightarrow x \in z \wedge \alpha(x))$

O axioma seguinte é o *axioma da união*, e o quase-conjunto originado por ele é denotado por \cup_x , como usual.

Axioma 11 (União): $\forall x \exists y \forall z (z \in y \leftrightarrow \exists w (w \in x \wedge z \in w))$

Postularemos agora o *quase-conjunto potência*, que é denotado pelo símbolo $\mathcal{P}(x)$:

Axioma 12 (Potência): $\forall x \exists y \forall z (z \in y \leftrightarrow z \sqsubseteq x)$

O axioma seguinte é análogo ao *axioma do par* da teoria de conjuntos usual. Com ele garantimos que para todo objeto x e y , há sempre um quase-conjunto que contenha aos dois como elementos.

¹⁹. Poderíamos também erigir \mathfrak{Q} com base nos axiomas de alguma outra teoria dos conjuntos, como Kelley-Morse ou von Neumann-Bernays-Gödel.

Axioma 13 (Par): $\forall x \forall y \exists z (x \in z \wedge y \in z)$

Com os postulados listados até aqui podemos introduzir as operações usuais de união, par, potência, intersecção e diferença de quase-conjuntos, bem como provar suas propriedades usuais, de maneira similar ao caso “clássico”. A noção de par ordenado fraco pode ser definida da maneira usual, a partir de pares não-ordenados fracos. Da mesma forma que no caso não-ordenado, ela será relativa à um quase-conjunto z :

Definição 14 (Par ordenado fraco): $(x, y)_z := [[x]_z, [x, y]_z]_{P(F(z))}$

Com esta definição podemos introduzir o produto cartesiano entre dois quase-conjuntos. Mais uma vez devemos lembrar que só podemos tratar de pares ordenados em \mathfrak{Q} relativos a um quase-conjunto z dado. Assim, definimos:

Definição 15 (Produto cartesiano):

$$u \times v := [(x, y)_{u \cup v} \in P(P(u \cup v)) : x \in u \wedge y \in v]$$

Mostraremos agora como podemos definir relações e funções na teoria de quase-conjuntos. Primeiramente, é preciso entender que essas noções não podem ser definidas como fazemos na matemática padrão, uma vez que aqui temos que lidar também com os m -átomos. Como vimos, esses elementos carecem de identidade, de modo que não temos meios para distinguir entre eles caso pertençam aos conjuntos domínio ou imagem. Ficamos, portanto, impossibilitados de especificar argumentos e valores, e definir esses conceitos da maneira tradicional.

Com isso em mente, definimos quase-relação em \mathfrak{Q} do seguinte modo:

Definição 16 (Quase-relação): Um quase-conjunto R é uma quase-relação binária entre os quase-conjuntos z e w caso seus elementos sejam pares ordenados fracos da forma $(x, y)_{z \cup w}$, com $x \in z$ e $y \in w$.

A partir da definição de relações binárias oferecida, podemos também generalizar para quase-relações n -árias, além de podermos definir quase-relações de equivalência e outros

conceitos de teoria de relações. Devemos tomar cuidado, no entanto, ao considerar as relações de ordem -- não conseguiremos definir quase-relações de ordem em um dado quase-conjunto caso este possua m -átomos como elementos.

Diferentemente de como procedemos para definir quase-relações, não há uma maneira direta de adaptar a definição usual de funções para a teoria de quase-conjuntos. Isso ocorre pois na matemática clássica definimos funções como relações unívocas entre objetos pertencentes ao domínio e ao contradomínio e, para fazermos isso, precisamos de relações de identidade. Como aqui elas não estão definidas para os m -átomos, precisamos empregar uma estratégia distinta, para que a parte da teoria que trata desses objetos seja contemplada:

Definição 17 (Quase-função): Uma quase-função f é uma quase-relação entre os quase-conjuntos u e v se, e somente se, f é uma quase-relação entre u e v , tal que para cada $x \in u$ existe $y \in v$, e tal que se $(x, y) \in f$ e $(w, z) \in f$, então $x = w$ e $y = z$.

Em resumo, a exigência por trás das quase-funções na teoria de quase-conjuntos é que elas possam mapear elementos indistinguíveis em elementos indistinguíveis. Quando os elementos considerados são *Dinge*, no entanto, a noção de quase-funções se reduz àquela de funções definidas conforme a teoria de conjuntos usual. Uma questão interessante surge caso consideremos propriedades específicas de certas funções, como injeção, sobrejeção e bijeção. Esses conceitos podem ser definidos em \mathfrak{Q} , mas não trataremos disso aqui. (ver French e Krause, 2006, capítulo 7).

Para concluir, listaremos os axiomas do *infinito* e da *regularidade*. Lembramos que caso estejamos lidando com *Dinge* apenas, eles se reduzem aos axiomas correspondentes da teoria de conjuntos usual:

Axioma 12 (Infinito): $\exists x(\emptyset \in x \wedge \forall y(y \in x \rightarrow y \cup \{y\}_\kappa \in x))$

Axioma 13 (Regularidade): $\forall_\kappa x(x \neq \emptyset \rightarrow \exists y \forall z(z \in x \rightarrow \neg(z \in y)))$

Com eles, concluímos o segundo grupo de axiomas de \mathfrak{Q} , os axiomas existenciais. Ressaltamos, porém, que a listagem dos axiomas que fizemos até aqui não está completa. Entre os grupos de axiomas que deixaremos de fora da exposição, estão aqueles que governam como a noção de quase-cardinal deve ser tratada na teoria, além do *axioma de extensionalidade fraca*, que generaliza o axioma de extensionalidade padrão de ZFU e cujas

consequências são também discutidas em Arenhart e Krause (2015). Acreditamos, contudo, que a teoria conforme desenvolvida até aqui é suficiente para nosso presente propósito, que é unicamente dar uma breve noção de como a teoria funciona para que possamos então avaliar a proposta de Krause.

4.3 REALISMO ESTRUTURAL ONTOLÓGICO E TEORIA DE QUASE-CONJUNTOS

Vejam agora de que modo Krause sustenta ser possível empregarmos a teoria de quase-conjuntos, apresentada nas subseções precedentes, como forma de contornar a objeção das relações sem relata. Por trás da sugestão, como já mencionamos, está a afirmação de que dentro de \mathfrak{Q} podemos caracterizar certas estruturas relacionais nas quais as relações não dependem dos elementos particulares sendo relacionados. Seguindo Krause (2006), estaremos considerando para esta discussão apenas a “parte pura” de \mathfrak{Q} , isto é, aquela que envolve exclusivamente os *m*-átomos.

Para compreendermos a sugestão de Krause, consideremos o conceito de quase-relação generalizado definido anteriormente. Quando tratamos exclusivamente de *m*-átomos, estes pares que são os elementos de R devem ser entendidos de uma maneira um pouco particular. Como a identidade não se aplica a esses objetos, devemos considerar um par ordenado $\langle z, w \rangle$ composto por *m*-átomos como uma coleção de indistinguíveis de z (que denotamos $[z]$) e uma coleção de indistinguíveis de w ou de z (denotada $[z, w]$). Faremos aqui a restrição de que ambos devam pertencer a um único quase-conjunto, digamos, A . Ou seja, apesar de similar à maneira como relações são definidas em ZF, os pares aqui considerados podem possuir mais de dois elementos: tratam-se, na verdade, de ‘pares de espécies (*kinds*)’ (Krause, 2006, p. 13). Em outros termos, uma quase-relação binária R sobre A é um quase-conjunto que obedece ao seguinte predicado: $\mathfrak{R}: \mathfrak{R}(R) =_{def} \forall z(z \in R \rightarrow \exists u \exists v (u \in A \wedge v \in A \wedge z =_F \langle u, v \rangle))$ (Krause, 2005, p. 13).

Podemos formular a questão que nos interessa aqui do seguinte modo: será que as relações são “preservadas” ainda que seus relatas sejam substituídos por seus indistinguíveis? Em outros termos, dada uma quase-relação *n*-ária R sobre um quase conjunto puro A , se temos $R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ isso implica que teremos também $R(x_1', x_2', \dots, x_n')$, no caso particular em que $x_1 = x_1'$? Segundo Krause, não podemos dar uma resposta geral e definitiva à questão, pois a resposta dependeria da relação considerada. Se esta for, por exemplo, a relação de pertinência ‘ \sqsubset ’, constatamos facilmente que nesse caso as relações não

se preservam. Afinal não podemos inferir a partir dos axiomas da teoria que se ' $x \in y$ ', ' $x = x'$ ' e ' $y = y'$ ', então ' $x' \in y'$ '.

