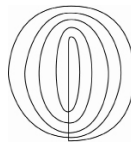


EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA

EDIÇÃO DE 2020 do

COMPÊNDIO EM LINHA DE PROBLEMAS DE FILOSOFIA ANALÍTICA

2018-2021 FCT Project PTDC/FER-FIL/28442/2017



Editado por
Ricardo Santos e Pedro Galvão

ISBN: 978-989-8553-22-5

Compêndio em Linha de Problemas de Filosofia Analítica
Copyright © 2020 do editor
Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa
Alameda da Universidade, Campo Grande, 1600-214 Lisboa

Explicação Científica
Copyright © 2020 do autor
Eduardo Castro

DOI: <https://doi.org/10.51427/cfi.2021.0033>

Todos os direitos reservados

Resumo:

Artigo opinativo do estado da arte da explicação científica. Análise e discussão de modelos e teorias mais relevantes da literatura contemporânea, designadamente, o modelo dedutivo-nomológico, os modelos indutivo-estatístico e de relevância estatística, a teoria pragmática das questões 'porquê?', a teoria unificadora dos argumentos padrão e a teoria causal/não-causal contrafactual.

Palavras-chave:

Ciência, dedução, explicação, pragmatismo, unificação.

Abstract:

Opinionated state of the art paper on scientific explanation. Analysis and discussion of the most relevant models and theories in the contemporary literature, namely, the deductive-nomological model, the models of inductive-statistical and statistical relevance, the pragmatic theory of why questions, the unifying theory of standard arguments, and the causal/non-causal counterfactual theory.

Keywords:

Deduction, explanation, pragmatism, science, unification.

Explicação Científica

DOI: <https://doi.org/10.51427/cfi.2021.0033>

1 Introdução

‘Studies in the Logic of Explanation’, 1948, de Carl Hempel e Paul Oppenheim, é o principal marco da discussão contemporânea sobre a explicação científica. Qualquer material contemporâneo sobre a explicação científica muito raramente invoca referências anteriores ao artigo de 1948 e, por sua vez, não invocar o artigo de 1948 ou a sua versão melhorada, ‘Aspects of Scientific Explanation’ (Hempel 1965: 331–497), ou é uma provocação filosófica ou um amadorismo filosófico.

Ao modelo *dedutivo-nomológico* (doravante, *modelo DN*), apresentado em 1948, foi levantada uma bateria de contra-exemplos. Estes contra-exemplos conduziram à reformulação do modelo original ou, em alternativa, à proposta de novos modelos. Por sua vez, estes novos modelos foram desafiados por outros contra-exemplos. E assim por diante. A filosofia tem procedido assim desde a Antiguidade. Este artigo segue este procedimento sequencial. Apresentam-se os modelos e teorias principais da explicação científica e os contra-exemplos relevantes da literatura contemporânea. Exceptuando algumas referências avulsas, alinha-se também com o *status quo* da literatura ignorando todo o material precedente a 1948. O modelo de partida deste artigo é assim o modelo DN, enquanto modelo exemplar de explicação dedutiva. Nas secções posteriores, analisam-se modelos e teorias respeitantes à explicação estatística dos modelos indutivo-estatístico (IS) e de relevância estatística (SR), explicação pragmática da teoria das questões ‘porquê?’, explicação unificadora da teoria dos argumentos padrão e explicação causal/não-causal da teoria contrafactual.

Correntemente, o material encontrado na literatura contemporânea avança para a discussão dos modelos e teorias da explicação científica sem prover uma clarificação prévia do que se entende por ‘explicação’. Paradigmaticamente, o artigo de 1948 dedica apenas o primeiro parágrafo ao assunto. Presume-se que todos temos uma ideia do que é uma explicação e, portanto, essa clarificação é escusada. Esta presunção é precipitada. Estamos longe de saber o que é uma explicação e, *a fortiori*, estamos ainda mais longe de saber o que é uma ex-

plicação científica. Quando começamos a esgravatar os conceitos *explicação* e *ciência* verificamos que esses conceitos são problemáticos e têm ramificações muito diversas. Na secção seguinte, ‘Explicação e ciência’, tento levantar um pouco o véu sobre estes problemas e ramificações.¹

2 Explicação e ciência

À primeira vista, uma explicação científica será uma explicação de um acontecimento por intermédio de teorias científicas. As coisas não são assim simples. O conceito *explicação científica* congrega dois conceitos distintos — *explicação* e *ciência* — ambos problemáticos. Não temos uma ideia consensual do que seja uma explicação nem temos uma definição clara de *ciência*. Para o cientismo, todas as explicações são explicações científicas e, assim, o cientismo reduz o conceito *explicação* ao conceito *explicação científica*. Contrariamente, para Pierre Duhem todas as explicações são explicações metafísicas e, assim, não há *explicações científicas*.² Em seguida, introduzo algumas clarificações sobre os conceitos *explicação* e *ciência*.

2.1 Explicação

Em geral, as teorias da explicação pretendem modelar a relação entre um *explanandum* e um *explanans*. O *explanandum* (plural, *explananda*) é o que se pretende explicar; o *explanans* (plural, *explanantia*) é o conjunto de razões aduzidas para explicar o *explanandum*. Os *explananda* e *explanantia* podem ser factos, acontecimentos, fenómenos, estados de coisas, proposições, regularidades, leis da natureza, etc.

A única restrição corrente em volta destas referências é a de que *explananda* gerais, como regularidades ou leis da natureza, não podem ser explicados por *explanantia* particulares. Por exemplo, a regulari-

¹ Parece-me que as explicações científicas são argumentos dedutivos que necessariamente invocam leis da natureza e, portanto, no artigo perpassará esta minha visão sobre o assunto.

² ‘Explicar, *explicare*, é despir a realidade das aparências que a envolvem como véus, a fim de ver essa realidade nua e face-a-face’ (Duhem 2007: 27). Dada a sua pretensão em separar a Física da Metafísica, onde a Física apenas teria acesso às ‘apparences sensibles’, uma teoria física não poderia ter qualquer função explicativa.

dade ‘todos os corvos são negros’ pode explicar por que razão ‘o corvo que observo é negro’, mas não parece que ‘o corvo que observo é negro’ possa alguma vez explicar por que razão ‘todos os corvos são negros’.

Os *explananda* são verdadeiros. Ou seja, é sem propósito tentar avançar explicações para, digamos, ‘factos falsos’. Por exemplo, pretendemos explicar por que razão o céu é azul, mas, supostamente, não estamos interessados em explicar por que razão o céu é verde, porque não é um facto que o céu seja verde. Os *explanantia*, por sua vez, também se presumem verdadeiros. Ou seja, é sem propósito avançar *explanantia* conhecidamente falsos com vista a explicar *explananda* verdadeiros. Por exemplo, presume-se que a difracção da luz do Sol na atmosfera explica por que razão o céu é azul; todavia, considerando o nosso melhor conhecimento científico actual, ninguém dirá que a velocidade de 500.000 km/s da luz solar na atmosfera explica por que razão o céu é azul, porque é cientificamente falso que a luz viaje a uma velocidade superior a 300.000 km/s. Numa explicação presume-se estabelecer uma relação verdadeira entre um *explanans* verdadeiro e um *explanandum*.

O objectivo de uma explicação é fornecer compreensão àquilo que se conhece. Observo o céu e verifico que o céu é azul a maior parte do tempo. Ou seja, à luz de uma concepção tradicional do conhecimento, a proposição o céu é azul pode constituir-se numa *crença verdadeira justificada*. Todavia, ainda assim, tal conhecimento não me permite compreender por que razão o céu é azul. Podemos conhecer uma série de coisas ou acontecimentos sem os conseguirmos compreender. Comumente, muitos alunos preparam-se para as provas de avaliação conhecendo um conjunto de assuntos que não compreendem. A explicação acrescenta compreensão ao conhecimento.

