

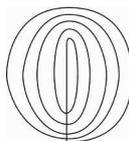
Versão PDF da entrada

## REALISMO/ANTI-REALISMO

da EDIÇÃO DE 2014 do

### COMPÊNDIO EM LINHA DE PROBLEMAS DE FILOSOFIA ANALÍTICA

2012-2015 FCT Project PTDC/FIL-FIL/121209/2010



Editado por  
João Branquinho e Ricardo Santos

ISBN: 978-989-8553-22-5

Compêndio em Linha de Problemas de Filosofia Analítica  
Copyright © 2014 do editor  
Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa  
Alameda da Universidade, Campo Grande, 1600-214 Lisboa

Realismo/Anti-Realismo  
Copyright © 2014 do autor  
Eduardo Castro

Todos os direitos reservados

**Resumo**

Artigo sobre o estado da arte do t3pico realismo/anti-realismo. Na primeira parte do artigo elucidam-se as no37es de exist3ncia e independ3ncia da caracteriza37o metaf3sica da disputa realismo/anti-realismo. Na segunda parte do artigo apresenta-se uma taxonomia cr3tica das posi37es e doutrinas mais relevantes na literatura contempor3nea sobre os dom3nios da ci3ncia e da matem3tica: realismo cient3fico, anti-realismo cient3fico, empirismo construtivo, realismo estrutural, platonismo matem3tico, indispensabilidade matem3tica, empirismo matem3tico, intuicionismo, ficcionismo matem3tico e filosofia segunda.

**Palavras-chave**

Exist3ncia, independ3ncia, metaf3sica, realismo cient3fico, realismo matem3tico

**Abstract**

State of the art paper on the topic realism/anti-realism. The first part of the paper elucidates the notions of existence and independence of the metaphysical characterization of the realism/anti-realism dispute. The second part of the paper presents a critical taxonomy of the most important positions and doctrines in the contemporary literature on the domains of science and mathematics: scientific realism, scientific anti-realism, constructive empiricism, structural realism, mathematical Platonism, mathematical indispensability, mathematical empiricism, intuitionism, mathematical fictionalism and second philosophy.

**Keywords**

Existence, independence, mathematical realism, metaphysics, scientific realism

## Realismo/Anti-Realismo

Na generalidade, as doutrinas do realismo/anti-realismo obedecem a uma *caracterização* e a um *domínio* de aplicação. A caracterização pode ser de natureza metafísica, ontológica, epistémica, semântica, etc. O domínio de aplicação poder ser sobre moral, estética, linguagem, cognição, modalidade, ciência, matemática, etc. As diferentes combinações de caracterizações e domínios dão origem a uma extensa panóplia de doutrinas realistas/anti-realistas na literatura contemporânea.

Embora existam algumas doutrinas realistas/anti-realistas totalmente globais, como o idealismo de Berkeley, as doutrinas mais frequentes são doutrinas realistas/anti-realistas locais. Ora, dada uma caracterização, estabelecem-se posições diferentes sobre domínios particulares. Ora, dado um domínio, estabelecem-se posições diferentes sobre caracterizações particulares. Por exemplo, alguém pode considerar-se realista metafísico em ciência mas anti-realista metafísico em matemática; alguém pode considerar-se realista semântico em ciência mas anti-realista epistémico em ciência.

Há três caracterizações importantes da disputa realismo/anti-realismo: metafísica, epistémica e semântica. Em metafísica a disputa é sobre o que existe e a sua natureza, nomeadamente, se aquilo que existe é ou não independente do mental. Em epistemologia a disputa é sobre que conhecimento é possível alcançar. Em semântica a disputa é sobre a relação entre a linguagem e o mundo, nomeadamente, uma disputa acerca do significado e das condições de verdade. A caracterização metafísica é a que mais se destaca das três, em virtude do seu carácter básico e unificador dos diferentes domínios disciplinares.<sup>1</sup>

Este artigo segue o estado de coisas anterior respeitante às caracterizações. Dá-se prioridade à caracterização metafísica e secundarizam-se a caracterização epistémica e a caracterização semântica. O artigo tem duas partes distintas. A primeira parte elucida duas noções centrais da caracterização metafísica – existência e independência – e apresenta os argumentos a favor e contra estas noções. Esta parte

<sup>1</sup> Por vezes, a caracterização metafísica é também conhecida por *caracterização ontológica*.

conclui-se com súmula das posi es realistas e anti-realistas genéricas da caracteriza o epist mica e da caracteriza o semântica. A segunda parte   uma aplica o das posi es apresentadas na primeira parte sobre os domínios da ciência e da matemática. Apresenta-se uma taxonomia crítica das posi es e doutrinas mais relevantes na literatura contemporânea sobre estes dois domínios disciplinares.

## 1 Existência e independência

Há duas no es centrais na disputa metafísica realismo/anti-realismo: *existência* e *independência*. Um realista defende que *existem F's* e a sua existência   *independente* da nossa mente. Um anti-realista defende que não existem alegados *F's* ou, caso existam, a sua existência depende da nossa mente. Ou seja, um anti-realista pode rejeitar a dimensão realista de existência ou a dimensão realista de independência. Para o que imediatamente se segue, esta caracteriza o metafísica minimal   suficiente para a nossa discussão. Note-se, no entanto, que   possível edificar diferentes versões metafísicas realistas/anti-realistas consoante a denota o considerada para *F's* – objectos, propriedades, rela es, etc. – e consoante o tipo de independência considerada – causal, constitucional, objectiva, essencial etc.

### 1.1 Sobre a existência

#### **Realismo: a favor da existência**

Para se ser realista acerca de um domínio não   suficiente afirmar a existência de *F's* desse domínio. A afirma o em questão deve ser argumentativamente motivada. Em geral, o argumento que fundamenta esta motiva o   uma inferência para a melhor explica o, para a aceita o de uma dada teoria *T*, suplementado por um critério de compromisso ontológico, para o compromisso com um conjunto de entidades *F's*.

**Inferência para a melhor explicação**

- (1) Fenómeno observado  $X$ .
  - (2) A melhor explicação para o fenómeno observado  $X$  é a teoria  $T$ .
  - (3) Devemos aceitar a melhor explicação do fenómeno observado  $X$ .
- ∴ Devemos aceitar a teoria  $T$ .

**CrITÉrio de compromisso ontológico**

- (1) Devemos aceitar que  $F$ 's existem se as nossas melhores teorias estão ontologicamente comprometidas com  $F$ 's.
  - (2) As nossas melhores teorias estão comprometidas com  $F$ 's.
- ∴ Devemos acreditar na existência de  $F$ 's.

**Anti-realismo: contra a existência**

O anti-realismo visa dois alvos contra o realismo: a inferência para a melhor explicação e o critério de compromisso ontológico. Analisemos a discussão em torno do critério de compromisso ontológico pois é sobre este critério que a discussão se tem centrado. Basicamente, o ataque ao critério de compromisso ontológico é feito segundo duas linhas de argumentação. Ora se argumenta que apesar de as nossas melhores teorias estarem comprometidas com  $F$ 's, não se segue que  $F$ 's existam. Ora se argumenta que as nossas melhores teorias não estão de todo comprometidas com  $F$ 's. Para a primeira linha de argumentação destacam-se as estratégias baseadas na teoria de erros e no instrumentalismo. Para a segunda linha de argumentação destacam-se as estratégias eliminativistas, por intermédio de paráfrases (e.g. ficcionalismo de prefixo), e do não-cognitivism (também conhecido por *projectivismo*, *expressivismo* ou *não-factualismo*).

Consideremos a teoria de erros e o instrumentalismo. Os teóricos de erros defendem que as afirmações de existência, do género “existem  $F$ 's”, podem ser disputadas alegando que há um qualquer erro sistemático na fundamentação dessas afirmações. Apesar de podermos acreditar que existam  $F$ 's, pode haver boas razões que mostram que a nossa crença é falsa e baseia-se num erro sistemático. Por exemplo, Field (1980) defende que as proposições matemáticas,

como “existe um número primo par”, são proposições falsas, em virtude da inexistência de objectos abstractos. (Ver Mackie 1977 para uma teoria de erros acerca de asserções de ética). Por sua vez, os instrumentalistas defendem que uma teoria acerca de um domínio controverso deve ser considerada pelo seu valor facial como um mero instrumento para o alcance de resultados. Tal teoria não é considerada como sendo uma teoria verdadeira, pois não existem as entidades com que a teoria está comprometida. (Ver van Fraassen 1980 para asserções sobre inobserváveis e Field 1980 para as asserções matemáticas).

Consideremos as paráfrases e o não-cognitismo. Paráfrases de asserções acerca de  $F$ 's permitem estabelecer novas asserções que não têm variáveis ligadas acerca de  $F$ 's. Por exemplo, de acordo com o ficcionalismo de prefixo, podemos introduzir um operador-ficção que prefixa todas as asserções que tomamos como suspeitas acerca de um dado domínio. As frases então resultantes têm a forma “de acordo com a teoria  $T$ , existem  $F$ 's”. Feita esta reescrita, simplesmente, argumenta-se que a teoria  $T$  é uma ficção e, assim, a alegada existência de  $F$ 's é apenas aparente. (Ver Rosen 1990 para as asserções modais). Por sua vez, de acordo com o não-cognitismo, defende-se que elocuições acerca de  $F$ 's, onde  $F$ 's fazem parte de um domínio que consideramos suspeito, não são susceptíveis de ser verdadeiras e, como tal, não têm valores de verdade. Por exemplo, Ayer (1971) defende que as elocuições morais, como “roubar é errado”, são elocuições que expressam uma emoção ou um sentimento mas que não têm um valor factual (ver também Blackburn 1984 e Gibbard 1990).