Há, no entanto, um sentido no qual as relações são preservadas, que se dá ao considerarmos as *vizinhanças* (*surroundings*) do quase-conjunto A (Krause, 2005, p. 14). Definimos o conceito de vizinhança de A relativo a um quase-conjunto D como $Sur_D A =_{def} [(y \in D): (y = x) \wedge (x \in A)]$ Ou seja, uma vizinhança de A é um quase-conjunto D onde seus elementos são indistinguíveis dos elementos de A . Podemos entender $Sur_D(A)$, heurísticamente, como as vizinhanças com as quais A pode “trocar” elementos. Assim, supondo que R seja a extensão de R a $Sur_D(A)$, isso significa que R é o quase-conjunto de todos os “pares” (x, y) , com x e y em $Sur_D(A)$, de forma que teremos $(x, y) \in R$ sempre que $(x, y) \in A$. Com isso em mente, podemos provar o seguinte teorema:

Teorema 8: Se $A \subseteq D$; $x, y \in A$ e $R(x, y)$, onde R é uma quase-relação sobre A , então existem $x', y' \in D$ tais que $x = x'$ e $y = y'$, de modo que $R(x', y')$.

Corolário 1: Se $S = (D, R_1)$ é uma estrutura sobre D e se $E = D$, então $S' = (E, R_1)$ é uma estrutura sobre E .

Corolário 2: Se uma fórmula α for verdadeira em S , então α também será verdadeira em S' .

Definição 18: Dizemos que $S = (D, R_1)$ e $S' = (E, R_1)$ são da mesma espécie se $D = E$.

Em suma, esta é a noção de *quase-relações* que pode, segundo Krause, ser útil ao defensor do REO. Resta ainda discutir de que forma podemos usar o conceito para responder à objeção das relações sem relata. Sobre isso nos diz Steinle (2010):

Se estivermos trabalhando não em uma teoria de conjuntos, mas em uma teoria de quase-conjuntos, há uma maneira de termos relações sem os *particulares relata*. Isto é, os *relata* passam a figurar não como indivíduos, mas como *espécies* (*kinds*) ou *tipos* (*sorts*) de *não-indivíduos*, entendendo por não-indivíduos elementos aos quais não se aplica a relação de identidade, tal como visto anteriormente. Assim, embora (ainda) não possamos “eliminar” por completo os *relata*, podemos, no sentido explanado acima, “desconsiderá-los” como indivíduos particulares (STEINLE, 2010, p. 43).

Ou seja, no cerne da proposta de Krause está a noção de quase-conjuntos e suas vizinhanças no sentido esboçado acima nos permitem caracterizar estruturas relacionais no

sentido usual, e de um modo que a noção que assim alcançamos seja coerente com os propósitos dos REO: estruturas assim concebidas, afinal, não dependem dos elementos específicos que relacionam (enquanto indivíduos). Ou, em outras palavras, a sugestão de Krause é que por meio dessa abordagem conseguimos representar os efeitos, por meio das relações relevantes, sem especificar os indivíduos que produzem esses efeitos, e essa é, supostamente, uma solução parcial ao problema das relações sem relata.

Assim, se a motivação para o desenvolvimento da teoria de quase-conjuntos é providenciar um suporte matemático mais adequado à mecânica quântica, assumindo que buscamos uma representação coerente da ideia de que nosso compromisso ontológico não se estende à identidade das partículas elementares, parece haver uma afinidade natural entre os métodos quase-conjuntistas e o REO. De forma que para constatar se esse é o caso, isto é, se essa afinidade é real e merece ser explorada com mais profundidade, resta aplicar o método quase-conjuntista proposto por Krause às principais variantes do REO²⁰ e ver o que resulta daí.

4.4 CRÍTICAS À PROPOSTA E UMA SUGESTÃO

Podemos resumir a proposta de Krause (2005), discutida nas subseções precedentes, do seguinte modo: se adotarmos a teoria de quase-conjuntos, o que parece conveniente já que trata-se de uma extensão da teoria dos conjuntos e o REO é em boa parte desenvolvido por defensores da ASEM, há uma maneira de termos relações sem os relata particulares. Neste caso, os relata figuram apenas como espécies (*kinds*) de não-indivíduos que, como discutido, são elementos (representados na teoria pelos *m*-átomos) aos quais não se aplica a relação de identidade. Além disso, o fato de que a teoria de quase-conjuntos foi desenvolvida para lidar com questões filosóficas suscitadas pela mecânica quântica é um motivador adicional, pois o mesmo pode ser dito a respeito do REO. Ou seja, se levarmos em conta que a teoria de quase-conjuntos fornece um suporte matemático filosoficamente adequado à física quântica, parece razoável supor que ela também o forneça ao REO.

É importante ressaltarmos, porém, que na época em que foi escrito o artigo de Krause, as discussões sobre realismo estrutural concentravam-se na versão do REO como este vinha sendo desenvolvido por French e Ladyman (conhecido como REO1 na caracterização proposta por Ainsworth [2009]). É esta variante, portanto, que Krause tem em mente quando

²⁰De acordo com a classificação que discutimos no primeiro capítulo dessa dissertação, proposta em Ainsworth (2009).

propõe a adoção da teoria de quase-conjuntos como arcabouço matemático de suporte ao REO, e é levando esse ponto em consideração que inicialmente avaliaremos os méritos de sua sugestão.

De acordo com o REO1, grosso modo, as relações possuem primazia ontológica perante os objetos e propriedades. Podemos ainda subdividir o REO1 nas versões eliminativista (defendida por Steven French) e na não-eliminativista (atualmente defendida por James Ladyman). A primeira delas, que elimina por completo da ontologia objetos e propriedades, parece ter pouco a ganhar com a caracterização das estruturas por meios quase-conjuntistas (já que os objetos subsistem na teoria na forma de não-indivíduos, conforme a citação de Steinle deixa claro). Como não há uma contraparte ontológica a esses objetos que figuram como não-indivíduos (os m-átomos) nas estruturas da teoria, e sendo estes imprescindíveis à definição das quase-relações (que para serem definidas dependem dos objetos que serão relacionados), a caracterização quase-conjuntista parece nada ter a oferecer do ponto de vista formal à estrutura que o realista pretende capturar formalmente. Esse ponto também é discutido em Arenhart e Bueno (2014, p. 121):

[...] pode-se pensar que a teoria de quase-conjuntos poderia evitar o comprometimento com objetos. Será que isso avalia o fardo carregado pelo REO? Não exatamente. Mesmo que alguns filósofos tenham levantado a ideia de que a mecânica quântica com não-indivíduos é uma versão do REO (em particular, ver Votsis 2011), esta é ainda uma ontologia orientada a objetos. Não-indivíduos, como entendido na teoria de quase-conjuntos, são objetos: quantificamos sobre eles; eles possuem certas propriedades (e não outras), e entram em relações com outras coisas. Como French (2010, p. 94) deixa claro, o REO não se livra da individualidade dos objetos, mas dos objetos como um todo, sejam eles indivíduos ou não. Isto é importante, já que uma das principais motivações para o REO está na indeterminação metafísica entre os pacotes metafísicos de indivíduos e não-indivíduos. Assim, adotar um pacote metafísico alternativo ao permitir uma forma de teoria dos conjuntos sem indivíduos não deveria ser visto como se estivesse aliviando o fardo carregado pelo REO. Não-indivíduos também são objetos -- e adotar este caminho é em último caso aceitar o comprometimento com objetos.

Ou seja, quando consideramos que o objetivo de capturar a natureza das estruturas através de um arcabouço matemático seja especificar em relação a que, de fato, se direciona o realismo de defensores do REO, fica claro que, ao menos no contexto do REO1 eliminativista, a TQC é inadequada para o propósito. Isto porque inevitavelmente ela pressupõe objetos -- o fato de que esses não possuem identidade é de pouca relevância aqui. Em outras palavras, a estrutura relevante para o defensor do REO1 eliminativista *não é* quase-conjuntista.