A conexão entre *explicação* e *compreensão* não é pacífica.³ O conceito *compreensão*, bem como os conceitos vizinhos *entendimento* e *inteligibilidade* foram colocados sob suspeita pelos empiristas lógicos, em virtude da dimensão psicológica dos seus significados. A frase ‘compreender por que razão *x* é o caso’ introduz um elemento psicológico na discussão, apontando para a existência de um sujeito que

3 Para pontos diametralmente opostos sobre o assunto ver, por exemplo, as referências: Lipton (2009), Strevens (2013) e Gibsons (2013).

pode ou não compreender uma explicação.⁴ Os pragmatistas, por sua vez, encontraram nos conceitos *compreensão*, *entendimento* ou *inteligibilidade* a porta de entrada para uma nova agenda de investigação do conceito *explicação*. Uma explicação passou a depender do contexto e da psicologia dos sujeitos. Os pragmatistas fazem notar que, por exemplo, a Teoria da Relatividade, se explicada tecnicamente a uma audiência de cosmólogos, será compreendida por todos, mas se explicada tecnicamente a uma audiência de economistas, não será compreendida por ninguém. A discussão em torno da *explicação* tem assim decorrido entre dois extremos. Num extremo, o conceito *explicação* depende apenas do par ordenado $\langle \textit{explanans}, \textit{explanandum} \rangle$; no outro extremo, o conceito *explicação* depende do triplo ordenado $\langle \textit{explanans}, \textit{explanandum}, \textit{sujeito} \rangle$.

A conexão que acima introduzi, entre *explicação* e *compreensão*, parece-me que não cai em nenhum dos extremos da *discussão*. O conceito *compreensão* tem um significado psicológico mas também tem um significado objectivo e independente do sujeito. Foi com este último significado que o usei na conexão acima. A difracção da luz solar na atmosfera explica por que razão o céu é azul. Esta explicação acrescenta compreensão ao facto de que o céu é azul. Avançada a explicação passamos a *saber que* ‘a difracção da luz solar na atmosfera explica por que razão o céu é azul’. Obter compreensão, por intermédio de uma explicação, é assim uma forma de se alcançar conhecimento.⁵ Ora, o conceito *conhecimento* é relativo a sujeitos e crenças que estes podem ou não ter e, no entanto, é relativamente indisputável que

4 Por exemplo: “expressões como ‘domínio do entendimento’ e ‘compreensível’ não pertencem ao vocabulário da lógica, uma vez que referem aspectos psicológicos ou pragmáticos da explicação” (Hempel 1965: 413). Todavia, Hempel também defendeu uma conexão entre *compreensão* e *explicação*: ‘compreender no sentido teórico ou cognitivo de mostrar que o fenómeno a ser explicado é um caso particular de uma regularidade geral’ (Hempel 1965: 257); ‘a ciência empírica (...) procura não apenas descrever os fenómenos do mundo da nossa experiência, mas também *explicar* ou *compreender* esses fenómenos’ (Hempel 1965: 297); ‘o argumento mostra que, dadas as circunstâncias particulares e as leis em questão, a ocorrência do fenómeno era *esperada*; é neste sentido que a explicação permite-nos *compreender por que razão* o fenómeno ocorreu’ (Hempel 1965: 337).

5 Esta conexão entre compreensão e conhecimento também não é pacífica. Ver, por exemplo, Hills (2016) e Grimm (2006).

este conceito também tem uma dimensão objectiva e independente do sujeito. Consideremos, por exemplo, a proposição matemática $2+3=5$. É uma verdade objectiva que $2+3=5$ e, se a espécie humana desaparecer, continuará a ser verdade que $2+3=5$, em virtude da dimensão independente da proposição.

Alguns autores têm defendido que o *explanandum* das nossas explicações é em certa medida misterioso (Colyvan 2001: 47), uma perplexidade (Salmon 1989: 127) ou uma notoriedade (Baker 2005: 234). Salmon socorre-se da metáfora seguinte. O demónio de Laplace é um ser imaginário na posse de uma descrição completa do universo, conhecendo todas as leis e capaz de prever ou inferir tudo que aconteceu e acontecerá relativamente a um instante t . Este demónio em nenhuma ocasião coloca a questão ‘porquê?’. Para este omnisciente demónio nenhum acontecimento será fonte de perplexidade e, como tal, nenhum acontecimento requer uma explicação.

A atribuição anterior de aspectos psicológicos ao *explanandum* cai no domínio da psicologia, segundo o aspecto subjectivo do termo. No meu entender, os modelos para a explicação científica devem cortar tais aspectos subjectivos na sua constituição. A analogia é a seguinte. Uma demonstração matemática é correcta ou incorrecta, independentemente da subjectividade do sujeito que a apreende. Concretamente, uma demonstração matemática é correcta se as premissas são verdadeiras, em última instância logicamente dedutíveis dos axiomas de suporte ao ramo da matemática que enquadra a demonstração, e suportadas por inferências baseadas em regras lógicas válidas.⁶ Analogamente, uma explicação científica é correcta, independentemente da subjectividade do sujeito que a apreende. Um eclipse é um mistério para gente tribal e um divertimento para gente educada. Aquilo que deve ser uma explicação correcta de um eclipse em nada deve depender da formação cultural de quem o observa.

O conceito *explicação* confunde-se com o conceito *descrição*, mas são conceitos distintos. Posso descrever o filme ‘Nostalgia’ de Tarkovsky, mas uma descrição do filme não explica por que razão o filme tem valor estético. O mero visionamento do filme também não parece que explique por que razão o filme tem valor estético. Uma explicação do valor estético de x sobreexcede-se à descrição de x . No

6 Ver Hempel (1965: 414–415).

caso de uma explicação científica posso, por exemplo, por mera observação empírica *descrever* com precisão numa tabela a frequência das marés do porto de Amesterdão. Todavia, cientificamente, apenas a lei da gravitação universal de Newton, quando aplicada à influência gravítica do satélite Lua, explica a frequência das marés.⁷ Bas van Fraassen (1980: 153–154) vai mais longe neste aspecto, apontando para uma hierarquização do poder explicativo das teorias científicas. Assim, teorias de nível inferior são descritivas enquanto teorias de nível superior são explicativas. Por exemplo, a lei de Boyle ($PV = nRT$) descreve a relação entre a temperatura, a pressão e o volume num gás ideal, mas não explica essa relação. A teoria cinética dos gases é a teoria que explica essa relação, porque a teoria cinética dos gases é uma teoria epistemicamente mais virtuosa do que a lei de Boyle e da qual esta se pode deduzir.⁸

Há dois tipos de explicação correntes que importa distinguir. Por exemplo, ‘explicar *que* a Terra é redonda’ e ‘explicar *por que razão* a Terra é redonda’ são duas explicações subtilmente diferentes. A primeira, ‘explicar *que p*’ é, digamos, uma explicação-justificação: queremos justificar a nossa crença na redondeza da Terra. A segunda, ‘explicar *por que razão p*’ é, digamos, uma explicação-compreensão: queremos compreender por que razão a Terra é redonda. A justificação das nossas crenças é um assunto da epistemologia que não cai no âmbito deste artigo. Neste artigo apenas nos interessa o segundo tipo de explicação – a explicação-compreensão.

Uma nota final sobre a terminologia em volta deste assunto. Em inglês, geralmente, diz-se que uma explicação é uma resposta à questão ‘*why p?*’, onde *p* é um facto. Todavia, esta (aparente) simplicidade do inglês não é directamente transponível para o português. Em português há diferentes modos de formular uma frase interrogativa equivalente à expressão inglesa ‘*why p?*’. Seja um facto do género ‘o céu é azul’. Podemos estabelecer as formulações interrogativas seguintes: ‘O céu é azul. Porquê?’, ‘Por que razão/motivo o céu é azul?’, ‘Por que é o céu azul?’ ou a variante oral ‘Por que é que o céu é azul?’. Há

7 Em oposição, Churchland (1995) considera que uma explicação é uma actividade que envolve descrição, reconhecimento e classificação.

8 Ver Friedman (1974: 9–10, 14–15) para mais considerações sobre este exemplo.

também diferentes modos de formular uma resposta explicativa: ‘O céu é azul *porque* há uma difracção da luz do Sol na atmosfera’; ‘O céu é azul *por causa* da difracção da luz do Sol na atmosfera’; ‘A difracção da luz do Sol na atmosfera explica *por que razão* o céu é azul’; ‘A difracção da luz do Sol na atmosfera explica a cor azul do céu’; ‘A difracção da luz do Sol na atmosfera é a explicação para a cor azul do céu’.