## 1.2 Sobre a independência

A motivação para a dimensão da independência da caracterização metafísica advém da ideia de senso comum de que objectos existentes não dependem de nós para existir. Todavia, esta noção minimal de independência, aparentemente clara e simples, acaba por se revelar bastante obscura quando escrutinada. Vários autores têm procurado clarificar a noção de independência conectando-a com outras noções como objectividade, temporalidade, causalidade, etc.

Um problema imediato que a noção minimal de independência levanta é um problema respeitante às próprias mentes. Aparentemen-

te, a caracterização realista implica um anti-realismo respeitante a mentes ou a experiências, pois a existência de mentes e experiências são dependentes de mentes. Todavia, a existência de mentes parece ser tão real como a existência de pedras e planetas. Uma maneira para tentar dissolver este problema consiste em estabelecer uma distinção prévia entre epistemologia e metafísica. Epistemicamente, podemos *acreditar* ou não na existência de mentes e a nossa crença, enquanto estado mental, depende da nossa mente. Todavia, metafisicamente, um realista defende que existem mentes e experiências, independentemente do que possamos pensar ou acreditar acerca do assunto. Por outras palavras, para um realista metafísico o que há no mundo não depende das nossas crenças ou pensamentos acerca do mesmo (Khlentzos 2011).

Devitt (1984) considera que a dimensão de independência do realismo tem de ser suplementada com a noção de objectividade, com vista a se formular uma caracterização realista completa: a natureza e a existência de *F*'s é independente da nossa perspectiva subjectiva. Há entidades objectivas que são dependentes do mental e há entidades independentes do mental que não são objectivas. Por exemplo, o mundo fenomenal de Kant parece ser uma entidade independente do mental mas que não é objectiva, dado que é formado pelas nossas capacidades epistémicas. Enquanto os estados mentais parecem ser entidades dependentes do mental, ainda que lhe sejam atribuídos uma existência objectiva.

Kukla (2000) propõe uma refinação da noção de independência conectando-a com o carácter temporal da existência dos humanos. *F*'s existem e dependem de mentes se, e só se, uma condição necessária para a existência de *F*'s é a existência de humanos. Tal refinamento consegue dar conta de certas realidades sociais como organizações, dinheiro, países, etc. Tais alegadas realidades sociais deixariam de existir a partir do momento que deixassem de existir humanos. Todavia, este refinamento continua a ser consistente com um anti-realismo relativamente a mentes.

Page (2006) conecta a noção de independência com a noção de causalidade. Esta noção costuma ser usada para definir entidades socialmente construídas como artefactos humanos: a existência de *F*'s é causalmente dependente da existência de mentes. Todavia, uma vez mais, tal perspectiva implica um anti-realismo relativamente a certos

objectos que assumimos como reais, ainda que causalmente tenham sido construídos por humanos. Por exemplo, cadeiras e mesas, apesar de serem objectos construídos por humanos, parecem ser entidades com a mesma realidade que pedras e montanhas. (Ver Jenkins 2005 para uma distinção entre independência essencial e modal).

Há duas posições históricas para tentar ultrapassar os problemas em torno da noção de independência, mas ambas igualmente problemáticas: defender um anti-realismo global ou defender que a noção de independência é sem significado.

Um anti-realismo global subscreve a ideia segundo a qual, para todo e qualquer domínio, nada existe a não ser mentes e as ideias contidas nessas mentes. Tal proposta é conhecida por *idealismo* e o bispo George Berkeley é a referência central sobre o assunto. O idealismo é uma proposta fortemente contrária às nossas intuições de senso comum sobre o assunto. Não parece de todo verdade que objectos macroscópicos, como pedras e estrelas, somente existam enquanto ideias na nossa mente. Na literatura não há referências contemporâneas relevantes que defendam este tipo de doutrinas. Tem interesse referir, todavia, que Michael Dummett desenvolveu uma doutrina verificacionista, a favor de um anti-realismo (quase) global, mas no âmbito de uma caracterização semântica da disputa do realismo/anti-realismo (ver subsecção seguinte). Escusado será dizer que esta doutrina é muito afastada do idealismo de Berkeley. Esta doutrina não considera que, por exemplo, a existência de objectos macroscópicos seja dependente do mental.

Carnap (1963) defendeu que a noção de independência é simplesmente sem significado. O positivismo lógico, emergente do círculo de Viena, articulou o (famoso) princípio verificacionista, segundo o qual o significado de uma proposição é o modo da sua verificação. À luz deste princípio, as próprias asserções que estabelecem caracterizações metafísicas do realismo e do anti-realismo são pseudo-asserções, i.e., são asserções sem conteúdo cognitivo, porque não há maneira de verificar que tais asserções são verdadeiras ou falsas. Por exemplo, suponhamos que o idealismo de Berkeley é o caso: o mundo é uma construção das nossas mentes. À luz deste idealismo, a percepção das nossas experiências seria a mesma, quer existisse um mundo exterior às nossas mentes, quer o mundo fosse apenas uma construção mental.

O princípio verificacionista enfrenta inúmeros problemas e, tanto quanto sei, actualmente, ninguém subscreve tal princípio. Primeiro, o próprio princípio parece ser inconsistente, uma vez que o princípio verificacionista não parece ser susceptível de ser verificado. Segundo, as proposições empíricas científicas universalmente quantificadas, que servem para a formulação de inúmeras leis científicas, podem-se constituir em proposições sem significado, porque, pode ser impossível conseguir testar conclusivamente este tipo de proposições. Por exemplo, a lei de Kepler segundo a qual “todos os planetas percorrem trajectórias elípticas”, não parece ser susceptível de ser conclusivamente verificada para todos os planetas do universo, uma vez que não conhecemos a totalidade de planetas existentes no universo.

### 1.3 Caracterização epistémica e caracterização semântica

Além da caracterização metafísica da disputa realismo/anti-realismo, existem outras caracterizações desta disputa como a caracterização epistémica e a caracterização semântica. Para o que se segue importa referir, genericamente, no que se constituem as posições realistas e anti-realistas destas duas caracterizações.

Um realista epistémico defende que temos conhecimento acerca de algumas coisas acerca do mundo exterior a nós próprios. Por exemplo, Nagel (1989) defende que o mundo pode ter níveis que estão para além da nossa capacidade de representação; Haldane e Wright (1993: 4) consideram que se somos realistas acerca de um dado domínio, então, epistemicamente, temos acesso a esse domínio. Um anti-realista epistémico radical, vulgarmente chamado de *céptico*, defende que não temos de todo conhecimento acerca do mundo exterior. Utilizando a divisão kantiana de númeno e fenómeno, para um anti-realista, quando muito, apenas temos acesso a uma realidade fenomenal e jamais à realidade numenal. Rosenkranz (2007) defende uma terceira posição, chamada de *agnosticismo*, segundo a qual é epistemicamente possível haver coisas desconhecíveis.

Dummett (1978) considera que a disputa do realismo/anti-realismo é uma disputa semântica sobre o significado e a justificação de *proposições*, pertencentes a uma classe de proposições chamada de *classe disputada*. A doutrina realista constitui-se na crença

de que o valor de verdade das proposições da classe disputada é objectivo e independente do modo como podemos conhecer esse valor de verdade. Há uma realidade independente do sujeito em virtude da qual as proposições da classe disputada são verdadeiras ou falsas. Um realista defende que as condições de verdade e os significados das proposições da classe disputada não dependem daquilo que o sujeito considera como uma sua justificação, mas são determinados por uma realidade independente dos critérios de justificação que o sujeito eventualmente possuiu (as condições de verdade das proposições transcendem a justificação). Pelo contrário, a doutrina anti-realista constitui-se na crença de que a compreensão das proposições da classe disputada apenas é possível mediante aquilo que o sujeito considera como uma sua justificação. Uma proposição da classe disputada pode ser considerada verdadeira apenas em virtude de algo que se possa *conhecer* e que é considerado como uma justificação para a sua verdade (as condições de verdade das proposições consistem no género de justificação disponível para elas).

## 2 Realismo/anti-realismo em ciência

O debate realismo/anti-realismo em ciência, em geral, é enformado pelas três caracterizações referidas neste artigo: metafísica, semântica e epistémica. A dimensão metafísica é respeitante à existência de uma realidade independente da mente que a ciência estuda. A dimensão semântica é respeitante ao valor de verdade das proposições científicas. A dimensão epistémica é respeitante ao conhecimento científico. *Grosso modo*, a posição realista em ciência resulta da conjunção das três caracterizações. A ciência é acerca do mundo exterior aos humanos (metafísica), formalizada por intermédio de proposições com valores de verdade literais (semântica) e que estas proposições, se verdadeiras, constituem-se como conhecimento acerca do mundo exterior (epistemologia). Uma posição anti-realista em ciência consiste simplesmente em negar alguma das conjunções anteriores da posição realista.

## 2.1 A favor do realismo científico

### Não há milagres

O melhor argumento para o realismo científico, supostamente, é o argumento de que *não há milagres* (Putnam 1975: 73), também conhecido por *argumento último* (van Fraassen 1980: 37). Este argumento foi articulado por Popper (1963), Putnam (1975, 1978), Smart (1963, 1989) e Boyd (1983). O argumento é uma inferência para a melhor explicação:

- (1) As nossas melhores teorias científicas são bem sucedidas.
  - (2) A melhor explicação para (1) é a de que as nossas melhores teorias científicas são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. Se assim não fosse, então apenas um *milagre* explicaria o seu sucesso.
- ∴ As nossas melhores teorias científicas são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras.