A versão não-eliminativista do REO1, por sua vez, aceita a existência de objetos. Estes são, no entanto, ontologicamente secundários, pois derivam das relações. Será que nesse caso

é conveniente a representação por meio de estruturas quase-conjuntistas? Para responder a essa questão é necessário, inicialmente, uma análise sobre o tipo de *objeto-derivado-de-relações* que se pressupõe aqui. Em relação a esse ponto, nos diz Ainsworth (2009):

O defensor do REO1 não-eliminativista não nega a existência de objetos, mesmo no nível da física fundamental (nega apenas que estes sejam ontologicamente primitivos). Parece então que o REO1 não-eliminativista não ajuda a evitar a tal subdeterminação: se os objetos quânticos ainda existem de acordo com o REO1 não-eliminativista então ainda há subdeterminação quanto a eles serem ou não indivíduos (AINSWORTH, 2009).

Há, portanto, uma subdeterminação na maneira de se compreender objetos no contexto do REO não-eliminativista: os objetos que defendem são indivíduos ou não? Mostraremos que independente de como se dê a discussão a respeito da identidade desses objetos, ainda assim a TQC parece ser mais uma vez inadequada como arcabouço formal capaz de representar as estruturas relevantes.

Quanto a esse ponto, duas opções estão abertas ao defensor do REO que pretenda manter a noção de objetos como de alguma forma sendo derivados a partir de relações, são elas: (i) objetos como indivíduos ou (ii) objetos como não-indivíduos. Caso a opção seja pela tese (i), a caracterização é melhor realizada por meio de uma teoria dos conjuntos usual. Além disso, a TQC é inadequada uma vez que elimina a identidade dos indivíduos. Em uma TC usual ela pode ser feita, por exemplo, ao seguirmos aquilo que French denomina *manobra de Poincaré*: a estruturas devem ser lidas da direita para a esquerda, isto é, primeiro vêm as relações e depois os objetos, que são definidos a partir destas. A identidade dos objetos nesse cenário, portanto, é dada de forma extensional -- objetos são individualizados através das relações em que entram (uma espécie de *bundle theory* de relações).

Uma das dificuldades associadas a essa visão é a seguinte: como fazer sentido dessa concepção iterativa de formação de estruturas conjuntistas, na qual objetos dependem das relações mas estas são, também, dependentes dos objetos que as constituem? Uma maneira de abordar o problema é manter que não há um nível último e fundamental na realidade. Assim, todos os objetos são conceitualizados em termos de relações que serão, por sua vez, constituídas pelos objetos que entram nelas e assim sucessivamente, tese comumente descrita como admitindo a existência de *relations all the way down*. Independente do tratamento que se dê a essas questões, no entanto, não há motivos para o emprego da TQC como aparato representacional, uma vez que podemos para isso dispor da TC padrão, mais simples e sólida, de modo que a sugestão de Krause parece não encontrar aplicação neste cenário.

E se assumirmos que os objetos aceitos pelo REO1 não-eliminativista são não-indivíduos? Mais uma vez a TQC parece ser inadequada. A dificuldade aqui é a seguinte: como inicialmente concebida, partículas quânticas (que são, supostamente, as entidades que o defensor do REO1 aceita como objetos em sua ontologia) são representadas na teoria por meio dos m -átomos. O REO1 não-eliminativista, no entanto, mantém que esses objetos devem ser reconceitualizados por meio de relações, afinal sua existência é derivada a partir delas. Não é claro, contudo, como podemos fazer isso dentro da teoria: como exposto, m -átomos são urelemente e não supostos quase-conjuntos de relações. De modo que estruturas quase-conjuntistas “puras” da forma $S = \langle D, R \rangle$ falham em especificar adequadamente as estruturas a respeito das quais defensores do REO1 devam ser realistas. Por exemplo, a manobra de Poincaré (que consiste na leitura ontológica da direita para a esquerda) parece não funcionar uma vez que não é claro como possamos conceitualizar os objetos de uma estrutura quase-conjuntista por meio de quase-relações. Mais ainda: a distinção entre espécies de não-indivíduos, seus *kinds*, precisa ser dada primitivamente na própria formulação da TQC, pois não pode ser conferida pelas relações. Isso trai a motivação estruturalista.

Conforme discutimos até aqui, a teoria de quase-conjuntos parece ser inadequada ao REO1, em qualquer uma de suas versões. Mas e quanto ao REO2, associado principalmente aos filósofos Esfeld e Lam (2008)? Como mencionamos no primeiro capítulo, essa variante postula que objetos e relações sejam ambos ontologicamente primitivos, interdependentes, e que propriedades intrínsecas, além das relacionais, não existem. Será que a sugestão de Krause é mais frutífera quando consideramos essa teoria?

Como procedemos com o REO1, investigaremos inicialmente de que modo o REO2 encara a natureza dos objetos que admite em sua ontologia: tratam-se, afinal, de indivíduos ou não-indivíduos? A distinção principal entre a versão de Esfeld e Lam e o REO1 não-eliminativista de James Ladyman é que, segundo os primeiros, quando levamos em conta fenômenos de emaranhamento quântico e discussões acerca da individualidade de pontos espaço-temporais, não há como defendermos que objetos possam ser individualizados pelas relações (ou propriedades) em que entram:

Contudo, há casos na física onde nem relações e nem propriedades intrínsecas são capazes de fornecer condições de identidade. Sistemas quânticos de mesmo tipo cujos estados são emaranhados são indistinguíveis, embora em casos comuns haja um número definido deles que é maior que um. Esses sistemas não possuem identidade temporal. Consideração análoga se aplica a pontos espaço-temporais sob certas considerações a respeito de simetria do espaço-tempo: pontos espaço-temporais podem exibir exatamente as mesmas relações

espaço-temporais e ainda assim serem numericamente distintos (ESFELD; LAM, 2008, p. 33).

Ou seja, para Esfeld e Lam não podemos individualizar objetos através de uma *bundle theory* de qualquer tipo (relações ou propriedades), pois ainda que se saiba tanto quanto fisicamente possível a respeito dos sistemas citados, ainda assim considerá-los a partir das famílias de relações (ou propriedades) que os descrevem na teoria será ainda insuficiente para distinguir entre entidades tais como sistemas emaranhados ou pontos espaço-temporais. Tudo o que podemos dizer a esse respeito nesses casos é que há uma *distinção numérica*. Quanto a esse ponto, Esfeld e Lam nos dizem (2008, p. 33):

Nos casos onde nem as propriedades intrínsecas e nem as relações providenciam condições de identidade podemos simplesmente aceitar a distinção numérica (diversidade) – entre sistemas quânticos e pontos espaço-temporais – como primitiva. Uma distinção numérica nos diz que há um número de objetos maior que um – em muitos casos de emaranhamento quântico até mesmo um número natural definido, finito de objetos – e isso é tudo que temos como saber.

Se, como proposto, aceitarmos a distinção numérica como primitiva, podemos assumí-la como critério de individualidade aplicável aos objetos pressupostos na ontologia do REO2. A questão que se coloca, então, é a seguinte: seria a noção de estruturas que resulta daí coerente com a representação que se obtém por meio da teoria dos quase-conjuntos da maneira delineada anteriormente?

Aqui a resposta parece ser, finalmente, positiva. Consideremos, por exemplo, o caso do sistema de partículas emaranhadas. Se o único critério aceito para distinguí-las for meramente o fato de que sabemos de antemão a quantidade em se encontram embora nada mais saibamos a respeito de cada uma das partículas, estas assemelham-se aos não-indivíduos que pretende-se capturar formalmente por meio dos m -átomos. Afinal embora m -átomos de mesmo tipo sejam objetos assumidos como indistinguíveis entre si, há mecanismos na teoria que nos permitem contar entre eles, de modo a representar a *distinção numérica* sugerida Esfeld e Lam como mecanismo de individuação.

Pelo exposto parece razoável que, ao menos em princípio, a teoria dos quase-conjuntos possa ser adotada como um arcabouço matemático adequado para servir de aparato representacional coerente com as premissas metafísicas defendidas pelo defensor do REO2. Essa é, no entanto, apenas uma sugestão inicial e discussões mais aprofundadas que fogem ao escopo dessa dissertação seriam necessárias para confirmar a adequabilidade da proposta. Destacaremos aqui ao menos uma das questões que deveriam ser investigadas: de que forma as estruturas quase-conjuntistas refletem o compromisso ontológico do realista estrutural

moderado? Defensores do REO2 defendem que objetos e relações estão em pé de igualdade ontológica, enquanto nas estruturas quase-conjuntistas, de maneira análoga à teoria de conjuntos padrão, as quase-relações são definidas a partir dos m -átomos. Parece haver, portanto, um descompasso na prioridade ontológica que se atribui objetos e relações entre o REO2 e a TQC, de modo que investigações adicionais teriam que ser conduzidas para ajudar a clarificar aspectos como esse, caso a opção seja de fato pelo emprego da TQC como aqui sugerido.