Exceptuando a terminologia ‘... *por causa* ...’, todas as restantes terminologias me parecem aceitáveis. Considero, no entanto, que a terminologia ‘... *por que razão* ...’ talvez seja a mais apropriada para o caso de uma resposta explicativa, servindo assim de modelo para regimentar as restantes frases. Uma resposta explicativa pretende avançar uma razão ou um conjunto de razões (*explanans*) que expliquem um facto (*explanandum*). Prefiro rejeitar a terminologia “... *por causa* ...” nesta fase do artigo, porque a mesma remete para uma noção de causalidade e, como tal, enviesa uma análise do conceito *explicação*. Uma explicação não é necessariamente causal.

Há outras terminologias, contudo, que requerem um uso mais cuidadoso. De uma forma geral, não estamos interessados em analisar o uso do conceito *explicação* em casos como os seguintes: ‘explicar *como* se anda de bicicleta’; ‘explicar *onde* fica a garagem do Barbosa’; ‘explicar *quando* Maria Callas começou a cantar’; ‘explicar *o que* significa a palavra ‘bicicleta’’. Assim, frases científicas explicativas, usando os termos ‘como’, ‘onde’ e ‘quando’, devem-se reformular de acordo com a regimentação acima sugerida. Por exemplo, a frase ‘a difracção da luz do Sol na atmosfera explica *onde* é que o céu é azul’ deve ser reformulada para ‘a difracção da luz do Sol na atmosfera explica *por que razão* o céu é azul para uma altitude [x, y]’.

2.2 Ciência

O conceito *ciência* é um conceito vago e cuja definição é difícil. A vagueza do conceito introduz um problema de delimitação do conhecimento científico. O conhecimento científico estende-se ao conhecimento de senso comum, onde este último pode ser visto como conhecimento científico rudimentar. Há uma continuidade gradativa entre o conhecimento científico e conhecimento de senso comum, não havendo uma divisão clara entre estes dois conhecimentos. Por exemplo,

podemos afirmar que ‘a chegada da Primavera explica o degelo dos Pirenéus’. Esta é uma explicação corrente. Todavia, não me parece que seja uma explicação apenas de senso comum. O termo ‘dege-lo’ pressupõe um conhecimento protocientífico de que a neve, se suficientemente aquecida, derrete. Também não me parece que seja uma explicação apenas científica. Os termos ‘Primavera’ e ‘Pirenéus’ não são termos suficientemente precisos para se relacionarem com o ponto de fusão da água. Assim, parece-me que esta explicação é uma explicação que cai na fronteira nebulosa entre os dois tipos de conhecimento.

A dificuldade em torno da definição de *conhecimento científico* surge na medida em que não é consensual definir o que é ciência ou a sua prática. Por exemplo, tentar definir a ciência como um empreendimento de formulação de teorias que se corroboram contra a experiência, automaticamente, excluiria a Matemática Pura e a Lógica do domínio da ciência. A Matemática Pura e a Lógica são disciplinas consensualmente científicas mas que, em grande medida, não estão sujeitas a testes experimentais. Uma variante do problema de definição é o problema de demarcação. O problema de demarcação é o problema de distinguir a ciência da pseudo-ciência. Para alguns astrólogos a minha sorte na lotaria pode-se explicar, digamos, pelo alinhamento planetário do nosso sistema solar. Esta explicação decorre de pseudo-ciência.

Neste artigo não vou avançar com um critério para delimitar ou demarcar o conhecimento científico, nem vou estipular uma definição de ciência ou da sua prática. Isso implicaria escrever outros artigos.⁹ Felizmente, o que se segue depende pouco destes problemas. Para ilustrar algumas concepções tenho de me socorrer de alguns exemplos de explicações científicas, pseudo-científicas e de senso comum. Naturalmente, os exemplos são disputáveis, mas a sua disputa não tem como arena os problemas anteriores de delimitação e demarcação. São exemplos que caem claramente no interior de cada uma das categorias (científica/pseudo-científica/senso comum) ou, se isso não for o caso, não tem importância para a discussão. Caso o leitor discorde desta minha pretensão nos exemplos apresentados,

⁹ Ver os artigos ‘Pseudociência’ e ‘Revoluções Científicas’ previstos neste compêndio.

convido-o então a pensar em exemplos alternativos.

Uma razão adicional para não se estabelecer uma delimitação do conhecimento científico é a de que os próprios modelos de explicação têm domínios de aplicação ligeiramente diferenciados. Para Hempel (1965: 235, 253, 333), o modelo DN aplica-se à História e à generalidade das ciências naturais e sociais, excluindo a Matemática e a Lógica.¹⁰ Para Salmon (1989: 25), o modelo de relevância estatística aplica-se à generalidade dos fenómenos científicos, mas suspende o juízo de que a História seja uma ciência. Para van Fraassen (1980), o modelo pragmático da explicação aplica-se às ciências empíricas. Para Kitcher (1989), o modelo de unificação aplica-se às ciências empíricas e à Matemática Pura e Aplicada. Para Woodward (2003: 32), a teoria contrafactual da explicação causal aplica-se a todos os fenómenos causais, quer sejam científicos, quer sejam ordinários.

A clarificação acima realizada pode levar a pensar que iremos analisar o conceito *explicação científica*, enquanto prática individual dos cientistas. Por exemplo, é corrente encontrar nos jornais afirmações do género ‘o cientista *x* disse que a teoria/experiência *y* explica o fenómeno *z*’. Porém, nada disso nos interessa aqui. O cientista *qua* opinador e a sua prática ou psicologia não são objecto de análise neste artigo. Interessa-nos os produtos do cientista *qua* cientista. Ou seja, as teorias científicas produzidas pelos cientistas no âmbito das suas investigações. Os modelos sintetizados e discutidos pretendem modelar a relação explicativa entre as teorias científicas e os factos empíricos, independentemente da prática e da psicologia de cada cientista. Esta restrição não implica que os aspectos pragmáticos da explicação estejam excluídos na nossa análise. Mesmo os herdeiros do positivismo lógico, que propõem uma modelação lógica da estrutura da explicação, consideram que os aspectos pragmáticos da explicação não são irrelevantes.¹¹ A principal diferença entre os lógicos e os pragmatistas é a de que os primeiros admitem uma dimensão pragmática da explicação científica, enquanto os segundos pretendem reduzir a expli-

10 Para Hempel (1964: 391) a Matemática e a Lógica são apenas um extracto de ‘sumo teórico’ na formação do conhecimento empírico.

11 Por exemplo, Hempel defende que “propor esses modelos [não-pragmáticos] não é negar a ‘dimensão’ pragmática da explicação nem menosprezar sua importância” (Hempel 1965: 426).

cação científica a aspectos pragmáticos.¹²

3 Explicação dedutiva: modelo DN

O carácter dedutivo da explicação científica, nos termos contemporâneos em que o conhecemos, foi introduzido por John Stuart Mill. Estabelece-se uma conexão entre leis da natureza e observações ou outras leis:

Diz-se que um facto individual é explicado quando se indica a sua causa, ou seja, estabelecendo a lei ou as leis de causalidade, das quais a sua ocorrência é uma exemplificação (...) diz-se que uma lei ou uma uniformidade da natureza é explicada quando se indica outra lei ou leis, das quais essa lei é apenas uma exemplificação e a partir das quais pode ser deduzida. (Mill 1843: 464)

Hempel e Oppenheim (1948: 140) socorrem-se da passagem anterior, para ilustrar a ideia segundo a qual o modelo *dedutivo-nomológico* por eles proposto para a explicação científica não é propriamente uma novidade, mas um modelo defendido por autores precedentes como Mill (1843), Jevons (1920), Ducasse (1925) ou Feigl (1945).¹³

De acordo com o modelo DN, as explicações científicas são argumentos dedutivos, onde as premissas do argumento são o *explanans* e a conclusão é o *explanandum*. Sinteticamente, o modelo estipula a bicondicional seguinte:

(*) o *explanans* explica o *explanandum* se, e somente se, o *explanandum* deduz-se do *explanans*, sendo o *explanans* constituído por leis da natureza e condições ou antecedentes iniciais que se aplicam sobre as leis invocadas.¹⁴

Uma explicação científica obedece assim a quatro condições de ade-

12 Por exemplo, Achinstein defende que ‘o conceito acto explicativo é fundamental e os conceitos explicação (como produto) e boa explicação devem ser entendidos, de maneira importante, como referentes ao primeiro’. (Achinstein 1986: 4).