Consideremos três objecções a este argumento. *Primeira objecção*: a inferência que suporta o argumento – inferência para a melhor explicação – é uma inferência incorrecta. Por exemplo, van Fraassen (1980: 19-23; 1989: 142-149) rejeita este tipo de inferências; Fine (1991: 82) defende que é circular utilizar esta inferência para justificar a crença de que a inferência para a melhor explicação é um método de inferência fiável. *Segunda objecção*: há outras melhores explicações para o sucesso da ciência do que a verdade, ou verdade aproximada, das teorias científicas. Por exemplo, Fine (1991) defende a explicação da fiabilidade instrumental das teorias científicas, segundo a qual o mundo empírico se comporta como se as nossas teorias científicas fossem verdadeiras (objectada por Psillos (1999: 87-91) e desenvolvida por Leplin (1997) [*surrogate realism*]); van Fraassen (1980: 40) defende uma explicação darwinista, segundo a qual as teorias científicas actuais são aquelas que resultaram de um processo de selecção competitivo (objectada por Kitcher (1993) e Lipton (2004) e defendida por Wray (2007, 2010)); Stanford (2000) defende a explicação da similaridade preditiva existente entre teorias onde, por exemplo, o sucesso da (falsa) teoria ptolemaica explica-se em virtude das suas previsões serem similares às previsões da (verdadeira) teoria copernicana. *Ter-*

*ceira objecção*: o argumento baseia-se na falácia do esquecimento da taxa base, segundo a qual o sucesso de uma teoria científica pouco ou nada permite inferir acerca da sua verdade, ou verdade aproximada, uma vez que não é possível determinar o universo de teorias que são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras (Howson (2000: 52-54); Lipton 2004; Magnus e Callender 2004).<sup>2</sup>

## 2.2 *Contra o realismo científico*

Na literatura contemporânea destacam-se dois argumentos anti-realistas: a indução pessimista das teorias científicas falsificadas e a subdeterminação das teorias científicas pelos dados experimentais.

### **Indução pessimista**

A chamada *indução pessimista*, também conhecida por *meta-indução pessimista*, considera que do ponto de vista da história da ciência, inúmeras teorias científicas do passado foram falsificadas. Essas teorias científicas foram simplesmente abandonadas ou surgiram outras teorias que as suplantaram. Assim, por indução, as nossas melhores teorias científicas contemporâneas também serão falsas. Surgirão novos dados experimentais que falsificarão as teorias correntes ou surgirão novas teorias científicas que suplantarão as teorias científicas correntes. Laudan (1981) é a referência sobre este argumento, apresentando uma lista de teorias científicas que foram falsificadas como, por exemplo, a teoria química do flogisto, a teoria electromagnética do éter, a teoria geocêntrica, teoria da geração espontânea e a teoria calórica do calor. (Em Poincaré (1968: 173) e Putnam (1978: 25) também se encontram formulações deste argumento embora, naturalmente, não sejam subscritas pelos mesmos).

<sup>2</sup> *Falácia do esquecimento da taxa base*. Suponhamos que em Portugal a taxa do vírus VIH é de 0,1%. Entretanto, surge um novo teste do vírus mas que não é totalmente fiável. O teste tem uma taxa de 5% de falsos-positivos, isto é, em 5% dos casos indica que uma pessoa está infectada quando, na verdade, isso não é caso. Suponhamos que faço o teste e o resultado é positivo. A falácia consiste em inferir que a probabilidade de estar infectado é de 95%. Na verdade, a probabilidade é de apenas 2%. O erro resulta do esquecimento de utilizar a taxa base de 0,1% no cálculo. Esta falácia também é conhecida como *falácia da probabilidade condicionada* em virtude de se supor, incorrectamente, que nestes casos  $P(A|B) = P(B|A)$ .

Duas objeções centrais são levantadas a este argumento. *Primeira objeção*: a base indutiva é problemática para a indução em questão. Por exemplo, Devitt (1984: 143-149) defende que o realismo científico é um realismo *agora* enquanto a indução pessimista baseia-se apenas em teorias científicas passadas; por sua vez, Psillos (1999: 100) defende que as teorias evocadas por Laudan não são teorias científicas maduras e genuinamente sucedidas (ver também McMullin (1984: 17)). *Segunda objeção*: tal como no caso do argumento não há milagres, o argumento é inválido porque comete a falácia do esquecimento da taxa base (e.g. Lewis 2001, Lange 2002 e Magnus e Callender 2004).

### Subdeterminação

A tese do holismo da confirmação de Duhem-Quine (Duhem (2007: cap. 6); Quine 1975), segundo a qual uma hipótese científica apenas pode ser testada enquanto pertencente a um *bloc* de teorias científicas – *the web of belief* –, é a tese que fundamenta o argumento da subdeterminação das teorias pelos dados experimentais que passo a formalizar:

- (1) Todas as teorias científicas têm teorias rivais e empiricamente equivalentes (i.e. teorias científicas com as mesmas consequências observacionais).
  - (2) Teorias científicas rivais e empiricamente equivalentes são igualmente apoiadas pelos dados experimentais.
- ∴ A crença em qualquer teoria científica é arbitrária e não fundamentada.

Um argumento genérico para a sustentação da premissa (1) e que se aplica a qualquer teoria científica é o seguinte. Seja *TO* a teoria que afirma que *T* é empiricamente adequada, isto é, as consequências observacionais de *T* são verdadeiras; seja *T\** constituída pelas partes observacionais de *T* e pelas partes não-observacionais de  $\bar{T}$ ; portanto, *TO* e *T\** são teorias rivais e empiricamente equivalentes. Ambas têm as mesmas consequências observacionais mas estão em desacordo relativamente ao domínio inobservável.

Uma maneira de disputar o argumento consiste em defender que a premissa (1) é suportada por um artifício: na prática, o universo de

teorias a que se aplica (1) é extremamente reduzido, uma vez que só se aplica a teorias científicas que sejam genuinamente rivais e cientificamente respeitáveis. O problema aqui consiste em determinar esse tal critério de demarcação entre teorias rivais genuínas e não-genuínas (Devitt 1984, 2002, 2005; Laudan e Leplin 1991). Uma maneira de refutar o argumento consiste em defender que devemos suspender o juízo relativamente às teorias científicas genuinamente rivais em questão, até que surjam novos dados experimentais que nos permitam estabelecer um juízo sobre as mesmas.

### 2.3 *Empirismo construtivo*

Uma das consequências do princípio verificacionista do positivismo lógico é de que proposições teóricas acerca de inobserváveis são inverificáveis e, como tal, sem significado. Este princípio motiva a concepção anti-realista instrumentalista do positivismo lógico, onde as teorias científicas são consideradas como meros instrumentos para fazer previsões acerca do domínio observável. Pela mão de Quine, Carnap e Hempel o positivismo lógico deu origem ao empirismo lógico mas, em grande medida, manteve-se fiel ao credo instrumentalista. Todavia, insuperáveis dificuldades semânticas levaram ao declínio do empirismo e ao declínio da posição anti-realista dominante desse período (ver Stanford (2010: cap. 8) para uma concepção neo-instrumental e Psillos (2009: cap. 4) para uma réplica).

Inspirado na tradição empirista anterior, van Fraassen (1980), em *Scientific Image*, revitalizou o anti-realismo científico avançando uma concepção empirista, chamada de *empirismo construtivo*. O empirismo construtivo contrasta-se com o realismo científico. O realismo científico considera que o objectivo da ciência é a formulação de teorias que se constituem como literalmente verdadeiras acerca de aquilo que descrevem; e a aceitação de uma teoria científica implica a crença de que essa teoria é verdadeira (van Fraassen 1980: 8). Por sua vez, o empirismo construtivo considera que “o objectivo da ciência é a formulação de teorias empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria científica implica somente a crença de que essa teoria é

empiricamente adequada”, onde “uma teoria é empiricamente adequada, precisamente, se aquilo que afirmar acerca das coisas e acontecimentos observáveis do mundo for verdade” (van Fraassen 1980: 12).<sup>3</sup>

O empirismo construtivo pretende superar as objecções ao instrumentalismo semântico da tradição empirista antecedente. O instrumentalismo negava que as proposições científicas tinham qualquer valor de verdade e o empirismo lógico reescrevia os termos teóricos das teorias (referentes a inobserváveis) à custa de termos observáveis. O empirismo construtivo, tal como o realismo científico, defende que as proposições científicas são para ser interpretadas literalmente e que as mesmas são capazes de ser verdadeiras ou falsas. Por exemplo, a teoria de electrões implica a existência de electrões, isto é, a teoria afirma que existem electrões e o termo ‘electrão’ não precisa ser reescrito, em algo do género “rasto branco na câmara de Wilson”, para ter significado.

Contrariamente ao realismo científico, o empirismo construtivo não defende um realismo científico epistémico. Para uma teoria científica ser aceite basta que seja empiricamente adequada, ou seja, ser uma teoria verdadeira respeitante ao domínio observável. Deste modo, embora tenhamos conhecimento acerca do domínio observável, devemos-nos manter epistemicamente agnósticos acerca do domínio inobservável. Por exemplo, apesar da teoria de electrões implicar a existência de electrões, não se segue que consideremos que a teoria de electrões é verdadeira e de que acreditemos na existência de electrões. Tal tipo de crença vai para além do que a própria ciência necessita para ser empiricamente adequada e, como tal, é rejeitada pelo empirismo construtivo.