5 STEVEN FRENCH E O ELIMINATIVISMO DE TEORIAS

Como vimos no capítulo anterior, a sugestão de Krause de que, no contexto do realismo estrutural, podemos caracterizar estruturas por meio da teoria de quase-conjuntos parece ser de pouca valia ao menos quando direcionada ao REO1, em qualquer uma de suas versões (eliminativista ou não-eliminativista). Em nossa discussão, foi sugerido que talvez o emprego da teoria de quase-conjuntos fosse mais frutífero se, em vez disso, esta fosse associada à versão moderada do realismo estrutural (REO2 na nomenclatura de Ainsworth), proposta por Esfeld e Lam. Nossa sugestão, no entanto, baseou-se unicamente na comparação entre certos aspectos que motivam ambas as teorias (que, numa primeira análise, não parecem incompatíveis), de modo que uma análise mais aprofundada seria ainda necessária para constatar se a associação entre o REO2 e a teoria de quase-conjuntos é, de fato, promissora.

Neste capítulo, discutiremos de que forma Steven French, principal defensor do REO1 eliminativista, tenta lidar com a tensão entre a ASEM e os compromissos ontológicos assumidos por sua versão do REO, com base em seu artigo de 2017 “(Structural) realism and its representational vehicles”. Como forma de desvincular sua tese de objeções lançadas a ASEM, French defende, grosso modo, uma teoria de *truthmakers* através da qual sustenta uma espécie de eliminativismo de teorias. Faremos inicialmente uma exposição das ideias apresentadas no artigo e, finalmente, argumentaremos contra sua proposta que, conforme compreendemos, também não está livre de dificuldades.

5.1 INTRODUÇÃO

French inicia o artigo buscando clarificar questões internas ao modo como compreende a ASEM, visando contornar objeções relacionadas de alguma forma ao “uso dual de modelos conjuntistas formais tanto para embasar a noção de verdade (como correspondência) como para representar modelos e teorias dentro da ciência” (FRENCH, 2017, p. 3315). É nessa linha, por exemplo, que Chakravartty critica a adequabilidade da ASEM como suporte a visões realistas a respeito do conteúdo do conhecimento científico (2001, p. 331):

[...] se o que se deseja é ser realista, algum tipo de enunciado que estabeleça uma correspondência entre a descrição de certo aspecto de determinado modelo e o mundo é inescapável. Para isto é necessário o emprego de formulações linguísticas, e que estas sejam interpretadas de forma que possamos entender o que os modelos nos dizem sobre o mundo é o custo inevitável do realismo. O realismo científico não pode ser sustentado a menos que estejamos dispostos a associar modelos com expressões linguísticas (como fórmulas matemáticas) e a interpretar essas expressões em termos de correspondência com o mundo. Na falta de asserções deste

tipo, não há realismo. Teorias não nos dizem nada de substantivo sobre o mundo a menos que empreguem certa linguagem.

O problema que dá origem a objeções como a de Chakravartty não se coloca, segundo French, se optamos por adotar a sugestão de Suppes e encarar teorias científicas segundo a distinção entre uma *perspectiva extrínseca* e outra *intrínseca* (Suppes, 1967, p. 60). Segundo Suppes, a caracterização intrínseca se dá quando temos “a formulação da teoria como um cálculo lógico” (SUPPES, 1967, p. 60) ou, grosso modo, quando temos teorias formuladas de acordo com os preceitos da ASIN. Ocorre, no entanto, que esta não é a única caracterização possível. Nosso interesse, Suppes continua, pode estar voltado, por exemplo, para questões referentes à própria possibilidade da axiomatização de certas teorias por meio de uma dada linguagem, digamos, a linguagem da lógica de primeira-ordem. Para que questões como essa possam ser formuladas, é preciso antes que tenhamos uma outra maneira de caracterizar a teoria que pretendemos formalizar – é esta maneira que Suppes identifica com a *caracterização extrínseca* (SUPPES, 1967, p. 60):

Uma das maneiras mais simples de providenciarmos tal caracterização extrínseca é simplesmente definir a classe de modelos pretendida da teoria. Perguntar se podemos axiomatizar uma teoria é então simplesmente perguntar se podemos enunciar um conjunto de axiomas de forma que os modelos desses axiomas sejam precisamente os modelos da classe definida.

Como exemplo para clarificar a distinção, Suppes pede para que consideremos a *teoria de um conjunto linearmente ordenado isomórfico a um conjunto de números reais sob a relação de menor-que*. A caracterização extrínseca, nesse caso, consiste em considerarmos a classe de modelos de todas as relações binárias isomórficas a uma parte da relação de menor-que para os números reais. Isto é, em um primeiro momento “designamos um modelo particular para a teoria (neste caso, a relação numérica menor-que), para então caracterizarmos a classe de modelos completa da teoria em relação a este modelo específico”. (Suppes, 1967, p. 60). A partir daí, o problema volta-se à formulação do conjunto de axiomas que vai caracterizar essa classe de modelos, sem referência alguma à relação de isomorfismo entre eles. Esta última seria, por sua vez, a caracterização intrínseca da teoria, que é dada nesse caso pelos “axiomas de ordem com a adição do axioma que garante que o conjunto ordenado deve conter em seu domínio um subconjunto contável, que seja denso com respeito à relação de ordem” (SUPPES, 1967, p. 60).

Vejamos agora a leitura que French realiza da proposta de Suppes. Segundo French, a perspectiva extrínseca seria aquela para a qual teorias podem ser caracterizadas por famílias de modelos conjuntistas (French, 2017, p. 3316). French afirma que o papel dos modelos, neste caso, está na *representação* das teorias, de acordo com os propósitos pertinentes à filosofia da ciência. Já a perspectiva intrínseca, French enxerga como aquela que vê teorias

como objetos de atitudes epistêmicas (como, por exemplo, crença). Nesse caso, modelos ainda são relevantes, mas seu papel agora é *semântico* – são eles os objetos matemáticos que devem satisfazer as sentenças lógicas relevantes, para que possamos então avaliar quanto à verdade ou falsidade das proposições à luz das teorias, segundo a usual noção Tarskiana de correspondência.²¹

Para French, assumir a distinção proposta por Suppes, da maneira particular como a compreende, é suficiente para que o defensor da ASEM contorne a objeção de Chakravartty a respeito da adequabilidade da associação entre realismo e ASEM. Afinal, sob essa ótica, teorias não são *identificadas* com coleções de modelos: esta é apenas uma maneira (que French associa à perspectiva extrínseca, na nomenclatura de Suppes) através da qual as teorias podem ser analisadas. Isto é, trata-se meramente de um de seus aspectos que pode ou não ser de interesse, a depender da análise que se pretende no momento. No caso do interesse estar voltado para a investigação da relação de teorias com os dados, ou entre teorias sucessoras (fenômeno crucial nas discussões que motivam o REO, por exemplo), a perspectiva extrínseca definitivamente parece ser mais reveladora. Por outro lado, com respeito à análise das atitudes epistêmicas que podemos tomar em relação a uma teoria, certamente a abordagem intrínseca, que (como French alega) nos permite caracterizá-las como objetos de crenças, é certamente mais adequada.²²

Esta noção de que a abordagem semântica opera exclusivamente no nível da representação informa também a resposta que French formula ao já discutido problema das relações sem relata, problema que a teoria dos quase-conjuntos também buscou resolver de algum modo. Não há dificuldades envolvidas, segundo ele, em utilizarmos objetos na nossa caracterização conjuntista de relações e estruturas, pois estamos lidando com uma representação e, como argumenta, “nossos compromissos ontológicos não precisam ser expressos na maneira como escrevemos nossas representações” (FRENCH, 2017, p. 3315). Para fazermos sentido desse argumento basta que consideremos aquilo que French denomina *manobra de Poincaré*: devemos fazer a leitura ontológica da estrutura $A = \langle S, R \rangle$ da direita para a esquerda, isto é, devemos caracterizar os elementos de S (incluindo suas propriedades e identidade) em termos de R, e não da maneira oposta, como é usual. Esse truque nos permite

²¹Ressaltamos que a ideia de que modelos podem ser vistos como fornecendo a semântica da teoria, a qual pode, por sua vez, ser objeto de crenças, é uma sugestão exclusiva de French. Suppes nada diz explicitamente a esse respeito.