13 Ver também Hempel (1965: 337).

14 Esta definição é uma abreviação das condições necessárias e suficientes estipuladas em 7.5, 7.6 e 7.8 de Hempel. (Hempel 1965: 273, 277–8).

quação: 1) o argumento tem de ser dedutivamente válido; 2) o *explanans* tem de conter leis da natureza para a dedução do *explanandum*; 3) o *explanans* tem de conter conteúdo empírico (as leis da natureza são leis empíricas); 4) as proposições do *explanans* têm de ser verdadeiras (porque não tem sentido incluir no *explanans* leis da natureza ou condições que são conhecidamente falsas).¹⁵ Por exemplo, o argumento seguinte explica a trajectória elíptica de Saturno:

1) Todos os planetas percorrem trajectórias elípticas. (Lei de Kepler)

2) Saturno é um planeta. (Antecedente)

∴ Saturno percorre uma trajectória elíptica.

Na literatura existe um conjunto vastíssimo de alegados contra-exemplos ao modelo DN que, basicamente, desafiam a bicondicional (*). Por um lado, há explicações que se enquadram no modelo DN mas que, intuitivamente, não parecem ser explicações científicas (veja-se abaixo os problemas de *assimetria* e *irrelevância*); por outro lado, há explicações que não se enquadram no modelo DN mas que, intuitivamente, parecem ser explicações científicas (veja-se abaixo a objecção de Scriven).

O problema de assimetria pode ser assim ilustrado. A altura de um mastro, enquanto condição inicial aplicada sobre leis relevantes da trigonometria, explica o comprimento da sombra do mastro, digamos, ao meio-dia; por sua vez, simetricamente, a sombra do mesmo mastro, enquanto condição inicial aplicada sobre leis relevantes da trigonometria, explicaria a altura do mastro, digamos, ao meio-dia. Ambas as explicações putativas obedecem à estrutura e condições de adequação do modelo DN. Todavia, intuitivamente, o segundo caso não parece ser uma explicação científica. A direcção correcta da explicação parece ser do objecto físico para a sua sombra. A direcção inversa, da sombra para o objecto, não parece ser uma explicação legítima. Há assim uma assimetria no conceito explicação (Bromberger 1966: 92–93; Salmon 1998: 309).

Parece-me que a ideia em questão, segundo a qual o comprimento da sombra do mastro pode explicar a altura do mastro, não é uma ideia completamente irrazoável. As leis da trigonometria invocadas

¹⁵ Para variações ao modelo DN, ver Woodward (1979) e Kim (1963).

apenas estabelecem relações geométricas e, na verdade, são silenciosas sobre qual a alegada direcção correcta para uma explicação. Mesmo a ‘lei’ da trajectória da luz, segundo a qual a luz solar percorre uma trajectória rectilínea, é usada pelo seu valor facial, com vista a estabelecer relações geométricas. Estas leis são leis de coexistência. No corrente jargão matemático para a representação destas leis, as variáveis dependentes são intermutáveis com as variáveis independentes. Assim, tal como vejo o problema entre mãos, a alegada direcção correcta para a explicação é um elemento psicológico subjectivo que se procura mesclar com a noção de explicação científica e, via navalha de Ocham, deve ser eliminado.

Quando Tales, por exemplo, foi incumbido pelo Faraó de determinar a altura da pirâmide de Quéops, ele socorreu-se da própria sombra da pirâmide e da lei geométrica da proporção para determinar a sua altura. No instante em que a sombra de uma vara vertical ao solo tem o mesmo comprimento que a altura da vara, proporcionalmente, o comprimento da sombra da pirâmide é também igual à altura da pirâmide. Assumindo-se que a determinação da altura da pirâmide não é propriamente uma previsão, uma vez que antes da explicação já se conhecia a altura da pirâmide de forma independente (digamos, por medição a ‘olhómetro’), a sombra da pirâmide, enquanto condição inicial aplicada sobre a lei geométrica da proporção, contribuiu para explicar a altura da pirâmide.¹⁶

Scriven (1962) objectou que numa explicação científica nem sempre são invocadas leis da natureza. Por exemplo, podemos afirmar que a mancha de tinta no chão foi causada por um toque do meu joelho na mesa que derrubou o frasco de tinta. Nesta situação não parece que tenhamos de invocar qualquer lei da natureza, nem sequer construir um argumento dedutivo, para explicar o que ocorreu. O homem das cavernas avançaria com uma explicação semelhante, não invocando qualquer lei da natureza (que ele ignoraria de todo).

A objecção de Scriven, na verdade, serve de base às teorias pragmáticas da explicação, que analisaremos mais à frente. Por um lado, há ac-

16 Bas van Fraassen (1980: 105) insiste que se alguém perguntasse, digamos, a Tales por que razão a pirâmide Quéops tem 139 metros de altura, a afirmação ‘porque a pirâmide tem uma sombra de 139 metros’ não explicaria a sua altura. Quando muito a sombra da pirâmide permitiria verificar ou conhecer a sua altura.

tos explicativos (e.g. declarações orais) e seus produtos (e.g. frases); por outro lado, há uma explicação ideal por debaixo desses actos e produtos explicativos.¹⁷ Assim, o homem das cavernas poderia entender a explicação da mancha no solo, sem saber qualquer lei física ou química. Todavia, quem procure uma explicação ideal do fenómeno insistirá que a explicação de Scriven é uma explicação elíptica respeitante a uma explicação ideal, composta por leis da natureza, mas que a complexidade do fenómeno em causa dificulta a explicitação de tais leis.¹⁸

Uma outra objecção ao modelo DN consiste na invocação no *explanans* de leis da natureza problemáticas. Ataca-se assim a noção de lei da natureza de que o modelo necessita para a sua edificação.¹⁹ Um problema consiste em distinguir entre leis da natureza genuínas, e.g. ‘todos os planetas percorrem trajectórias elípticas’, e generalizações acidentais, e.g. ‘todos os homens presentes no Conselho de Ministros usam gravata’. Outro problema, chamado de ‘irrelevância’, consiste em invocar leis da natureza com aspectos irrelevantes para a explicação. Por exemplo:

- 1) Todos os homens que tomam pílulas anticoncepcionais não engravidam. (Lei da natureza)
 - 2) João tomou pílulas anticoncepcionais durante 2001. (Condição inicial)
- ∴ João não engravidou em 2001

Este argumento obedece à estrutura do modelo DN: o *explanandum* deduz-se do *explanans*, onde o *explanans* tem uma alegada lei da natureza e uma condição inicial. No entanto, não parece que este *explanans* explique por que razão João não engravidou durante o ano 2001.²⁰ O *explanans* é irrelevante.