O empirismo construtivo, apesar de ter vindo relançar o debate realismo/anti-realismo, tem tido poucos adeptos. Na minha opinião, a sua fragilidade principal reside no princípio de demarcação entre observável e inobservável. A demarcação entre observável e inobservável é estabelecida pelo princípio de que “X é observável se existirem circunstâncias tais que, se X nos for apresentado nessas circunstâncias, então nós observamos X” (van Fraassen 1980: 16). Por

<sup>3</sup> Para uma colectânea de artigos sobre *Scientific Image* ver Churchland e Hooker 1985 e Monton (2007: Parte I).

exemplo, entidades macroscópicas, como mesas, cadeiras e as luas de Júpiter, são consideradas observáveis mas entidades microscópicas, como electrões e células, são consideradas inobserváveis.

Churchland (1985), Hacking (1985) e Teller (2001) levantam várias objecções ao princípio anterior. Por exemplo, consideremos que os seres humanos nasciam com microscópios incorporados nos globos oculares. Para estes humanóides, mitocôndrias, por exemplo, fariam parte da sua ontologia acerca do mundo pois eram observáveis. Outro exemplo. Consideremos que temos um mecanismo que fabrica grelhas com a mesma forma mas cada vez mais reduzidas. A partir de determinada escala as grelhas fabricadas são tão pequenas que apenas são observáveis ao microscópio. Em ambos os casos – mitocôndrias e grelhas – parece que nos devemos comprometer com as entidades ainda que sejam apenas observáveis por intermédio do microscópio.

Van Fraassen (1985: 256-257 e 298) replica a ambos os exemplos. No primeiro caso, argumenta que os humanóides não fazem parte da nossa comunidade epistémica e, caso fizessem, então deveríamos comprometer-nos com mitocôndrias, porque seriam entidades observadas por tais humanóides. No segundo caso, argumenta que a suposição de que as grelhas são sempre fabricadas com a mesma forma, mas cada vez mais pequenas, é uma suposição epistemicamente disputável, uma vez que não temos qualquer certeza de que as alegadas grelhas microscópicas, inobserváveis a olho nu, tenham a mesma forma do que as macroscópicas.

#### 2.4 *Realismo estrutural*

O realismo estrutural foi avançado por Worrall (1989) e encontra raízes num comentário de Poincaré (1968) sobre a transição da teoria de ondulatória da luz de Fresnel para a teoria electromagnética da luz de Maxwell.<sup>4</sup> Em termos muito gerais, esta concepção defende

<sup>4</sup> “[A] teoria de Fresnel permite-nos sempre fazer [previsões dos fenómenos ópticos], hoje, bem como antes de Maxwell. As equações diferenciais são sempre verdadeiras (...) estas equações expressam relações, e se as equações permanecem verdadeiras, é porque essas relações preservam a sua realidade” (Poincaré 1968: 173-174). Ver também Redhead 1999 e Zahar 1994.

que nos devemos comprometer apenas com o conteúdo estrutural ou matemático das nossas teorias científicas maduras. No processo de transição teórica [*theory change*] há uma continuidade na estrutura das teorias científicas que se sucedem, nomeadamente, as equações das teorias “velhas” reemergem como casos limite das equações das teorias “novas”. Por exemplo, as equações matemáticas das leis de Fresnel continuam presentes na teoria de Maxwell.<sup>5</sup>

O realismo estrutural pretende conciliar os aspectos mais positivos do realismo e anti-realismo científicos – *o melhor dos dois mundos* –, por intermédio de um comprometimento com a estrutura das teorias científicas. Por um lado, não se sujeita à objecção anti-realista da indução pessimista, pois não se compromete com entidades que são abandonadas ao longo da transição teórica. Por outro lado, não se sujeita à objecção realista de que não há milagres, pois o comprometimento com a estrutura das teorias científicas não faz do sucesso científico um milagre.

Correntemente, distinguem-se duas formas de realismo estrutural: epistémico e ôntico. O realismo estrutural epistémico, geralmente identificado com Worrall (1989), defende que apenas temos conhecimento da relação existente entre as entidades das teorias científicas e nada sabemos acerca da natureza dessas entidades (para outras versões ver Russell 1927; Maxwell 1962, 1970a, 1970b, 1972). A objecção que se levanta a esta forma de realismo é de que ela colapsa no realismo científico tradicional, porque na verdade não há maneira de se conseguir distinguir o nosso conhecimento acerca da estrutura e da natureza dos *relata* (Psillos 1995, 1999: cap. 7; Papineau 1996).

O realismo estrutural ôntico, introduzido por Ladyman (1998), pretende replicar à objecção anterior deslocando a discussão para o domínio ontológico. Uma versão *radical* (eliminativista) desta forma de realismo defende que existe apenas a estrutura das teorias científicas e não há de todo alegados *relata* para além dessas estruturas (French e Ladyman 2003; French 2006; Ladyman et al. 2007). Uma versão *moderada* (não-eliminativista) desta forma de realismo defende

<sup>5</sup> Outro exemplo: para velocidades muito inferiores à velocidade da luz, as transformações de Galileu da mecânica clássica de Newton são dedutíveis das transformações de Lorentz da relatividade restrita de Einstein.

que há relações e *relata* mas todas as propriedades dos *relata* são relacionais (Esfeld 2004; 2013; Esfeld e Lam 2008). Os grandes impulsionadores do realismo estrutural ôntico têm sido filósofos da física que têm aplicado as teorias estruturalistas sobre aspectos da mecânica quântica e da natureza do espaço-tempo (Bain 2013; Kantorovich 2009).

A discussão em torno do realismo estrutural é uma discussão viva. Por exemplo, para além da objecção acima referida de que o realismo estrutural colapsa no realismo científico, objecta-se que o realismo estrutural apenas se aplica às ciências físicas (Newman 2005: 1377) e que não permite distinguir os aspectos matemáticos dos aspectos físicos das teorias científicas (van Fraassen 2006: 292-293). Ambas as objecções são replicadas em Ladyman et al. (2007). Acresce que, *mutatis mutandis*, as objecções ao realismo científico são objecções ao realismo estrutural. Por exemplo, alega-se que na transição teórica, as estruturas das teorias científicas podem também desaparecer (Chakravartty 2004: 164) e que pode também haver uma subdeterminação estrutural (Lyre 2011).

### 3 Realismo/anti-realismo em matemática

Até há bem pouco tempo, a divisão tradicional em matemática respeitante ao tópico deste artigo era platonismo versus anti-platonismo, em virtude do carácter iminentemente abstracto da matemática. Do lado platonista defendia-se a existência de entidades matemáticas abstractas; do lado anti-platonista defendia-se a não existência de entidades matemáticas abstractas. Todavia, esta divisão tradicional tem caído em desuso e a divisão mais crescentemente adoptada é a intitulada nesta secção, dando-se primazia às questões de existência em detrimento das questões da natureza dessa existência.

#### 3.1 *A favor do realismo matemático*

##### **Platonismo matemático**

O platonismo matemático é a doutrina segundo a qual existem entidades matemáticas, abstractas e independentes do mental e que as nossas teorias e proposições matemáticas descrevem essas entidades.

O argumento para o platonismo matemático foi formulado por Frege (1884, 1893, 1903):

- (1) Se uma frase simples da forma “ $a$  é  $F$ ” é verdadeira, então existem as entidades denotadas pelos termos singulares dessa frase.
  - (2) Frases simples verdadeiras da aritmética têm termos singulares que referem números naturais.
  - (3) Números naturais existem.
  - (4) Se números naturais existem, então são entidades abstractas e independentes do mental.
- ∴ Existem números naturais, abstractos e independentes do mental.

Na literatura contemporânea há várias versões platonistas. Por exemplo, o platonismo de objectos (Frege 1884) considera que as entidades matemáticas são objectos; o estruturalismo (Resnik 1997; Shapiro 1997) considera que as entidades matemáticas são estruturas; o platonismo pleno (Balaguer 1998) considera que as entidades matemáticas são todos os objectos matemáticos logicamente possíveis.

Há duas objecções incontornáveis ao platonismo, ambas formalizadas por Paul Benacerraf. O argumento epistemológico de Benacerraf (1973) e o argumento de reduções múltiplas de Benacerraf (1965). O argumento epistemológico de Benacerraf suporta-se numa teoria causal do conhecimento e corre as premissas seguintes. Se o platonismo é correcto, então as entidades matemáticas são entidades abstractas i.e. não localizadas no espaço-tempo. Dado que os seres humanos localizam-se no espaço-tempo, então não é possível alcançar conhecimento matemático, porque entidades não localizadas no espaço-tempo não se relacionam causalmente com entidades localizadas no espaço-tempo. Porém, há conhecimento matemático. Portanto, o platonismo matemático é incorrecto.

Há várias réplicas platonistas ao argumento epistemológico de Benacerraf. As réplicas têm-se centrado na disputa da teoria da causalidade para o conhecimento que suporta o argumento. Nomeadamente, defende-se que os seres humanos têm a faculdade de gerar crenças acerca de entidades matemáticas abstractas ainda que não haja uma relação de causalidade entre humanos e essas entidades. Por

exemplo, Parsons (1979, 1994), Katz (1981: cap. 6) e Steiner (1975: cap. 4) defendem que esta faculdade é decorrente do nosso aparato perceptual e introspectivo; Katz (1981) e Lewis (1986: 111) defendem que esta faculdade gera crenças que são verdades necessárias e, como tal, contrariamente às crenças acerca de objectos empíricos, não é requerido qualquer contacto com esses objectos; Quine (1951: secção 6), Resnik (1997: cap. 7), Steiner (1975: cap. 4) e Castro (2009) defendem que as teorias científicas são confirmadas holisticamente, nomeadamente, as partes matemáticas dessas teorias. Finalmente, Gödel (1947) avançou uma réplica de cariz diferente das anteriores. Os seres humanos teriam uma faculdade, a intuição matemática, que permitiria acedermos ao conhecimento dos objectos da teoria dos conjuntos da mesma forma que acedemos ao conhecimento dos objectos físicos. Tanto quanto sei, mais nenhum outro filósofo subscreveu tal intuição.