²²Para um panorama geral sobre lógica da crença, ver Da Costa e French (2003).

aproveitar os recursos proporcionados pela ASEM sem que para isso seja necessário de nossa parte “compromisso ontológico com os elementos do conjunto enquanto *objetos*” (FRENCH, 2017, p. 3315). A estratégia de French, em suma, consiste em atribuir à teoria dos conjuntos a tarefa de representar as estruturas, e não de as constituir, como a seguinte citação deixa claro (2017, pp. 3324-3325):

Enquanto filósofos da ciência, empregamos vários recursos, como a ASEM, de modo a fazer o que é preciso enquanto filósofos e assim cumprir nossos objetivos. Esses recursos vêm com vantagens e desvantagens, e é possível argumentar em favor de uma visão pluralista adequada à tarefa que se tem em mãos no momento. Quando se trata de capturar relações inter-teóricas ou entre teorias e dados, como muitos eu penso que a ASEM oferece as melhores ferramentas para o trabalho. Mas seria um engano concluir a partir disso que teorias *são* conjuntistas de algum modo (FRENCH, 2017, pp. 3324-3325).

French sugere, portanto, que devemos adotar a distinção de Suppes e, conseqüentemente, não identificar teorias com nenhuma das perspectivas em específico. Esta parece, *prima facie*, uma saída razoável, dado que a manobra nos permite evitar, de uma só vez, tanto a objeção de Chakravartty quanto o problema das relações sem relata. Caso sigamos por esse caminho uma questão, no entanto, se impõe: o que são, de fato, teorias científicas? Tudo o que sabemos nesse ponto é que elas não podem ser unicamente uma coleção de modelos (a caracterização conjuntista, sua parte extrínseca) e nem podem ser consideradas meramente como conjuntos de sentenças, axiomas e regras de inferência (a caracterização proposicional, sua parte intrínseca). Qualquer que seja sua essência esta deve ser, contudo, ao menos compatível com as duas perspectivas discutidas, assumidas de antemão por French como adequadas para discutir algumas de suas características mais fundamentais.

A resposta que French providencia para essa questão no artigo citado é, contudo, um pouco contraintuitiva: seguindo a sugestão de Vickers (2013), baseado em pesquisa sobre casos de inconsistência na ciência, French afirma que teorias não existem²³. *Grosso modo*, a proposta de Vickers é motivada principalmente por dificuldades relacionadas a tentativas de representações e reconstruções de teorias científicas inconsistentes. A ideia por trás da tese, por sua vez, é que devemos abandonar o projeto de alcançarmos uma concepção unitária que abarque toda e qualquer teoria científica, pois se as entendermos de um modo mais flexível,

²³ Antes French considera outras possibilidades (inspiradas em exemplos extraídos de discussões em filosofia da arte) como, por exemplo, a tese de que teorias devam ser entendidas como entidades abstratas (2017, p. 3116) ou fictícias (2017, p.3117). A esse respeito, vale lembrar que identificar teorias com classes de modelos ou estruturas conjuntistas seria equivalente a dizer que teorias são objetos abstratos, dado que conjuntos são objetos abstratos. Não é este o caso de French, porém, e no artigo ele apenas menciona ambas as hipóteses sem discutí-las com profundidade, de modo que também não as discutiremos aqui.

com caracterizações distintas adequadas a propósitos distintos, certos problemas que surgem nos debates sobre reconstrução de teorias inconsistentes desaparecem automaticamente. Vickers propõe inclusive que o próprio conceito de *teoria científica* deva ser eliminado dos debates (2014, p. 113):

Essas considerações podem meramente nos levar a apreciar uma das razões segundo as quais tais debates são geralmente tão difíceis, e o progresso reconhecido tão lento: discordâncias sobre propriedades das, e relações entre, teorias particulares e nomeadas sobrevêm em discordâncias mais profundas acerca do conteúdo da teoria ou das teorias em questão. Mas pode-se também especular se essa relação de sobreveniência pode ser eliminada caso alguma estratégia nos permita reformular o debate. Há bastante inspiração para isso na literatura: em anos recentes reformulações de debate tem se popularizado, principalmente aquelas que apelam para a eliminação de algum conceito. Se o conceito-de-teoria está causando tanta dificuldade em tantos debates, devemos considerar o que aconteceria caso eles fossem eliminados (VICKERS, 2014, p. 113).

Discutiremos nas subseções seguinte alguns argumentos que motivam a adoção dessa posição, conhecida como *eliminativismo de teorias*, por French no artigo em questão, e de que forma sua defesa por parte do filósofo interfere no debate acerca de REO.

5.2 STEVEN FRENCH E O ELIMINATIVISMO DE TEORIAS

Segundo French, o *eliminativismo de teorias* deriva de uma estratégia inicialmente adotada em filosofia da música (que, por sua vez, a teria importado de discussões em metafísica). Conforme apresentada em Cameron (2008), a estratégia consiste em assumir uma espécie de nihilismo metafísico como *framework*, como forma de efetuar uma redução nos compromissos ontológicos assumidos. Como isso funciona? Primeiramente devemos adicionar uma forma de teoria de *truthmaker*, cuja função é estipular as condições a serem atingidas para que certas proposições sejam consideradas verdadeiras. Entretanto, enquanto tradicionalmente o *truthmaker* de afirmações do tipo ‘*x* existe’ costuma ser o próprio *x*, devemos permitir aqui que alguma outra entidade faça esse papel, para que a afirmação ‘*x* existe’ possa ser verdadeira mesmo que não haja compromisso ontológico algum de nossa parte com *x*. Entendida desse modo, “a afirmação ‘*a* existe’, por exemplo, pode ser verdadeira de acordo com alguma teoria sem que *a* seja uma entidade que devemos assumir como existindo na teoria, ou seja, sem que se incorra em um compromisso ontológico da teoria com *a*” (FRENCH, 2017, p. 3321).

O segundo passo é, então, posicionar esses *truthmakers* no nível mais fundamental de nossa ontologia. Para isso devemos, antes, traçar uma distinção entre tipos diferentes de enunciados: enunciados em linguagem comum (por exemplo, português) e enunciados que descrevem o mundo de acordo com seu nível mais fundamental, linguagem denominada

ontologês (Cameron, 2008, p. 300). A ideia por trás da distinção é que a fim de julgarmos o valor-verdade de um dado enunciado em português, devemos levar em conta o que quer que estejamos considerando como o nível ontológico mais fundamental, pois lá estará posicionado o *truthmaker* relevante para nossa afirmação.

Consideremos, por exemplo, o enunciado “existem estátuas” (FRENCH, 2017, p. 3321). Caso ele seja proferido com a intenção de descrever a realidade em seu nível mais fundamental (isto é, em *ontologês*), trata-se obviamente de um enunciado falso, uma vez que estátuas não são as entidades ontologicamente mais básicas da realidade. No entanto a afirmação “existem estátuas” como comumente proferida, em português, pode ser considerada verdadeira, já que existem elementos aceitos em nossa ontologia fundamental (digamos, átomos) que podem ser dispostos de uma maneira tal a darem forma àqueles objetos aos quais nomeamos ‘estátuas’. Em outros termos, são os átomos os *truthmakers* relevantes do exemplo (e não as estátuas), uma vez que são as entidades fundamentais que formam agregados que macroscopicamente reconhecemos como estátuas, conferindo assim significado às afirmações mundanas que fazemos acerca desses objetos.

Para ficar mais claro o que French pretende com este truque, consideremos agora o seguinte exemplo, onde French o aplica enfim ao contexto do REO (2017, p. 3321):

Assim o realista estrutural eliminativista poderia insistir que ‘existem partículas’ é uma afirmação falsa, porque no nível mais fundamental não existem partículas *qua* objetos, apenas estruturas, enquanto ‘existem partículas’ é uma afirmação verdadeira na medida em que existem estruturas arranjadas de forma a originar aquilo que associamos com partículas.

Ou seja, a estratégia nos permite falar livremente de partículas, campos, etc, quaisquer entidades físicas desejáveis ainda que nossas convicções metafísicas estejam alinhadas com as ideias do REO. E mais: é possível também acomodar a ideia de que estruturas conjuntistas são instrumentos adequados de representação (caso o intuito seja o de sustentar alguma versão da ASEM), uma vez que os objetos podem ser considerados como de certa forma “existindo” ao mesmo tempo em que, no nível ontológico mais fundamental, nosso compromisso esteja na verdade com as estruturas. Isto é, se em *ontologês* a afirmação “a estrutura a respeito da qual defensores do REO são realistas é conjuntista” parece ser falsa, uma vez que estes não aceitam em sua ontologia os objetos que estruturas conjuntistas pressupõem em sua construção, em português a afirmação pode ser considerada verdadeira na medida em que o *truthmaker* aceito para a afirmação pode estar posicionado em outro lugar e, portanto, não há compromisso ontológico algum com os objetos conjuntistas enquanto entidades fundamentais.