Este tipo de objecções parece-me oblíquo à discussão. Determi-

17 Ver Achinstein (1986: 3–4).

18 Ver Hempel (1965: 359–364).

19 Hempel (1965: 338) dedica algum espaço ao problema.

20 Ver Salmon (1989: 50).

nar o que faz de uma lei da natureza ser uma lei da natureza é uma questão importante. Nomeadamente, é necessário introduzir restrições no conceito *lei da natureza* para que nem todas as generalizações sejam leis da natureza. Salmon (1979) faz uma tentativa nesses moldes para resolver o problema da irrelevância; no artigo ‘Leis da Natureza’ deste compêndio (Castro 2013) explanam-se outras concepções que apresentam soluções para ambos os problemas. Por exemplo, de acordo com David Armstrong (1983), leis da natureza são relações de necessitação de segunda ordem entre universais. Assim, ‘engravatado’ e ‘homens pilulados’, simplesmente, não são universais e, como tal, a sua invocação numa generalização *ad hoc* não permite formular uma lei da natureza. Creio que a partir do momento que incorporemos no modelo uma concepção adequada de lei da natureza, estes problemas podem ser ultrapassados. A jusante, naturalmente, surgirão outros problemas.²¹

4 Explicação estatística: modelos IS e SR

Paralelamente ao modelo DN, Hempel desenvolveu um modelo para a explicação probabilística designado de ‘modelo indutivo-estatístico’ (doravante, *modelo IS*). Por exemplo, para explicar por que razão a bactéria *helicobacter pylori* foi erradicada do organismo de João, depois de lhe ter sido administrado um tratamento de penicilina, podemos articular a explicação seguinte. 1) É uma lei estatística que a bactéria *helicobacter pylori* é erradicada em 80% dos tratamentos de penicilina. 2) Por meio de diagnóstico apropriado, apurou-se que João estava infectado com *helicobacter pylori*. 3) João submeteu-se a um tratamento de penicilina. O *explanans* 1), 2) e 3) permite inferir que, muito provavelmente, o tratamento de penicilina erradicou a bactéria *pylori* do organismo de João. A conclusão não se segue do *explanans* dedutivamente, mas com elevada probabilidade. A conclusão é assim uma inferência indutiva. Neste modelo, em vez de leis da natureza na forma de quantificações universais do modelo DN, $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$, admite-se a existência de leis estatísticas na forma

²¹ Ver Bird (1999) para uma discussão à ideia por mim proposta e Díez (2014) para uma proposta dum modelo neo-DN que tenta acomodar várias das objecções ao modelo DN original.

$p(G,F) = r$, lidas como ‘a probabilidade estatística de F ser G é r ’. Combinando esta lei com a condição antecedente de que a é F explica-se indutivamente que a é G .

Um problema que o modelo IS enfrenta é respeitante à própria noção de lei estatística, quando a lei invocada confere baixa probabilidade para o passo indutivo. Por exemplo, assumindo que é uma lei estatística que a bactéria *pylori* é erradicada em apenas 10% dos tratamentos de penicilina, parece intuitivamente correcto continuar a afirmar que o tratamento de penicilina erradicou a bactéria *pylori* do organismo de João, apesar da baixa probabilidade de sucesso do tratamento. O modelo IS não consegue acomodar estes acontecimentos com baixa probabilidade. O modelo apenas se aplica a acontecimentos muito prováveis.

O modelo de relevância estatística (doravante, *modelo SR*) foi desenvolvido por Wesley Salmon (em particular, Salmon, Jeffrey e Greeno 1971). O principal contraste entre o modelo IS e o modelo SR é o seguinte. No modelo IS, uma explicação é um argumento a partir do qual se infere um *explanandum* altamente provável; no modelo SR, uma explicação é um conjunto de factos estatisticamente relevantes para o *explanandum*, independentemente do grau de probabilidade do seu resultado (Salmon, Jeffrey e Greeno 1971: 11). No primeiro caso, a noção de probabilidade invoca um, e um só, valor numérico (próximo de 1, ou seja, só se aplica a casos muito prováveis);²² no segundo caso, a noção de probabilidade consiste na comparação de dois valores de probabilidade – o valor de probabilidade *a priori* e o valor de probabilidade *a posteriori* –, onde o primeiro valor é supostamente diferente do segundo valor. Por exemplo, no caso do João infectado com a bactéria *pylori*, a probabilidade *a priori* é a probabilidade de erradicação da bactéria sem qualquer tratamento; a probabilidade *a posteriori* é a probabilidade de erradicação da bactéria pelo tratamento baseado em penicilina.

A estrutura do modelo SR é a seguinte:

Seja A uma classe de referência, B o seu atributo, C_i factores estatisticamente relevantes para B , p a probabilidade *a priori*, p_i probabilidades *a posteriori*. Então,

²² Note-se que na tradução alemã de Hempel (1965) é deixada cair a condição de elevada probabilidade. Ver Hempel (1977: 99) e Schurz (1995: 457).

$$P(B|A) = p$$

$$P(B|A.C_i) = p_i, i = 1, \dots, k$$

Onde, os valores de p_i são todos diferentes e $A.C_i$ é uma partição homogénea relevante de A .²³

À luz do modelo SR, a questão a formular para uma explicação é a seguinte: porque razão o membro x da classe A tem o atributo B ? Assim, para explicar por que razão João, membro do conjunto de indivíduos com a bactéria *pylori*, erradicou a bactéria *pylori*, articulamos a explicação seguinte. A é a classe de referência ‘indivíduos com a bactéria *pylori*’; B é o atributo ‘erradicação da bactéria *pylori*’; C_i é o conjunto de factores estatisticamente relevantes a ter em conta para a erradicação da bactéria *pylori* como, por exemplo, tomar penicilina, bactéria de estirpe vulnerável à penicilina, indivíduo com alergia à penicilina, etc. Afirmamos que João foi tratado com penicilina e que a probabilidade de erradicação da bactéria, por intermédio do tratamento de penicilina, não sendo João alérgico à penicilina, nem a estirpe da bactéria de João é resistente à penicilina, é uma probabilidade bastante elevada (digamos, p_3 é próximo de 0,8) quando comparada à probabilidade de erradicação da bactéria sem qualquer tratamento (digamos, p é próximo de 0,0001). Todavia, mesmo que a probabilidade p_3 fosse um valor mais baixo (digamos, 0,2) o modelo SR, ao contrário do modelo IS, continuaria a explicar por que razão João erradicou a bactéria, porque o mesmo continuaria a diferenciar os factores estatisticamente relevantes para a explicação.

Um dos problemas com a teoria de Salmon é que um mesmo *explanans* é estatisticamente relevante para *explananda* contraditórios. Suponhamos que pretendo eliminar as ervas daninhas do meu jardim por intermédio de um herbicida. O herbicida que aplico tem uma taxa de sucesso de 90%. De acordo com o modelo acima, a aplicação do herbicida é estatisticamente relevante para explicar por que as ervas daninhas do jardim morreram; e a aplicação do herbicida é estatisticamente relevante para explicar por que algumas das ervas sobrevivem (Cartwright 1979: 425). Todavia, intuitivamente, não parece

²³ $A.C_i$ é uma partição homogénea relevante de A se, e só se, os conjuntos $A.C_i$ compõem um conjunto de subconjuntos mutualmente exclusivos e exaustivos de A .

correcto afirmar que a aplicação do herbicida explica a sobrevivência das ervas daninhas! O modelo é incapaz de acomodar esta intuição relativa a estes casos.

Há uma outra objecção geral às explicações de carácter estatístico. Se defendemos que o universo é *determinístico*, ainda que desconheçamos as leis que governam todos os acontecimentos do espaço-tempo, então as leis estatísticas são, quando muito, uma aproximação a essas leis desconhecidas. As leis estatísticas dão-nos uma explicação para o que acontecerá se, no limite, repetirmos até ao infinito um determinado acontecimento, mas, na verdade, são incapazes de fornecer uma explicação para acontecimentos particulares no espaço-tempo.²⁴ Este fraqueza no modelo SR é admitida por Salmon: ‘uma explicação não mostra que o acontecimento era esperado; mostra que tipos de expectativas seriam razoáveis e sob quais circunstâncias o acontecimento era esperado’ (Salmon, Jeffrey, e Greeno 1971: 79). Por outras palavras, caso se pergunte por que razão João erradicou a bactéria *pylori* do seu organismo, invoca-se um *explanans* com a noção de probabilidade, digamos, ‘há uma probabilidade de 80% de erradicação da bactéria por intermédio da toma de um antibiótico de penicilina ...’. Todavia, tal resposta parece ser um tanto irrelevante para quem procura um modelo cientificamente ideal que explique por que razão a bactéria foi determinadamente eliminada do organismo de João.²⁵

5 Explicação pragmática: teoria das questões ‘porquê?’

Um padre visitou Willie Sutton na cadeia e diz-se que ocorreu a troca de palavras seguinte:

— Por que roubas *bancos*?

— Bem... é o local onde se encontra o dinheiro!