O argumento de reduções múltiplas de Benacerraf, *grosso modo*, corre as premissas seguintes. A aritmética é redutível aos axiomas da teoria de conjuntos mas estas reduções podem ser realizadas de forma diferenciada.<sup>6</sup> Porém, de acordo com o platonismo matemático há uma sequência única de objectos abstractos para os números naturais que são o fazedor de verdade das nossas proposições e teorias da aritmética. Portanto, o platonismo matemático é incorrecto. Há duas estratégias para replicar a este argumento. Uma estratégia consiste em defender que há uma única sequência de números naturais (e.g. Resnik 1997). Outra estratégia consiste em defender que, ainda que não haja uma única sequência de números naturais, a tese platonista pode ser ligeiramente modificada e ser consistente com a ideia de várias sequências de números naturais (e.g. Balaguer 1998).

### Indispensabilidade matemática

A versão contemporânea do argumento de Frege para o platonismo é o argumento da indispensabilidade matemática de Quine-Putnam

<sup>6</sup> Por exemplo, os números naturais podem ser estabelecidos por recurso aos ordinais de von Neumann ou aos ordinais de Zermelo. Para von Neumann os números naturais reduzem-se à sequência seguinte:  $\emptyset$  para 0,  $\{\emptyset\}$  para 1,  $\{\emptyset, \{\emptyset\}\}$  para 2,  $\{\emptyset, \{\emptyset, \{\emptyset, \{\emptyset\}\}\}$  para 3 etc. Para Zermelo os números naturais reduzem-se à sequência seguinte:  $\emptyset$  para 0,  $\{\emptyset\}$  para 1,  $\{\{\emptyset\}\}$  para 2,  $\{\{\{\emptyset\}\}\}$  para 3.

(Quine (1963: 367), (1981: 149-150) e Putnam (1971: 425), (1975: 74)). Este argumento é tido como o melhor argumento a favor do realismo matemático, enquanto argumento para a existência de entidades matemáticas independentes do mental. Basicamente, o argumento defende que se somos realistas científicos, então também temos de ser realistas matemáticos, em virtude de não ser possível desemaranhar partes matemáticas e partes empíricas das nossas melhores teorias científicas:

- (1) Devemo-nos comprometer ontologicamente com todas, e só aquelas, entidades que são indispensáveis às nossas melhores teorias científicas.
  - (2) As entidades matemáticas são indispensáveis às nossas melhores teorias científicas.
- ∴ Devemo-nos comprometer ontologicamente com as entidades matemáticas (Colyvan 2001).

A premissa (1) é suportada pelas doutrinas do holismo da confirmação e do naturalismo e pelo critério de compromisso ontológico de Quine; a premissa (2) é tida como um facto bruto. *Grosso modo*, a doutrina holista da confirmação defende que as teorias científicas são testadas *en bloc*; a doutrina naturalista defende que a filosofia é uma actividade a par da actividade científica; o critério de compromisso ontológico defende que nos devemos comprometer com as variáveis ligadas das nossas teorias científicas. As objecções mais importantes a este argumento advêm da doutrina ficcionista, segundo a qual não existem objectos abstractos. As objecções têm a virtude de se conectarem com a discussão anterior respeitante à disputa do realismo/anti-realismo em ciência.

O chamado *caminho difícil do nominalismo* disputa a premissa (2) e procura conciliar o ficcionismo matemático com o realismo científico (Field 1980). Os realistas científicos não se comprometem com *todas* as entidades referidas nas nossas melhores teorias científicas. Por exemplo, planos inclinados sem atrito, centros de massa, fluidos contínuos, gases ideais, etc., são entidades teóricas referidas nas nossas teorias científicas mas, supostamente, não são entidades indispensáveis às mesmas. Ou seja, as teorias científicas podem ser reformuladas sem referência a tais entidades indesejáveis. Analogamente,

a estratégia ficcionista procura reformular as teorias científicas sem que as mesmas façam referência a entidades matemáticas. Naturalmente, esta reformulação é um procedimento extremamente difícil e herculeano, dado que isso teria de ser feito para todas as teorias científicas existentes. Field reformulou uma, e uma só, teoria científica – a teoria da gravitação de Newton – e, até ao momento, apenas Balaguer (1998: cap. 5) tentou proceder à reformulação de uma outra teoria científica – a mecânica quântica.

O chamado *caminho fácil do nominalismo* disputa a premissa (1) segundo duas estratégias: conciliar o ficcionismo matemático com o realismo científico nominalista (Balaguer 1998; Melia 2000; Yablo 2005; Leng 2010) ou conciliar o ficcionismo matemático com o empirismo construtivo (Bueno 2009). Para um realista científico nominalista as nossas melhores teorias científicas não são inteiramente verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. As teorias científicas são constituídas por duas partes: uma parte puramente física e outra puramente matemática. A parte física é a única parte que é verdadeira enquanto a parte matemática é a parte falsa das nossas teorias, em virtude da inexistência de entidades matemáticas abstractas. Assim é possível conciliar o realismo científico nominalista com o ficcionismo matemático defendendo que as nossas melhores teorias científicas são nominalisticamente adequadas e não estritamente verdadeiras, embora seja difícil especificar com rigor qual é a parte nominalista das nossas teorias científicas. Recentemente, foram desenvolvidos novas versões do argumento da indispensabilidade para dar conta destas objecções (Baker 2009).

A segunda estratégia do caminho fácil do ficcionismo consiste em estender o empirismo construtivo às entidades matemáticas. Ou seja, além de nos mantermos ontologicamente agnósticos relativamente às entidades (empíricas) inobserváveis, também nos devemos manter ontologicamente agnósticos relativamente às entidades matemáticas. Todavia, esta estratégia não é tão simples como parece. O empirismo construtivo compromete-se com entidades abstractas. O próprio acto de aceitação de teorias científicas implica um compromisso com as próprias teorias científicas enquanto modelos abstractos. De acordo com o empirismo construtivismo, uma teoria científica é um modelo cujas aparências são isomórficas com as subestruturas empíricas desse modelo. Portanto, é necessário algum cuidado nesta estratégia

se não queremos estar a deitar fora o bebé com a água do banho (Rosen 1994).

Finalmente, note-se que uma interpretação literal do argumento evidencia que este é omissivo sobre a natureza abstracta das entidades matemáticas. Neste sentido, e como veremos a seguir, o argumento pode ser usado para sustentar posições contrárias aos propósitos platonistas dos seus criadores como o empirismo matemático, segundo o qual existem entidades matemáticas, enquanto entidades empíricas. Porém, não é corrente esse uso do argumento. Geralmente, o argumento é usado para uma defesa do platonismo e, implícita ou explicitamente, suplementa-se o mesmo com uma premissa platonista, segundo a qual, se existem entidades matemáticas, entidades matemáticas são abstractas.

### **Empirismo matemático**

Maddy (1990) defende a doutrina segundo a qual existem entidades matemáticas mas localizadas no espaço-tempo.<sup>7</sup> Esta é uma concepção empirista sobre a matemática (para outras perspectivas empiristas ver Mill 1843 e Kitcher 1984). Defende-se a existência de entidades matemáticas, nomeadamente, conjuntos matemáticos, por intermédio do argumento da indispensabilidade acima focado e por intermédio de teorias sobre a percepção. Argumenta-se que conjuntos são entidades percepçionáveis:

- (1) Temos crenças numéricas.
  - (2) As crenças numéricas resultam de percepções.
  - (3) A melhor maneira de explicar as crenças perceptuais numéricas é supor que conjuntos são as entidades que são percepçionadas.
  - (4) Entidades percepçionadas existem localizadas no espaço-tempo.
- ∴ Conjuntos existem localizados no espaço-tempo

Aparentemente, a principal virtude desta concepção empirista da matemática é conseguir ultrapassar o argumento epistemológico do Benacerraf. Ao localizar as entidades matemáticas no espaço-tempo

<sup>7</sup> Esta doutrina é conhecida na literatura por *Platonismo Naturalizado*.

não parece haver qualquer problema em obter conhecimento matemático. Todavia, na verdade, não me parece que esta concepção responda ao argumento epistemológico de Benacerraf. Quando muito, este empirismo matemático estabelece um *bypass* sobre a teoria causal do conhecimento. Acresce que para alguém que desconheça os números naturais, não parece ser possível que tal pessoa tenha alguma vez crenças numéricas sobre qualquer quantidade de objectos que percepcione (Castro 2011). Outro problema com esta doutrina é respeitante à suposta impossibilidade de observação de conjuntos puros, como o conjunto vazio que está na base dos ordinais de von Neumann ou de Zermelo (ver nota de rodapé 6), que implica uma “invulgar” construção dos ordinais unicamente baseada em conjuntos impuros (Maddy 1990: 156-7). Maddy acabou por abandonar a doutrina exposta em *Realism in Mathematics*. Contemporaneamente, defende uma outra perspectiva sobre o assunto chamada de *Filosofia Segunda* (ver abaixo).