Entretanto, resta ainda outro ponto a esclarecer. French inicia o artigo sugerindo que a ASEM atua no nível da filosofia da ciência, como um instrumento que utilizamos para representar teorias, mas que não as constitui em si mesmas. Sabemos, no entanto, que relações de representação pressupõem dois elementos: aquele que representa e aquele que é representado. Sendo assim, fica claro que French ainda nos deve uma explicação sobre o objeto que é representado, já que, até o momento, tudo o que sabemos diz respeito à representação em si, nesse caso, obtida através dos recursos da ASEM. Que tipo de objeto, afinal, seria esse?

Para lidar com esse ponto, French propõe que o mesmo ‘truque niilista’ aplicado anteriormente, no que diz respeito à mencionada distinção entre as linguagens (usual e ontologês) e ao uso do *truthmaker*, seja aplicado às próprias teorias:

[...] ‘existem teorias’, afirmado na linguagem do nível fundamental é falso, embora ‘existem teorias’ proferido por cientistas e filósofos da ciência é verdadeiro devido aos *truthmakers* relevantes (FRENCH, 2017, p. 3321).

Ou seja, assim como ocorre com as partículas do exemplo anterior, também teorias existem (quando mencionadas na linguagem usual) apenas ao levarmos em conta aspectos externos a elas, aspectos dos quais podemos dizer que sua existência deriva. Mas quais serão, neste caso, os objetos aptos a funcionarem como *truthmakers*, para que nossas afirmações que dizem respeito à existência de teorias possam ser avaliadas quanto a seu valor-verdade? A resposta de French é direta: a *prática dos cientistas*. Mais precisamente, quaisquer aspectos da prática que possamos aceitar sem controvérsia como elementos de nossa ontologia fundamental, e que sejam suficientes para embasar nossas afirmações que façam de algum modo alusão à existência de teorias. Também a esse respeito French dá alguns exemplos (2017, p. 3322):

Consideremos afirmações que são verdadeiras *sobre* teorias, como ‘a mecânica quântica é uma teoria extremamente bem-sucedida’. Essa afirmação é tomada verdadeira pelas práticas envolvidas na derivação de novas predições, testes etc., e, crucialmente, não deve ser entendida como requerendo comprometimento com alguma entidade, seja um artefato abstrato ou fictício, chamada ‘mecânica quântica’. Ou considere a afirmação, ‘A mecânica quântica é uma teoria elegante’ – essa afirmação é tomada verdadeira ao determinarmos os aspectos da prática teórica que possuem ou associam-se com as qualidades estéticas relevantes. [...] Não há compromisso com a mecânica quântica enquanto entidade, independentemente de como esta seja concebida.

Segundo French, portanto, teorias não existem *em si*, mas apenas enquanto consideradas à luz da prática dos cientistas. Em outras palavras, a afirmação “teorias existem” proferida em ontologês é falsa, ao passo em que a mesma afirmação, em linguagem usual, é verdadeira. O que permite isso, sugere French, é aceitarmos a prática dos cientistas, isto é, as explicações

que fornecem, os métodos que utilizam, as previsões que realizam, etc, como *truthmakers* adequados para que afirmações que mencionem teorias científicas possam ser avaliadas quanto a sua veracidade.

Resta ainda responder a seguinte pergunta: se aceitarmos o eliminativismo de teorias defendido por French, o que estamos representando quando, enquanto filósofos da ciência, lidamos com a abordagem semântica? French afirma que, na verdade, tais arcabouços teóricos que adotamos para formalizar as teorias não se tratam de instrumentos de representação, sendo somente “construções que filósofos da ciência usam para fazer seu trabalho” (FRENCH, 2017, p. 3325). Assim, para French, essas construções (sejam conjuntistas ou lógico-linguísticas) possuem valor na medida em que “afirmações como ‘a ASEM é quem melhor captura as relações entre teorias e dados’ (...) são tornadas verdadeiras pelos aspectos apropriados da prática da história e filosofia da ciência” (FRENCH, 2017, p. 3324). Isto é, devemos conceber a ASEM não como constituindo as teorias, e nem como um instrumento de representação – são, antes, um constructo, algo que criamos e cujo uso é justificado ou não a depender, não de valores absolutos, mas dos tais “aspectos apropriados da prática da história e filosofia da ciência”.

Em síntese, podemos destacar dois problemas que French procura resolver através da distinção entre as linguagens usual e ontológicas e seus respectivos *truthmakers*. O primeiro deles diz respeito à possibilidade de falarmos (verdadeiramente) de objetos num cenário, defendido pelo REO1 eliminativista, no qual apenas estruturas existem. Adicionalmente, French tenta responder como podemos falar (verdadeiramente) de teorias num cenário no qual teorias não existem e, portanto, não são identificadas nem com a ASIN, nem com a ASEM. Vale ressaltar que essa recusa em reificar teorias têm origem na tentativa de contornar objeções como a de Chakravartty e o problema das relações sem relata, que dependem de identificarmos teorias com o aparato conjuntista da ASEM, como discutido no início do capítulo.

5.3 ALGUMAS CRÍTICAS À PROPOSTA DE FRENCH

Vejamos agora algumas das dificuldades que, a nosso ver, a proposta de French enfrenta. A primeira delas pode ser resumida na seguinte pergunta: de que forma assumirmos uma teoria de *truthmakers*, que podem tornar (quase trivialmente) praticamente qualquer proposição verdadeira, mesma aquelas que se referem às entidades que objetivamente queremos eliminar de nossa ontologia (como partículas ou, no caso de French, as próprias

teorias), harmoniza com a ideia de que as estruturas são as entidades metafisicamente fundamentais do mundo? As estruturas (e, conseqüentemente, as relações) parecem ter um papel central na ontologia assumida pelo REO e, no entanto, não há nada no método empregado por French que indique que as coisas sejam realmente assim, uma vez que outras coisas quaisquer podem ser aceitas como verdadeiras, basta que escolhamos um *truthmaker* adequado. Em suma, a estratégia parece banalizar a noção de verdade, que deveria ser cara ao realista.

Uma possível saída seria pressupor uma espécie de *hierarquia detrumakers*, que estabeleceria a atuação destes em diferentes níveis ontológicos. A ideia aqui é que alguns *truthmakers* assumam precedência sobre outros caso se procure decidir sobre questões metafísicas concernentes àquilo que há de mais fundamental. Para ficarmos nos exemplos oferecidos por French, não temos como, com base neles, decidir quanto ao que há de mais fundamental na realidade física, se são as “estruturas” ou a “prática dos cientistas”.

Por exemplo, levando o REO1 ao pé da letra, cientistas (e filósofos) não existem, são apenas estruturas arranjadas de certo modo. As estruturas de que fala o realista estrutural, no entanto, parecem existir apenas em decorrência da prática dos filósofos, na qual se incluem os argumentos que motivam a tese, como a MIP e o ASM. Há, em outras palavras, uma circularidade indesejável, pois não há como afirmarmos de modo inequívoco qual dos dois é mais fundamental: se as estruturas ou as práticas que deram origem ao realismo estrutural. Seria desejável aos propósitos do REO, portanto, uma extensão na teoria de *truthmakers* que a modifique visando estabelecer uma hierarquia definitiva de *truthmakers* que, por sua vez, garanta serem as estruturas de fato as entidades mais fundamentais da realidade. Ao menos até onde temos notícia, no entanto, nada nesse sentido foi proposto.

Outro problema é o que diz respeito à motivação realista que dá suporte à tese. Desde o artigo inaugural de Worrall, a constatação de que observamos continuidade estrutural inter-teórica durante revoluções científicas é oferecida como principal indício de que as estruturas desempenham um papel central na explicação do sucesso empírico de nossas melhores teorias. Esta hipótese depende da existência mesma dessas estruturas, como entidades fundamentais que existem objetivamente, no mundo. Ou seja, está pressuposta necessariamente nas origens do REO uma relação de correspondência entre teorias e o mundo (de acordo com o ASM), já que é precisamente a referência entre essas estruturas (aquelas capturadas pelas mais bem sucedidas de nossas teorias) e os aspectos do mundo objetivo que buscam descrever que nos explica por que teorias funcionam, e faz de nós realistas.