As questões explicativas parecem assim depender da interpretação que o ouvinte faz da questão explicativa. Na resposta acima, Sutton interpretou a pergunta com ênfase no termo ‘*bancos*’ – ‘por que roubas *bancos*?’ – quando a maior parte de nós colocaria a ênfase no

²⁴ Por exemplo, apesar de sabermos que a probabilidade de sair cara num lançamento de uma moeda é de 50%, não consigo explicar por que razão saiu cara, neste lançamento que acabei de fazer.

²⁵ Ver Readhead (1990).

termo ‘roubas’ – ‘por que *roubas* bancos?’

Com vista a ultrapassar este problema corrente no dia-a-dia, Bas van Fraassen (1980: cap. 5) defende que, em geral, as questões colocadas são formulações elípticas de questões contrastantes, onde as diversas alternativas estão elididas.²⁶ Formalmente, a questão ‘porquê *p*?’ é uma formulação elíptica da questão contrastante ‘porquê *p* em vez de *p*, *p*’, ...?’. Por exemplo, a questão ‘por que Adão comeu a maçã?’ é uma elipse de outras questões contrastantes alternativas, todas com sentidos diferentes: 1) Por que foi *Adão* que comeu a *maçã* em vez de *Eva*? 2) Por que Adão comeu uma *maçã* em vez de uma *laranja*? 3) Por que Adão *comeu* a *maçã* em vez de *apalpar* a *maçã*? Etc.

De acordo com van Fraassen (1980: 142–3), um modelo para a explicação constitui-se numa teoria acerca das próprias questões que se formulam quando se pretende obter uma explicação. Ou seja, a questão simples ‘porquê *p*?’ é o objecto principal de estudo da teoria proposta por van Fraassen. Contrariamente aos modelos anteriores, uma explicação não se constitui numa relação diádica *explanans-explanandum*, mas constitui-se numa relação triádica *explanans-explanandum-contexto*. Mais precisamente, uma explicação constitui-se por um triplo ordenado <tópico, classe-contrastante, relação de relevância>, respeitante à própria questão que se formula. Assim, uma explicação é uma *resposta* a uma questão-porquê *Q* – ‘porquê *P_k*?’. Para além destas modificações respeitantes aos modelos anteriores, este modelo deixa também cair a pretensão logicista de que uma explicação é um argumento ou uma lista de proposições logicamente encadeadas.

Formalmente, uma questão *Q* depende de três factores, i.e., $Q = \langle P_k, X, R \rangle$: 1) *P_k* é o tópico, 2) $X = \{P_1, \dots, P_k, \dots\}$ é uma classe-contrastante de alternativas e 3) *R* é uma relação de relevância. A questão *Q* pressupõe ainda que se coloca num contexto de um conhecimento de fundo *K*. Em termos abstractos, as respostas directas à questão *Q* têm a forma seguinte:

(*) *P_k* em contraste com (o resto de) *X*, porque *A*

Precisamente, uma resposta directa à questão *Q* define-se assim:

²⁶ Neste artigo apenas irei abordar o modelo de van Fraassen. Ver Achinstein (1986) para o desenvolvimento de outras ideias pragmáticas da explicação.

B é uma resposta directa à questão $Q = \langle P_k, X, R \rangle$ se, e só se, existir uma proposição A : A estabelece uma relação R com $\langle P_k, X \rangle$ e B é uma proposição verdadeira se, e só se, (1) P_k é verdadeiro, (2) para todo $i \neq k$, P_i é falso e (3) A é verdadeira.

Por outras palavras, a definição para a resposta directa pressupõe três condições para uma questão-porquê: (1) o tópico P_k da questão é verdadeiro; (2) o tópico P_k é o único elemento verdadeiro da classe contrastante X ; (3) e existe pelo menos uma proposição verdadeira A que estabelece uma relação R com $\langle P_k, X \rangle$.

Para van Fraassen, uma teoria da explicação enfrenta dois problemas maiores: o problema de como rejeitar um pedido de explicação e o problema da assimetria. O primeiro problema é um problema importante, porque muitas vezes não temos qualquer explicação para o acontecimento em causa ou, em determinados contextos, a questão explicativa é simplesmente sem sentido. Assim, van Fraassen defende que uma questão apenas surge num contexto de conhecimento de fundo K se o contexto de conhecimento de fundo K implicar que (1) o tópico P_k da questão é verdadeiro e (2) o tópico P_k é o único elemento verdadeiro da classe contrastante X . Por outras palavras, o contexto de fundo K é que determina se uma questão explicativa surge ou não. Finalmente, a questão explicativa pressupõe que (3) existe pelo menos uma proposição verdadeira A que estabelece uma relação R com $\langle P_k, X \rangle$.

Ilustremos concretamente a rejeição de questões explicativas com exemplos. Condição (1): rejeitamos a questão ‘por que razão Neil Armstrong pisou Marte em vez de ter pisado a Lua?’, pois o tópico desta questão – ‘Neil Armstrong pisou Marte’ – é falso. Condição (2): sabendo *a priori* que João e Paulo contraíram paralisia, rejeitamos a questão ‘por que razão João contraiu paralisia em vez Paulo?’, porque todos os elementos da classe contrastante – $\langle \text{João contraiu paralisia, Paulo contraiu paralisia} \rangle$ – são verdadeiros. Condição (3): rejeitamos a questão ‘por que razão João contraiu paralisia e nenhum dos outros sífilíticos contraiu paralisia?’, porque, à luz da nossa melhor ciência médica, não sabemos qual a razão para que alguns sífilíticos, no estado terciário da doença, contraíam paralisia. *A priori* não há

qualquer resposta possível para essa questão.²⁷ Note-se, no entanto, noutra contexto apropriado, a mesma questão sobre a razão da paralisia do João já não é rejeitada. Por exemplo, sabendo que João é o único dos irmãos contagiado por sífilis, não rejeitamos a questão ‘por que razão João contraiu paralisia e nenhum dos seus irmãos contraiu paralisia?’. Neste contexto, existe uma resposta para a questão, nomeadamente, ‘João é o único dos irmãos que teve sífilis’.

Importa realçar que a condição (3) acima (referida no antepenúltimo parágrafo) não implica que apenas possamos formular questões para as quais sabemos qual é a resposta verdadeira efectiva. Questões genuinamente formuladas, ainda que não saibamos qual é a resposta verdadeira, não devem ser rejeitadas, desde que se pressuponha que a questão tem possíveis respostas verdadeiras. Por exemplo, a questão ‘por que razão desapareceu a menina Madeleine McCann a 3 de Maio de 2007?’ é uma questão legítima, porque sabemos que existe uma resposta verdadeira para a mesma, mas (quase) nenhum de nós sabe qual é a resposta verdadeira a essa questão. Apenas os efectivos responsáveis pelo seu desaparecimento ou homicídio sabem qual é a resposta verdadeira. Portanto, uma questão é rejeitada num dado contexto apenas se *a priori* sabemos que não existe de todo qualquer possível resposta verdadeira para a mesma.

A respeito do problema da assimetria, van Fraassen socorre-se de uma lenda sobre a altura de uma torre construída no sul de França e a sombra que esta projecta no terraço envolvente. Segundo esta lenda, a torre tem uma altura particular, com vista a que a sua sombra possa encobrir o terraço, onde um nobre tinha declarado o seu amor a uma criada (que o traiu posteriormente). Assim, no contexto da lenda acima, a pergunta ‘por que a altura da torre é *h*?’ (com uma classe contrastante sobre os diferentes comprimentos possíveis da torre) é respondida invocando o comprimento da sombra projectada no terraço, que ensombra o local em que o nobre declarou o seu amor traído.

Contrariamente, Salmon (1989: 144) declara que para um defensor da causalidade – efeitos não explicam causas. Assim, a altura da

²⁷ A sífilis, se não tratada, pode conduzir ao surgimento de paralisia (dezenas de anos após o contágio). Apenas cerca de 25% dos infectados com sífilis contraem paralisia. O surgimento da paralisia é cientificamente inexplicável.

torre não é explicada pelo comprimento da sua sombra, mas pelo desejo do nobre em sombrear o local onde declarou o seu amor. O desejo prévio do nobre é a causa da altura da torre. No meu entender, a réplica de Salmon esconde uma aplicação da lei da transitividade na explicação, ela própria problemática, a saber: o comprimento da sombra explica a altura da torre; o desejo do nobre explica o comprimento da sombra; transitivamente, o desejo do nobre explica a altura da torre.