### 3.2 *Contra o realismo matemático*

#### **Intuicionismo**

A doutrina kantiana sobre o conhecimento em geral defende que o conhecimento matemático é um conhecimento sintético *a priori*, ou seja, um conhecimento necessário e não analítico. A geometria euclidiana era um exemplo supremo deste tipo de conhecimento. Os axiomas da geometria euclidiana faziam parte da própria estrutura mental do sujeito (as formas puras da intuição) e eram condições necessárias para qualquer experiência. Todavia, no final do séc. XIX, esta doutrina sobre a matemática foi praticamente refutada com o surgimento das geometrias não-euclidianas. As geometrias não-euclidianas eram constituídas por axiomas contrários aos da geometria euclidiana e encontraram aplicação nas teorias físicas, nomeadamente, na relatividade geral. Desde então nunca mais ninguém advogou tais pretensões kantianas sobre a geometria e o conhecimento matemático em geral. Todavia, a ideia fundamental da doutrina, o conhecimento matemático como dependente da mente, foi desenvolvida por doutrinas subsequentes como o intuicionismo, construtivismo e psicologismo (Husserl 1891). Em seguida vou focar-me no intuicionismo.

L. E. J. Brouwer (1981) é tido como o fundador do intuicionismo, segundo o qual as entidades matemáticas existentes são dependentes da mente. Tal doutrina tornou-se popular no início do século XX, aquando da chamada crise dos fundamentos da matemática (notavelmente discutida em Poincaré 1968 enquanto obra da época). Posteriormente, Heyting estabeleceu as regras de inferência da lógica intuicionista que codifica a chamada *lógica intuicionista*. Basicamente, os intuicionistas consideram que apenas existem os objectos matemáticos que possam ser mentalmente construídos. Contrariamente ao realismo matemático, não há uma realidade de objectos matemáticos, independente dos humanos, que determina os valores de verdade das proposições matemáticas. Esta posição leva Brouwer a uma concepção diferente sobre o infinito matemático e à rejeição de certas regras de dedução da lógica clássica. Não há tal coisa como um infinito actual mas apenas há um infinito potencial. Por exemplo, dado um conjunto finito de números, apenas temos disponível um mecanismo mental para gerar um outro número que não pertence a esse conjunto. Respeitantemente às regras lógicas, a lei do terceiro excluído ( $A$  ou não- $A$ ) não é aceite como globalmente verdadeira e isto implica que certas demonstrações matemáticas, e.g. baseadas na *reductio ad absurdum*, sejam consideradas como demonstração inválidas. Por outras palavras, a ontologia matemática apenas é constituída por objectos que foram construídos por uma demonstração intuicionisticamente válida.

Embora a matemática intuicionista e as filosofias da matemática intuicionista estejam “fora de moda”, há investigadores que têm continuado a desenvolver investigações sobre este assunto. Os leitores interessados podem obter um panorama geral do estado actual da discussão em Atten *et al.* 2008.

### **Ficcionismo matemático**

O nominalismo é a doutrina segundo a qual não há entidades abstractas (e apenas entidades concretas existem). Em filosofia da matemática, o ficcionismo é uma versão nominalista da doutrina anterior para o domínio matemático e estabelece-se em três asserções. (1) As teorias e proposições matemáticas são acerca de entidades matemáticas abstractas; (2) não existem entidades matemáticas abstractas; (3) portanto, as teorias e proposições matemáticas são falsas.

O ficcionismo foi iniciado por Field (1980) e é esta versão que aqui vou esclarecer.<sup>8</sup> *Grosso modo*, há dois passos no programa de Field: nominalização e conservação. Num primeiro passo, procede-se a uma nominalização das teorias científicas (em particular, da teoria da gravitação de Newton), onde as teorias são reformuladas sem qualquer referência ou quantificação sobre entidades matemáticas e as teorias científicas emergentes mantêm-se verdadeiras. Num segundo passo, pretende-se mostrar que a matemática acrescentada às teorias científicas nominalizadas é conservativa. Diz-se que uma teoria é conservativa no sentido seguinte. Seja  $M$  uma teoria matemática aplicada numa teoria empírica  $T$ ; a conjunção de  $T$  e  $M$  é uma extensão conservativa de  $T$ , isto é, toda a asserção da linguagem (empírica) de  $T$  que se demonstra com a conjunção de  $T$  e  $M$ , pode ser demonstrada, mas talvez com maior dificuldade, apenas com recurso à teoria empírica  $T$ . Portanto, as teorias matemáticas não têm de ser teorias verdadeiras para serem úteis quando são aplicadas. Tais teorias apenas têm de ser teorias *conservativas*.

O processo de nominalização da teoria de Newton é bastante complexo e aqui só posso dar uma breve ideia do mesmo.<sup>9</sup> Primeiro, Field começa por ilustrar como é que a aritmética, a geometria e a distância são úteis na formulação de teorias físicas. Porém, a utilidade da matemática nas teorias empíricas não implica que a matemática seja indispensável. A estratégia para a nominalização é a mesma que Hilbert seguiu na axiomatização da geometria euclidiana, onde se estabelece uma base axiomática sem qualquer referência a números, funções, etc. Depois, procede-se à nominalização do espaço-tempo newtoniano postulando a existência de pontos e regiões do espaço-tempo mas enquanto entidades empíricas. Para tal estabelecem-se noções primitivas, como ‘entre’ e ‘congruência’, e a base axiomática acerca das relações no espaço-tempo. Estes axiomas implicam que o espaço-tempo é contínuo. Estabelecem-se noções de derivada e de

<sup>8</sup> Outras versões do ficcionismo: Balaguer 1998; Rosen 2001; Yablo 2001, 2002, 2005; Leng 2010; Bueno 2009; Melia 2000.

<sup>9</sup> Um exemplo simples do que aqui está em questão. Seja a frase ‘existem dois pratos na mesa’. Tal frase faz referência ao objecto matemático dois. A nominalização respectiva resultante é a seguinte: ‘existe  $x$  na mesa e existe  $y$  na mesa tal que  $x$  é prato,  $y$  é prato e  $x$  é diferente de  $y$ ’.

integração mas não dependentes de qualquer entidade matemática. Estas noções são necessárias para qualquer explicação do movimento de corpos massivos.

O programa de Field enfrenta as objecções gerais seguintes. Ainda que se admita que a teoria gravitacional possa ser nominalizada com sucesso, é disputável que se possa generalizar esse sucesso a outras teorias científicas. Por exemplo, Malament (1982) defende que a estratégia de Field não pode ser alargada à mecânica quântica (Balaguer (1998: cap. 5) tenta fazer tal extensão). Dummett (1994) especula que, ainda que todas as teorias científicas actuais fossem nominalizáveis, tal sucesso nominalista não significaria que as teorias científicas futuras também o fossem. Colyvan (2001: 81-86), por intermédio de exemplos das teorias físicas, defende que a inclusão da matemática nas teorias científicas é indispensável para que as teorias resultantes sejam “melhores” teorias do que teorias científicas nominalizadas, no sentido de satisfazerem alguns dos princípios gerais da confirmação empírica como a simplicidade e a fecundidade.

### 3.3 *Filosofia segunda: realismo fino e arrealismo*

Numa trilogia, Maddy (1997, 2007, 2011) desenvolve uma nova forma de naturalismo pós-quineana, chamado de *filosofia segunda*, que descreve os pensamentos e práticas de um investigador idealizado – o filósofo segundo – em diversos contextos científicos. A filosofia segunda não é uma doutrina ou sistema de crenças mas antes uma prática fortemente influenciada pela metodologia científica que rejeita qualquer posição filosófica extra-empírica de investigação e defende uma subordinação da filosofia à ciência natural e, principalmente, à matemática.

Maddy (2011) centra-se nos axiomas da teoria de conjuntos. Considerações metafísicas, externas à metodologia matemática, como formas de realismo robustas (Gödel) são vistas com suspeição. Em alternativa, o filósofo segundo considera que há duas concepções consistentes com a metodologia matemática: realismo fino e arrealismo. A concepção realista fina defende que a existência de conjuntos é estabelecida pelas proposições matemáticas da teoria de conjuntos através da mera afirmação da sua existência e de que as proposições matemáticas são verdadeiras. Conjuntos são entidades

objectivas e abstractas. A concepção arrealista defende simplesmente que não há conjuntos matemáticos. Estas duas concepções propõem, por exemplo, as soluções seguintes para o problema epistemológico de Benacerraf: à luz do realismo fino, as entidades matemáticas são aquilo que pode ser conhecido através da aplicação dos métodos matemáticos; à luz do arrealismo, tal como no caso do ficcionismo, esse alegado problema dissolve-se, porque as entidades matemáticas não existem.

O principal calcanhar de Aquiles destas concepções é conseguir diferenciá-las de outras caracterizações realistas e anti-realistas. Nomeadamente, é difícil diferenciar o realismo fino do platonismo e o arrealismo do nominalismo matemático. Maddy dedica algum espaço a discutir essas diferenças mas parece-me que, em geral, a discussão não vindica. Por exemplo, a principal diferença identificada entre o arrealismo e o ficcionismo é de que o ficcionismo estabelece uma analogia entre matemática e ficção, como ponto de partida para a nossa análise da teoria de conjuntos (Maddy 2011: 98), a saber: o conjuntista está para a teoria de conjuntos como o escritor está para a obra ficcional. Ora, contrariamente a Maddy, é bastante disputável que o ficcionismo em matemática parta para o debate a partir da analogia evocada ou de qualquer outra analogia do género. Uma das características do ficcionismo em matemática é de que, contrariamente a outras formas de ficcionismo, a analogia entre ficção e matemática não é de todo necessária para erigir a doutrina ficcionista matemática (ver acima “Ficcionismo”). Finalmente, para alguém com gosto pela metafísica, a filosofia segunda apresenta-se como insatisfatória. Ao constranger as questões metafísicas à luz das metodologias científicas, a filosofia segunda não resolve essas questões, apenas as desloca para outro terreno de análise, uma vez que ficamos sem saber qual das duas concepções metafísicas – arrealismo ou realismo fino – é a correcta (Castro 2012).