A proposta de French, no entanto, parece ser inconsistente com tal motivação ao defender que teorias devam ser eliminadas. Afinal, como é possível que estruturas sejam as entidades mais básicas e fundamentais da realidade, como defende o REO, se só temos acesso a elas através de teorias e estas, segundo French, não existem? Além disso, não é contraditório a associação entre realismo e uma posição denominada ‘nihilismo metafísico’? Questões como essas geram dificuldades adicionais a espera de novos desenvolvimentos, pois, a nosso ver, ao passo em que resolve com sucesso problemas periféricos decorrentes do REO, como a tensão entre a representação conjuntista sugerida pela ASEM e a eliminação de objetos da ontologia como requerido pelo REO, a estratégia de French acaba também tendo o efeito colateral de passar por cima de certas premissas centrais da tese, como a própria motivação realista.

Outro ponto pertinente foi levantado em Halvorson (2015): o que de fato está em jogo na ideia de que no lugar daquele objeto que chamamos usualmente de ‘teorias’ subjazem meramente conjuntos de proposições? Para Halvorson, uma vez que nosso acesso às proposições é mediado pelas sentenças que as expressam, e que este conjunto é estruturado, isto é, seus elementos relacionam-se entre si por meio de regras de inferências, a hipótese de Vickers (e de French) em vez de ser uma posição tão nihilista quanto aparenta aproxima-se, na verdade, da abordagem sintática de teorias. Nas palavras de Halvorson (2015, p. 27):

Vickers nega comprometer-se com qualquer teoria de teorias, enquanto na verdade seus argumentos assumem que cientistas são criaturas racionais que enunciam proposições, e que existem relações inferenciais entre essas proposições. Assim, acredito que o trabalho de Vickers apresente a fecundidade de uma estruturada abordagem sintática de teorias.

Como a hipótese de Halvorson, de que o eliminativismo de teorias de certa forma se aproxima da ASIN, acaba por refletir no REO? Lembramos que, desde o início, a tese foi articulada pressupondo a ASEM, principalmente por harmonizar-se naturalmente com a natureza conjuntista e estrutural desta. Será que tornar a assumir, a essa altura, um arcabouço próximo da ASIN culminaria num retorno (ao que tudo indica, indesejável) à caracterização das estruturas por meio de sentenças de Ramsey? Ou trata-se na verdade de uma abordagem sintática de natureza distinta, que tem como consequência problemas de outra ordem? Como estruturas deverão ser caracterizadas nesse caso? Não aprofundaremos no argumento de Halvorson aqui, mas pensamos que é de fato uma questão que merece atenção por parte de French se este persistir com o projeto de harmonizar o REO com o eliminativismo de teorias.

Para finalizar, será que, a exemplo de como fizemos a propósito da sugestão de Krause quanto ao emprego da teoria de quase-conjuntos, podemos aplicar com sucesso a estratégia de French em outras versões do REO? Nesse caso, porém, a resposta parece ser negativa. Defender algo na linha do eliminativismo de teorias parece ser de pouca valia para os

defensores das demais versões do REO, já que a manobra parece ter algo de positivo a acrescentar exclusivamente para o defensor de um REO1 do tipo eliminativista (e ainda assim com ressalvas, já que parece trazer problemas talvez em proporção maior do que os evita), como o que o próprio French propõe. Como sugerimos no capítulo anterior, a adoção de uma teoria de quase-conjuntos parece adequar-se bem ao REO2, e sem trazer consigo todo o revisionismo metafísico associado a ‘truque niilista’ proposto por Vickers e French. Isso nos leva a crer que o debate acerca do REO tem, independente da versão considerada, pouco a ganhar com a hipótese de que teorias não existem, e com a estratégia da divisão de linguagens entre ontologês e linguagem usual, pelo menos até que a posição receba um tratamento mais detalhado e esclarecedor.

6 CONCLUSÃO

Vimos no primeiro capítulo a importância do realismo estrutural para o debate realismo/antirrealismo científico, haja visto ser a posição, ao que tudo indica, menos vulnerável aos argumentos mais comuns oferecidos na disputa – a MIP e o ASM. Este fato somado ao inegável interesse que despertou entre filósofos da ciência a partir da publicação do artigo de Worrall em 1989, que, seja para defender ou atacar, produziram e continuam a produzir extensa literatura sobre o tema, nos parece razão suficiente para justificar a importância da tese e, por extensão, da discussão que propomos aqui.

Mais especificamente, tivemos como proposta neste trabalho a discussão de sugestões recentes sobre maneiras de abordar o conceito de estruturas no âmbito das investigações acerca do realismo estrutural, de forma a contornar objeções como, por exemplo, o problema das relações sem relata. A relevância de discussões como as que apresentamos aqui decorre da centralidade do conceito para a tese estruturalista que, não obstante, é usualmente tratado de forma vaga por seus defensores. A conclusão a que chegamos, no entanto, foi que nenhuma das propostas, ao menos se as tomarmos como apresentadas unicamente nos artigos mencionados, acaba por ser adequada quanto ao objetivo a que se propõe (embora a sugestão de Krause de unir REO e teoria de quase-conjuntos possa ser relevante se a estendermos ao REO2, como sugerimos).

Apesar das diversas objeções que enfrenta, entretanto, é nossa opinião que o REO é ainda a forma mais interessante de realismo científico. Acreditamos, por isso, que esforços no sentido de buscar uma caracterização formal do conceito de estruturas são cruciais para promover sua aceitação definitiva, afinal é necessário que o realista consiga especificar o conteúdo de seu realismo e essa parece ser, no momento, a maior dificuldade com que seus defensores se deparam.

Para uma visão geral das dificuldades envolvidas na especificação do conceito, de modo que seja coerente com os preceitos do REO, recomendamos o artigo de Arenhart e Bueno “Structuralrealism and the nature of structures” (2015). No artigo os autores defendem, entre outras dificuldades, a impossibilidade de defensores do REO de especificarem a natureza das estruturas às quais são realistas pois “se deparam com indeterminações tanto no nível matemático como no metafísico” (Arenhart e Bueno, 2015, p. 137). A primeira dessas indeterminações refere-se ao fato de que existem diversos aparatos matemáticos que podemos utilizar para caracterizar estruturas (teoria dos conjuntos, quase-conjuntos, categorias, etc.), e

a adoção de alguma entre elas só é possível, defendem os autores, por critérios pragmáticos. Isto é, se impusermos que a ciência decida por si só sobre questões metafísicas, o que está de acordo com a metafísica naturalista advogada pelos proponentes do REO, devemos lidar de algum modo com a subdeterminação mencionada a respeito da caracterização matemática das estruturas, o que acaba por comprometer o realismo da tese. Afinal, critérios pragmáticos (como simplicidade ou fecundidade) poderiam estabelecer os motivos pelos quais tais estruturas fossem aceitas por nós, mas apenas critérios epistêmicos justificariam nossa crença no fato de que elas descrevem corretamente o mundo.