O modelo de van Fraassen continua a ser compatível com o modelo DN. Brevemente, para cada explicação a uma questão $Q = \langle P_k, X, R \rangle$, podemos ter uma explicação análoga mas a respeito de uma questão ideal $Q^* = \langle P_k, X, R^* \rangle$, onde R^* constitui-se na construção de um argumento dedutivo, sendo o *explanans* constituído por pelo menos uma lei da natureza e condições iniciais e o *explanandum* constituído pelo tópico da questão.²⁸ Feito este enquadramento, compreende-se que o alegado problema da assimetria não é propriamente ultrapassado pelo modelo de van Fraassen. Por outras palavras, se o modelo DN tem um problema com a assimetria (e acima já dei motivos para duvidar da premência deste problema), então o modelo de van Fraassen também tem um problema com a assimetria. No exemplo torre/sombra temos então a explicação ideal seguinte: o *explanans* continua a ser constituído pela condição antecedente do comprimento da sombra da torre aplicada sobre leis relevantes da trigonometria; o *explanandum* continua a ser constituído pela altura respectiva da torre; e o *explanandum* deduz-se do *explanans*. O resultado é assim uma explicação tradicional de tipo DN. O modelo de van Fraassen apenas legitima essa explicação por intermédio do contexto – a tal lenda do amor do nobre pela criada. Todavia, um defensor do modelo DN pode insistir que o contexto é externo à explicação, tal como a psicologia ou as intuições são externas à explicação.

Um outro problema identificado por Kitcher e Salmon (1987) é a alegada ausência de qualquer restrição formal no modelo relativamente à relação de relevância R . Assim sendo, podemos obter a situação bizarra de que uma qualquer resposta A pode estabelecer uma relação de relevância com o par $\langle P_k, X \rangle$. O desafio é através de um exemplo de astrologia.

28 Ver Kitcher (1989: 415) para um desenvolvimento técnico desta ideia.

Consideremos a questão ‘por que razão JFK morreu no dia 22 de Novembro de 1963?’.

O tópico P_k : $P_k = JFK$ morreu no dia 22 de Novembro de 1963.

A classe contrastante X : $X = \{JFK$ morreu no dia 1/1/ 1963, JFK morreu no dia 2/1/1963, ..., JFK morreu no dia 31/12/de 1963, JFK não morreu em 1963}

A resposta directa B : $B = P_k$ em contraste com (o resto de) X , porque A . Sendo A a posição astronómica dos planetas do sistema solar no dia do nascimento de JFK.

A resposta directa B verifica as três condições acima requeridas na definição, a saber: (1) o tópico P_k é verdadeiro (2) para todo $i \neq k$, P_i é falso e (3) A é verdadeira. Além disso, A é também uma boa explicação, à luz dos próprios critérios que van Fraassen (1980: 146–151) estabelece para tal. Sinteticamente, esta é a consequência para o modelo de van Fraassen: ‘a sua teoria está comprometida com o resultado segundo o qual quase tudo pode explicar quase tudo’ - ‘his theory is committed to the result that almost anything can explain almost anything’ (Kitcher e Salmon 1987: 322).

Parece-me que esta objecção ao modelo resulta de uma leitura pouco caridosa da proposta de van Fraassen. Embora seja verdade que van Fraassen não estipula nenhuma restrição formal para R , não se segue que a relação de relevância R seja completamente irrestrita e que possamos aceitar uma qualquer resposta para a questão realizada. O contexto determina o que é ou não relevante:

Frequentemente, uma explicação consiste em listar factores salientes que procuram terminar uma história de como o acontecimento ocorreu. O resultado disto é eliminar várias hipóteses alternativas de como este acontecimento surgiu e/ou eliminar perplexidades relativas de como o acontecimento poderia ter surgido. Mas a saliência é dependente do contexto e a escolha do factor ‘importante’ correcto depende do conjunto de alternativas contempladas em tal contexto (...) Por outras palavras, *o contexto determina a relevância* (...) Poderá pensar-se que quando é solicitada uma explicação científica a relevância de hipóteses possíveis e a

classe-contrastante estão automaticamente determinadas. Todavia, isto não é assim. Quer ao médico, quer ao mecânico, é-lhes solicitada uma explicação científica. O médico explica a fatalidade *qua* morte de um organismo humano; o mecânico explica-a *qua* fatalidade de um acidente de automóvel. Solicitar que as explicações sejam científicas é apenas solicitar que elas se baseiam em teorias científicas e experimentação e não em lendas. (van Fraassen 1980: 129)

Portanto, no contexto de uma explicação científica ou até no contexto de uma explicação de senso-comum cientificamente informada, a data de nascimento de JFK é irrelevante para explicar a sua morte.

6 Explicação unificadora: teoria dos argumentos-padrão

O modelo de unificação baseia-se na ideia de que uma teoria científica deve conseguir unificar, numa mesma descrição, um conjunto diverso de fenómenos observacionais ou teóricos. O processo de unificação é particularmente evidente quando uma nova teoria científica unifica teorias científicas precedentes. A nova teoria explica todos os fenómenos que as teorias precedentes explicam e, desejavelmente, conseguirá explicar outros fenómenos que as teorias precedentes eram incapazes de explicar. Por exemplo, diz-se que a teoria de gravitação universal unificou o movimento dos corpos macroscópicos na superfície terrestre (e.g. lei da queda dos graves de Galileu) e o movimento dos corpos celestes (e.g. leis de Kepler); e a teoria do electromagnetismo unificou a teoria eléctrica e a teoria magnética. Na matemática, por sua vez, uma marca de profundidade explicativa de um novo teorema matemático é aquela em que um teorema precedente se segue como um corolário do novo teorema.²⁹

Philip Kitcher subscreve a ideia subjacente ao modelo DN de que as explicações são argumentos. Todavia, estes argumentos não são argumentos-particulares que explicam acontecimentos particulares, como no caso do modelo DN, mas argumentos-padrão globais

²⁹ O artigo pioneiro do unificacionismo contemporâneo é Friedman (1974). Versões mais recentes do unificacionismo foram propostas por Schurz (1999), Weber (1999) e Bartelborth (2002). Neste artigo vou-me centrar nas propostas de Kitcher (1989) e Bangu (2017).

que servem para explicar variados acontecimentos do mesmo género. À luz do modelo DN, por exemplo, o eclipse solar total ocorrido a 11 de Agosto de 1999 explica-se por intermédio de um argumento-particular cujas premissas são a lei de gravitação universal e as condições iniciais respeitantes às posições e velocidades da Lua e do planeta Terra num instante anterior à data do eclipse. À luz da unificação, por sua vez, esse argumento é explicativo, porque faz parte do conjunto de argumentos-padrão respeitante a todos os tipos de eclipses solares e lunares dos planetas do sistema solar (ou do universo em geral). Assim, uma explicação científica é uma derivação que faz parte de uma derivação padronizada.

A ciência progride no nosso conhecimento da natureza mostrando-nos como derivar descrições de muitos fenómenos, usando os mesmos padrões de derivação vezes sem conta e, ao assim proceder, ensina-nos como diminuir os factos que temos de aceitar como últimos (ou brutos). (Kitcher 1989: 432)

Tecnicamente, a proposta de Kitcher é assim formulada. Um *argumento-padrão* (derivação) é uma sequência de frases esquemáticas. As frases esquemáticas são frases com variáveis ligadas³⁰ que obedecem a um conjunto prévio de *instruções de preenchimento* e de *classificação* que estabelecem as premissas, conclusões e regras de inferência que se devem seguir para efectuar uma derivação.