Embora o primeiro livro da trilogia (Maddy 1997) tenha sido já amplamente discutido (e.g., Colyvan 2001 e Castro 2013), tanto quanto sei, o segundo (Maddy 2007) e, principalmente, o terceiro livro da trilogia (Maddy 2011) ainda não foram discutidos nas revistas e livros da especialidade, excepto nos artigos de recensão comuns aquando da publicação de livros. Há trabalho filosófico pela frente.

## 4 Conclusão

Este artigo analisou a disputa realismo/anti-realismo. Esta análise foi, primariamente, metafísica e, secundariamente, epistémica e semântica. Analisaram-se as posições mais relevantes sobre os domínios disciplinares da ciência e da matemática. Domínios disciplinares relevantes como moral, estética, linguagem, cognição, modalidade, ficção, etc. ficaram excluídos deste artigo. Desenvolver aqui exaustivamente todas as possíveis combinações de caracterizações e domínios seria transformar este artigo num livro volumoso. Este compêndio, ainda que em formato electrónico, é justamente um livro volumoso. A sua consulta mostrará ao investigador interessado que a disputa aqui tratada é transversal a outros tópicos filosóficos.<sup>10</sup>

Eduardo Castro

Departamento de Matemática, Universidade da Beira Interior  
LanCog Group, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa

## Referências

- Atten, Mark van, Pascal Boldini, Michel Bourdeau, e Gerhard Heinzmann (org.). 2008. *One Hundred Years of Intuitionism (1907-2007): The Cersy Conference*. Springer Science & Business Media.
- Ayer, A. J. 1971. *Language, Truth and Logic*. Harmondsworth: Penguin.
- Bain, Jonathan. 2013. Category-Theoretic Structure and Radical Ontic Structural Realism. *Synthese* 190(9): 1621-1635. doi:10.1007/s11229-011-9896-6.
- Baker, Alan. 2009. Mathematical Explanation in Science. *The British Journal for the Philosophy of Science* 60(3): 611-633. doi:10.1093/bjps/axp025.
- Balaguer, Mark. 1998. *Platonism and Anti-Platonism in Mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Benacerraf, Paul. 1965. What Numbers Could not Be. *The Philosophical Review* 74(1): 47-73. doi:10.2307/2183530.
- Benacerraf, Paul. 1973. Mathematical Truth. *The Journal of Philosophy* 70(19): 661-679. doi:10.2307/2025075.
- Blackburn, Simon. 1984. *Spreading the Word: Groundings in the Philosophy of Language*. New York: Oxford University Press.
- Boyd, Richard N. 1983. On the Current Status of the Issue of Scientific Realism. *Erkenntnis* 19(1-3): 45-90. doi:10.1007/BF00174775.
- Brouwer, L. E. J. 1981. *Brouwer's Cambridge Lectures on Intuitionism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bueno, Otávio. 2009. Mathematical Fictionalism. In *New Waves in Philosophy of Mathematics*. Organizado por Otávio Bueno e Øystein Linnebo. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

<sup>10</sup> Agradecimento: Estou grato a Fernando Ferreira pelos comentários e sugestões a uma versão prévia deste artigo.

- Carnap, Rudolf. 1963. Replies and Systematic Expositions. In *The Philosophy of Rudolf Carnap*. Organizado por Paul Arthur Schilpp. La Salle, IL: Open Court.
- Castro, Eduardo. 2009. Uma Solução para o Problema de Benacerraf. *Principia* 13(1): 7-27.
- Castro, Eduardo. 2011. *A Indispensabilidade da Matemática na Ciência Natural*. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa.
- Castro, Eduardo. 2012. Review of P. Maddy, Defending the Axioms: on the Philosophical Foundations of Set Theory. *Teorema* 31(1): 147-150.
- Castro, Eduardo. 2013. Defending the Indispensability Argument: Atoms, Infinity and the Continuum. *Journal for General Philosophy of Science* 44(1): 41-61. doi:10.1007/s10838-013-9222-8.
- Chakravartty, Anjan. 2004. Structuralism as a form of scientific realism. *International Studies in the Philosophy of Science* 18(2-3): 151-171. doi:10.1080/0269859042000296503.
- Churchland, Paul. 1985. The Ontological Status of Observables: In Praise of the Superempirical Virtues. In *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. Organizado por Paul Churchland e Clifford Hooker. Chicago: University of Chicago Press.
- Churchland, Paul, e Clifford Hooker (org.). 1985. *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. Chicago: University of Chicago Press.
- Colyvan, Mark. 2001. *The Indispensability of Mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Devitt, Michael. 1984. *Realism and Truth*. Oxford: Blackwell.
- Devitt, Michael. 2002. Underdetermination and Realism. In *Realism and Relativism: Philosophical Issues 12*. Organizado por Ernest Sosa e Enrique Villanueva. Cambridge, MA: Blackwell.
- Devitt, Michael. 2005. Scientific Realism. In *The Oxford Handbook of Contemporary Analytic Philosophy*. Organizado por Frank Jackson e Michael Smith. Oxford: Oxford University Press.
- Duhem, Pierre. 2007. *La Théorie Physique, son Object, sa Structure*. Paris: Vrin.
- Dummett, Michael. 1978. Realism. In *Truth and Other Enigmas*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Dummett, Michael. 1994. What is Mathematics About? In *Philosophy of Mathematics: an Anthology*. Organizado por D. Jacquette. Oxford: Blackwell.
- Esfeld, Michael. 2004. Quantum entanglement and a metaphysics of relations. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 35(4): 601-617. doi:10.1016/j.shpsb.2004.04.008.
- Esfeld, Michael. 2013. Ontic Structural Realism and the Interpretation of Quantum Mechanics. *European Journal for Philosophy of Science* 3(1): 19-32. doi:10.1007/s13194-012-0054-x.
- Esfeld, Michael, e Vincent Lam. 2008. Moderate Structural Realism about Space-Time. *Synthese* 160(1): 27-46. doi:10.1007/s11229-006-9076-2.
- Field, Hartry. 1980. *Science Without Numbers*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Fine, Arthur. 1991. Piecemeal Realism. *Philosophical Studies* 61(1-2): 79-96. doi:10.1007/BF00385834.
- Frege, Gottlob. 1884. *Der Grundlagen die Arithmetik*.
- Frege, Gottlob. 1893. *Grundgesetze der Arithmetik*. Vol. 1. Jena: Pohle.
- Frege, Gottlob. 1903. *Grundgesetze der Arithmetik*. Vol. 2. Jena: Pohle.
- French, Steven, e James Ladyman. 2003. Remodelling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure. *Synthese* 136(1): 31-56. doi:10.1023/A:1024156116636.
- French, Steven. 2006. Structure as a Weapon of the Realist. *Proceedings of the Aristotelian Society* 106(1): 170-187. doi:10.1111/j.1467-9264.2006.00143.x.

- Gibbard, Allan. 1990. *Wise Choices, Apt Feelings: A Theory of Normative Judgment*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gödel, Kurt. 1947. What is Cantor's Continuum Problem? In *Philosophy of Mathematics: Selected Readings*. Organizado por Paul Benacerraf e Hilary Putnam. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- Hacking, Ian. 1985. Do We See Through a Microscope? In *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. Organizado por Paul Churchland e Clifford Hooker. Chicago: University of Chicago Press.
- Haldane, John, e Crispin Wright (org.). 1993. *Reality, Representation, and Projection*. Oxford University Press.
- Howson, Colin. 2000. *Hume's Problem: Induction and the Justification of Belief*. New York: Oxford University Press.
- Husserl, Edmund. 1891. *Philosophie der Arithmetik*. Leipzig: C.E.M. Pfeffer.
- Jenkins, C. S. 2005. Realism and Independence. *American Philosophical Quarterly* 42(3): 199-209. doi:10.2307/20010201.
- Kantorovich, Aharon. 2009. Ontic Structuralism and the Symmetries of Particle Physics. *Journal for General Philosophy of Science* 40(1): 73-84. doi:10.1007/s10838-009-9084-2.
- Katz, Jerrold. 1981. *Language and Other Abstract Objects*. Totowa, NJ: Rowman and Littlefield.
- Khlentzos, Drew. 2011. Challenges to Metaphysical Realism. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Organizado por Edward N. Zalta. <http://plato.stanford.edu/archives/spr2011/entries/realism-sem-challenge/>.
- Kitcher, Philip. 1984. *The Nature of Mathematical Knowledge*. New York: Oxford University Press.
- Kitcher, Philip. 1993. *The Advancement of Science*. New York: Oxford University Press.
- Kukla, André. 2000. *Social Constructivism and the Philosophy of Science*. London: Routledge.
- Ladyman, James. 1998. What is structural realism? *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29(3): 409-424. doi:10.1016/S0039-3681(98)80129-5.
- Ladyman, James, Don Ross, David Spurrett, e John Collier. 2007. *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*. Oxford: Oxford University Press.
- Lange, Marc. 2002. Baseball, Pessimistic Inductions and the Turnover Fallacy. *Analysis* 62(4): 281-285. doi:10.1093/analys/62.4.281.
- Laudan, Larry. 1981. A Confutation of Convergent Realism. *Philosophy of Science* 48(1): 19-49.
- Laudan, Larry, e Jarrett Leplin. 1991. Empirical Equivalence and Underdetermination. *Journal of Philosophy* 88(9): 449-472.
- Leng, Mary. 2010. *Mathematics and Reality*. Oxford: Oxford University Press.
- Leplin, Jarrett. 1997. *A Novel Defense of Scientific Realism*. New York: Oxford University Press.
- Lewis, David K. 1986. *On the Plurality of Worlds*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Lewis, Peter J. 2001. Why The Pessimistic Induction Is A Fallacy. *Synthese* 129(3): 371-380. doi:10.1023/A:1013139410613.
- Lipton, Peter. 2004. *Inference to the Best Explanation*. London: Routledge.
- Lyre, Holger. 2011. Is Structural Underdetermination Possible? *Synthese* 180(2): 235-247. doi:10.1007/s11229-009-9603-z.
- Mackie, J. L. 1977. *Ethics: Inventing Right and Wrong*. Harmondsworth: Penguin.
- Maddy, Penelope. 1990. *Realism in Mathematics*. Oxford: Oxford University Press.
- Maddy, Penelope. 1997. *Naturalism in Mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Maddy, Penelope. 2007. *Second Philosophy – a Naturalistic Method*. Oxford: Oxford University Press.