Pensamos, assim, que novos trabalhos que venham a discutir propostas de caracterizações de estruturas devem lidar, de alguma forma, com as questões levantadas em Arenhart e Bueno (2015), e clarificar de que modo se evade a objeção da subdeterminação apontada pelos autores.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, P. **What is Ontic Structural Realism?** *Studies in History and Philosophy of Science, Part B*, 41(1): p. 50–57, 2010.
- ARENHART, J. R. B.; BUENO, O. Structural realism and the nature of structure. **European Journal for Philosophy of Science**, v. 5, pp. 111-139, 2015.
- ARENHART, J. R. B.; MORAES, F. T. F. **Estruturas, Modelos e os Fundamentos da Abordagem Semântica**. *Principia (UFSC)*, v. 14, pp. 15-30, 2010.
- BAIN, J. Category-theoretic structure and radical ontic structural realism. **Synthese**, v. 190, pp. 1621-1635, 2013.
- BRADING, K.; LANDRY, E. Scientific Structuralism: Presentation and Representation. **Philosophy of Science**, v. 73, pp. 571-581, 2006.
- BUENO, O. Structural Realism, Scientific Change, and Partial Structures. **StudiaLogica**, v. 89, p. 213-235, 2008.
- CAMERON, R. There are no things that are musical works. **British Journal of Aesthetics**, v. 48, pp. 295-314, 2008.
- CARNAP, R. *The Logical Structure of the World*. Berkeley: University of California Press, 1967 [1928].
- CARTWRIGHT, N., SHOMAR, T.; SUÁREZ, M. The Tool-box of Science. In: HERFEL et al. *Theories and models in scientific processes*. Amsterdam: Rodopi, 1995.
- CHAKRAVARTTY, A. Scientific Realism. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (Summer 2017 Edition), Edward N. Zalta (Org.). Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/scientific-realism/>>. Acesso em: 14 Nov. 2017.
- CHAKRAVARTTY, A. The semantic or model-theoretic view of theories and scientific realism. **Synthese**, v. 127, pp. 325-345, 2001.
- CHUAQUI, R.; DA COSTA, N. C. A.; MIKENBERG, I. Pragmatic Truth and Approximation to Truth. **The Journal of Symbolic Logic**, v. 51, pp. 201–221, 1986.
- COLLIER, J.; LADYMAN, J.; ROSS, D.; SPURRETT, D. **Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalised**. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- DA COSTA, N. C. A. Pragmatic Probability. **Erkenntnis**, v. 25, pp. 141–162, 1986.
- DA COSTA, N. C. A.; FRENCH, S. **Science and Partial Truth**. Oxford: Oxford University Press, 2003.

DOWNES, S. The Importance of Models in Theorizing: A Deflationary Semantic View. **Proceedings of the Philosophy of Science Association**, v. 1, pp. 142–153, East Lansing: Philosophy of Science Association, 1992.

ENGLISH, J. Underdetermination: Craig and Ramsey. **The Journal of Philosophy**, v. 70, pp. 453–462, 1973.

ESFELD, M. Quantum entanglement and a metaphysics of relations. **Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, v. 35, pp. 601–617, 2004.

ESFELD, M. and LAM, V. Moderate structural realism about space-time. **Synthese**, v. 160: pp. 27–46, 2008.

FRENCH, S. “(Structural) realism and its representational vehicles”. **Synthese**, v. 194, n. 9, pp. 3111–3126, 2017.

FRENCH, S. **Ciência: conceitos-chave em filosofia**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRENCH, S.; KRAUSE, D. **Identity in Physics: a Historical, Philosophical and Formal Analysis**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

FRENCH, S.; LADYMAN, J. Reinflating the Semantic Approach. **International Studies in the Philosophy of Science**, v. 13, n. 2, pp. 103–121, 1999.

FRENCH, S.; SAATSI, J. Realism about Structure: The Semantic View and Nonlinguistic Representations. **Philosophy of Science**, v. 73, pp. 548–559, 2006.

FRIGG, R; VOTSIS, I. Everything You Always Wanted to Know About Structural Realism But Was Afraid To Ask. **European Journal for Philosophy of Science**, v. 1, n. 2, pp. 227–276, 2011.

GIERE, R. N. Viewing Science. **PSA 1994**, v. 2 (East Lansing, MI: Philosophy of Science Association), pp. 3–16, 1995.

GOWER, B. Cassirer, Schlick and “structural” realism: The philosophy of the exact sciences in the background to early logical empiricism. **British Journal for the History of Philosophy**, v. 8, pp. 71–106, 2000

HACKING, I. **Representing and Intervening**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

HALVORSON, H. What scientific theories could not be. **Philosophy of Science**, v. 79, n. 2, pp. 183–206, 2012.

HALVORSON, H. Scientific theories. In: HUMPHREYS, Paul (Org.). **The Oxford Handbook of Philosophy of Science**. Oxford: Oxford University Press, 2015.

HARMAN, G. H. The inference to the best explanation. **Philosophical Review**, v. 74, n. 1, pp. 88–95, 1965.

JACKSON, F. **From Metaphysics To Ethics**: A Defence of Conceptual Analysis. Oxford: Oxford University Press, 1998.

KRAUSE, D. On a quasi-set theory. **Notre Dame J. of Formal Logic**, v. 33, n. 3, pp. 402-411, 1992.

KRAUSE, D. Structures and Structural Realism. **Journal of the Interested Group in Pure and Applied Logic**, v. 13, n. 1, pp. 113-126, 2005.

LADYMAN, J. What is Structural Realism? **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 29, pp 409-424, 1998.

LADYMAN, J. Structural Realism. In: ZALTA, Edward N. (Org.). **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/structural-realism/>. Acesso em: 14 Nov. 2017.

LANDRY, E. Shared structure need not be shared set-structure. **Synthese**, v. 158, pp. 1-17, 2007.

LAUDAN, L. A Confutation of Convergent Realism. **Philosophy of Science**, v. 48, pp. 19-48, 1981.

LUTZ, S. On a Straw Man in the Philosophy of Science: A Defense of the Received View. **HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science**, v. 2, n. 1, pp. 77–120, 2012.

MAXWELL, G. The ontological status of theoretical entities. In: FEIGL, H; MAXWELL, G. (Orgs.). **Minnesota Studies in the Philosophy of Science**, v. 3, pp. 3–14, 1962.

MAXWELL, G. Structural realism and the meaning of theoretical terms. In: WINOKUR, S.; RADNER, M. (Orgs.). **Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology**, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, v. 4, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 181–192, 1970a.

MAXWELL, G. Theories, perception and structural realism. In: COLODNY, R. (Org.), **The Nature and Function of Scientific Theories**, University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, v. 4, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 3–34, 1970b.

MAXWELL, G. Scientific methodology and the causal theory of perception. In: FEIGL, H.; LEHRER, k.; SELLARS, H. (Orgs.). **New Readings in Philosophical Analysis**. New York: Appleton-Century Crofts, 1972.

NEWMAN, M.H.A. Mr. Russell's "Causal Theory of Perception". **Mind**, v. 37, pp. 137-148, 1928.

POINCARÉ, H. **A Ciência e a Hipótese**. Brasília: Ed. da UnB, 1988.

PUTNAM, H. **Mathematics, Matter and Method**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

- RUSSELL, B. **The Problems of Philosophy**. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- RUSSELL, B. **A Análise da Matéria**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.
- SEDOR, G. A. H. **A noção de mundo científico como instrumento de análise epistemológica conforme Thomas S. Kuhn**. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Programa de Pós-graduação em Filosofia, UFSC, Florianópolis, 1999.
- STEINLE, W. **Estudos sobre o realismo estrutural**. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Programa de Pós-graduação em Filosofia, UFSC, Florianópolis, 2006.
- STEINLE, W. O realismo estrutural ontológico e o problema das relações sem relata. **Analytica**, v. 14, n. 1, pp. 29-51, 2010.
- SUPPE, F. **The structure of Scientific Theories**. Urbana: University of Illinois Press, 1977.
- SUPPE, F. **The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism**. Urbana: University of Illinois Press, 1989.
- SUPPES, P. A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences. **Synthese**, v. 12, pp. 287-301, 1960.
- SUPPES, P. Models of data. In: NAGEL, E.; SUPPES, P; TARSKI, A. **Logic, Methodology and Philosophy of Science**. Stanford: Stanford University Press. 1962.
- SUPPES, P. What is a scientific theory?. In: MORGENBESSER, S. (Org.). **Philosophy of Science Today**. New York: Basic Books, 1967.
- SUPPES, P. **Representation and Invariance of Scientific Structures**. Stanford: CSLI Publications, 2002.
- THAGARD, P. The Best Explanation: Criteria for Theory Choice. **The Journal of Philosophy**, v. 75, n. 2, pp. 76-92, 1978.
- UEBEL, T. Vienna Circle. In: ZALTA, Edward N. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/vienna-circle/>>. Acesso em: 14 Nov. 2017.
- VAN FRAASSEN, B. C. **The Scientific Image**. Oxford: Oxford University Press, 1980.
- VICKERS, P. Scientific Theory Eliminativism. **Erkenntnis**, v. 79, n. 1, pp. 111-126, 2014.
- VICKERS, P. **Understanding Inconsistent Science**. Oxford: OUP, 2013.
- VOTSIS, I. **The epistemological status of scientific theories: an investigation of the structural realist account**. PhD Thesis, 2004.
- WINTHER, R. G. The Structure of Scientific Theories. In: ZALTA, Edward N. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Disponível em:

<<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/structure-scientific-theories/>>. Acesso em: 14 Nov. 2017.

WORRAL, J. Structural Realism: The Best of Both Worlds? **Dialectica**, v. 43, pp. 99-124, 1989.