- Maddy, Penelope. 2011. *Defending the Axioms: On the Philosophical Foundations of Set Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Magnus, P. D., e Craig Callender. 2004. Realist Ennui and the Base Rate Fallacy. *Philosophy of Science* 71(3): 320-338. doi:10.1086/421536.
- Malament, David. 1982. Review of: Science Without Numbers: A Defense of Nominalism by Hartry H. Field. *The Journal of Philosophy* 79(9): 523-534. doi:10.2307/2026384.
- Maxwell, Grover. 1962. The Ontological Status of Theoretical Entities. In *Scientific Explanation, Space, and Time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Organizado por Herbert Feigl e Grover Maxwell. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Maxwell, Grover. 1970a. Structural Realism and the Meaning of Theoretical Terms. In *Analyses of Theories, and Methods of Physics and Psychology: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Organizado por S. Winokur e M. Radner. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Maxwell, Grover. 1970b. Theories, Perception and Structural Realism. In *The Nature and Function of Scientific Theories*. Organizado por Robert Colodny. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Maxwell, Grover. 1972. Scientific Methodology and the Causal Theory of Perception. In *New Readings in Philosophical Analysis*. Organizado por Herbert Feigl, W. Sellans, e K. Lehrer. New York: Appleton-Century-Crofts.
- McMullin, E. 1984. A Case for Scientific Realism. In *Scientific Realism*. Organizado por Jarrett Leplin. Berkeley: University of California Press.
- Melia, J. 2000. Weaseling Away the Indispensability Argument. *Mind* 109(435): 455-480. doi:10.1093/mind/109.435.455.
- Mill, John. 1843. *A System of Logic*. London: Parker.
- Monton, Bradley John. 2007. *Images of Empiricism: Essays on Science and Stances, with a Reply From Bas C. Van Fraassen*. Oxford: Oxford University Press.
- Nagel, Thomas. 1989. *The View From Nowhere*. New York: Oxford University Press.
- Newman, Mark. 2005. Ramsey Sentence Realism as an Answer to the Pessimistic Meta-Induction. *Philosophy of Science* 72(5): 1373-1384. doi:10.1086/508975.
- Page, Sam. 2006. Mind-Independence Disambiguated: Separating the Meat from the Straw in the Realism/Anti-Realism Debate. *Ratio* 19(3): 321-335. doi:10.1111/j.1467-9329.2006.00330.x.
- Papineau, David (org.). 1996. *The Philosophy of Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Parsons, Charles. 1979. Mathematical Intuition. *Proceedings of the Aristotelian Society* 80: 145-168. doi:10.2307/4544956.
- Parsons, Charles. 1994. Intuition and Number. In *Mathematics and Mind*. Organizado por Alexander George. Oxford: Oxford University Press.
- Poincaré, Henri. 1968. *La Science et l'Hypothèse*. Paris: Flammarion.
- Popper, Karl R. 1963. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Psillos, Stathis. 1995. Is Structural Realism the Best of Both Worlds? *Dialectica* 49(1): 15-46.
- Psillos, Stathis. 1999. *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*. London: Routledge.
- Psillos, Stathis. 2009. *Knowing the Structure of Nature: Essays on Realism and Explanation*. London: Palgrave Macmillan.
- Putnam, Hilary. 1971. Philosophy of Logic. In *Contemporary Readings in Foundations of Metaphysics*. Organizado por S. Laurence e L. Macdonald. Oxford: Blackwell.

- Putnam, Hilary. 1975. *Mathematics, Matter and Method: Philosophical Papers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Putnam, Hilary. 1978. *Meaning and the Moral Sciences*. London: Routledge.
- Quine, Willard. 1951. Two Dogmas of Empiricism. *The Philosophical Review* 60(1): 20-43.
- Quine, Willard. 1963. Carnap and Logical Truth. In *Philosophy of Mathematics Selected Readings*. Organizado por Paul Benacerraf e Hilary Putnam. Cambridge: Cambridge University Press.
- Quine, Willard. 1975. On Empirically Equivalent Systems of the World. *Erkenntnis* 9(3): 313-328. doi:10.1007/BF00178004.
- Quine, Willard. 1981. Success and Limits of Mathematization. In *Theories and Things*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Redhead, Michael. 1999. Quantum Field Theory and the Philosopher. In *Conceptual Foundations of Quantum Field Theory*. Organizado por Tian Cao. Cambridge: Cambridge University Press.
- Resnik, Michael. 1997. *Mathematics as a Science of Patterns*. New York: Clarendon Press.
- Rosen, Gideon. 1990. Modal Fictionalism. *Mind* XCIX(395): 327-354. doi:10.1093/mind/XCIX.395.327.
- Rosen, Gideon. 1994. What Is Constructive Empiricism? *Philosophical Studies* 74(2): 143-178. doi:10.1007/BF00989801.
- Rosen, Gideon. 2001. Nominalism, Naturalism, Epistemic Relativism. *Noûs* 35: 69-91. doi:10.2307/2676168.
- Rosenkranz, Sven. 2007. Agnosticism as a Third Stance. *Mind* 116(461): 55-104. doi:10.1093/mind/fzm055.
- Russell, Bertrand. 1927. *The Analysis of Matter*. London: Kegan Paul.
- Shapiro, Stewart. 1997. *Philosophy of Mathematics: Structure and Ontology*. New York: Oxford University Press.
- Smart, J. J. C. 1963. *Philosophy and Scientific Realism*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Smart, J. J. C. 1989. *Our Place in the Universe: A Metaphysical Discussion*. Oxford: Blackwell.
- Stanford, P. Kyle. 2000. An Antirealist Explanation of the Success of Science. *Philosophy of Science* 67(2): 266-284. doi:10.2307/188724.
- Stanford, P. Kyle. 2010. *Exceeding Our Grasp: Science, History, and the Problem of Unconceived Alternatives*. New York: Oxford University Press.
- Steiner, Mark. 1975. *Mathematical Knowledge*. Cornell University Press.
- Teller, Paul. 2001. Whither Constructive Empiricism? *Philosophical Studies* 106(1-2): 123-150. doi:10.1023/A:1013170506726.
- van Fraassen, Bas. 1980. *The Scientific Image*. New York: Oxford University Press.
- van Fraassen, Bas. 1985. Empiricism in the Philosophy of Science. In *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. Organizado por Paul Churchland e Clifford Hooker. Chicago: University of Chicago Press.
- van Fraassen, Bas. 1989. *Laws and Symmetry*. Oxford: Oxford University Press.
- van Fraassen, Bas. 2006. Structure: Its Shadow and Substance. *The British Journal for the Philosophy of Science* 57(2): 275-307. doi:10.1093/bjps/axl002.
- Worrall, John. 1989. Structural Realism: The Best of Both Worlds?\* *Dialectica* 43(1-2): 99-124. doi:10.1111/j.1746-8361.1989.tb00933.x.
- Wray, K. Brad. 2007. A Selectionist Explanation for the Success and Failures of Science. *Erkenntnis* 67(1): 81-89. doi:10.2307/27667911.
- Wray, K. Brad. 2010. Selection and Predictive Success. *Erkenntnis* 72(3): 365-377. doi:10.1007/s10670-009-9206-6.
- Yablo, Stephen. 2001. Go Figure: A Path through Fictionalism. *Midwest Studies In Philosophy* 25(1): 72-102. doi:10.1111/1475-4975.00040.

- Yablo, Stephen. 2002. Abstract Objects: A Case Study. *Philosophical Issues* 12(1): 220-240. doi:10.1111/j.1758-2237.2002.tb00068.x.
- Yablo, Stephen. 2005. The Myth of the Seven. In *Fictionalism in Metaphysics*. Organizado por Mark Eli Kalderon. New York: Oxford University Press.
- Zahar, Élie. 1994. Poincaré's Structural Realism and his Logic of Discovery. In *Henri Poincaré: Akten des International Kongress, Nancy*. Organizado por Gerhard Heinzmann. Berlin: Akademie Verlag.