Seja C um dado conhecimento científico relativo a uma dada época da história da ciência e $E(C)$ o repositório explicativo (*'explanatory store'*) acima do conhecimento científico C que melhor sistematiza C . $E(C)$ é o conjunto de argumentos-padrão (derivações) que melhor unifica C . $E(C)$ minimiza o número de argumentos-padrão e maximiza do número de conclusões que se derivam. Num contexto C , para uma derivação ser considerada uma explicação aceitável, então essa derivação tem de pertencer a um argumento-padrão de $E(C)$.³¹

O problema de assimetria (nos termos torre/sombra introduzidos por van Fraassen) pretende ser ultrapassado da maneira seguinte.³²

30 Do género, 'Para todo o x , se x é F , então x é G '.

31 Para outras teorias da explicação baseadas na unificação ver Friedman (1974) e Schurz e Lambert (1994).

32 Kitcher (1989: 482–484) propõe uma solução análoga para o problema de

Consideremos duas explicações: (1) os planos de construção do arquitecto, o comprimento da sombra da torre e leis relevantes da trigonometria explicam a altura da torre; (2) o comprimento da sombra da torre e leis relevantes da trigonometria explicam a altura da torre. A explicação (1) faz parte do conjunto de argumentos-padrão, $E_{objecto}$, que explica as dimensões de objectos em geral como mesas, cadeiras, montanhas, mastros, torres, etc. A explicação (2) terá de fazer parte de uma outra sistematização, E_{sombra} , porque é uma explicação estruturalmente diferente da primeira explicação. E_{sombra} é o conjunto de argumentos-padrão que explica as dimensões de objectos em geral como mesas, cadeiras, montanhas, mastros, torres, etc., a partir das suas sombras respectivas.

Consideremos agora a nossa melhor sistematização do conhecimento científico contemporâneo, $E(C)$. Qual é o conjunto de argumentos-padrão que torna $E(C)$ mais unificada? Ou seja, qual das duas sistematizações, $E = \{E_{objecto}, E_1, E_2, \dots, E_n\}$ e $E^* = \{E_{sombra}, E_1, E_2, \dots, E_n\}$, é mais unificadora? À primeira vista, ambas as sistematizações têm o mesmo poder unificador, porque implicam o mesmo número de conclusões, acerca das dimensões dos objectos, a partir do mesmo número de argumentos-padrão ($n+1$ argumentos-padrão). Todavia, consideremos agora a existência de objectos sem sombra como, por exemplo, objectos transparentes. A altura destes objectos não pode ser explicada por E_{sombra} . E_{sombra} apenas consegue explicar as dimensões de objectos com sombra. Consequentemente, a sistematização E^* não pode ser a nossa melhor sistematização do conhecimento científico C . Se acrescentarmos $E_{objecto}$ a E^* , também não se resolve o problema. As sistematizações E e $\{E_{objecto}, E^*\}$, se comparadas, implicam o mesmo número de conclusões, acerca das dimensões dos objectos, mas $\{E_{objecto}, E^*\}$ é menos unificadora do que E , uma vez que $\{E_{objecto}, E^*\}$ tem $n+2$ argumentos-padrão e E tem $n+1$ argumentos-padrão. Assim, a melhor sistematização do conhecimento científico actual é $E(C) = E$. Em resumo, (1) é uma explicação aceitável, porque é uma exemplificação de um argumento-padrão da nossa melhor sistematização do conhecimento científico actual, $E(C)$; (2) não é uma explicação aceitável, porque não é uma exemplificação de um argumento-padrão da nossa melhor siste-

irrelevância. Kitcher discute o caso de sal 'enfeitado' que se dissolve em água.

matização do conhecimento científico actual, $E(C)$.

Com vista a que E seja uma melhor sistematização do que E^* , o argumento acima depende da existência de objectos sem sombra. Na superfície terrestre, é verdade que certos objectos, como os objectos transparentes, podem ter sombras que não são detectadas a olho nu. Todavia, um espectrómetro conseguirá detectar essas mesmas sombras, em virtude de haver uma modificação do comprimento de onda da luz emitida pelo Sol. Ou seja, é bastante disputável que na superfície terrestre exista tal coisa como objectos sem sombra e, assim, E e E^* terão o mesmo poder unificador. Esta é uma objecção clássica à pretensão do unificacionismo conseguir dissolver o problema de assimetria acima referido.

Há um outro problema de assimetria para o unificacionismo a respeito da retroexplicação de acontecimentos, isto é, a ‘explicação’ de acontecimentos passados por intermédio de acontecimentos presentes. O eclipse solar total ocorrido a 11 de Agosto de 1999, bem como qualquer outro eclipse solar passado, pode ser explicado utilizando condições iniciais respeitantes às posições e velocidades actuais da Lua e do planeta Terra. Isto é possível de realizar, porque a lei de Newton é temporalmente simétrica. Temos assim dois tipos de argumentos-padrão para a lei de Newton: argumentos-padrão previsão e argumentos-padrão retrovisão.³³ O primeiro tipo de argumentos serve para explicar acontecimentos futuros; o segundo serve para explicar acontecimentos passados. Estes argumentos-padrão têm o mesmo poder de unificação. Todavia, intuitivamente, não parece que os argumentos-padrão retrovisão se constituam para uma explicação aceitável de coisa alguma. Portanto, o poder unificador por si só não consegue decidir sobre o que seja uma explicação aceitável.³⁴

Na secção 3, a respeito do modelo DN, verificámos como as leis da natureza podem explicar factos ou acontecimentos particulares, mas fui omissos sobre a possibilidade de explicação das próprias leis da natureza. À primeira vista, poder-se-á pensar que a modelação proposta pelo modelo DN será directamente transponível para *explanda* constituídos por leis. Pelo contrário, esta alegada facilidade na

³³ O termo ‘retrovisão’ é um neologismo com o qual pretendo referir uma ‘previsão’ respeitante a um acontecimento passado.

³⁴ Consultar Barnes (1992) para mais detalhes sobre esta objecção.

transposição é ilusória. A acomodação no modelo DN de *explananda* constituídos por leis da natureza está longe de ser trivial. Este problema é famosamente anotado por Hempel e Oppenheim (1948: 159) e é geralmente conhecido como *problema da conjunção* de leis.

A terceira lei de Kepler (K), por exemplo, pode ser conjugada com a lei de Boyle (B), obtendo-se assim uma lei mais geral K.B. A partir desta lei geral, K.B, pode deduzir-se a terceira lei de Kepler (K). Todavia, esta derivação, ainda que conforme ao modelo DN, intuitivamente, não parece ser uma explicação genuína da terceira lei de Kepler. Uma mera conjugação fortuita de leis não parece que possa explicar uma das leis da conjunção. Em contraste, é sabido que a terceira lei de Kepler (K) deriva-se da lei de gravitação universal de Newton (N). Comumente, diz-se que a lei de gravitação universal *explica* a terceira lei de Kepler. Ambas as derivações são conformes ao modelo DN. O problema entre mãos para o unificacionismo consiste em estabelecer um critério para que a primeira derivação seja desqualificada de explicativa (K.B não explica K) e a segunda derivação seja acomodada como explicativa (N explica K). Este é um problema central para o unificacionismo, porque o unificacionismo foi justamente motivado pela ideia de que a explicação de leis nas ciências físicas é muito mais corrente do que a explicação de acontecimentos particulares (Friedman 1974: 5).

Dentro do unificacionismo, Friedman (1974) foi a primeira tentativa para resolver o problema da conjunção de leis. Acontece que esta solução foi cabalmente refutada por Kitcher (1976).³⁵ Recentemente, Sorin Bangu (2017) propôs uma nova solução para o problema a partir de uma versão ligeiramente reformulada do unificacionismo. Fecharei a seção com esta solução.

Bangu argumenta que quando estamos perante uma explicação genuína unificadora, a lei unificadora permite derivar uma descrição melhorada do fenómeno que se pretende inicialmente explicar. Ou seja, no caso da explicação de leis, a própria lei original a explicar é corrigida no resultado da derivação a partir da lei unificadora. Para

³⁵ A solução de Friedman é intrincada e pouco iluminadora, tal como o próprio admite. Por falta de espaço, não vou aqui endereçar essa solução. Para uma análise comentada à solução de Friedman (1974) consultar Salmon (1989: 94–101) e Psillos (2002: 267–272).

além desta modificação na descrição da lei derivada, opera-se também uma modificação ao nível ontológico, em virtude das mudanças conceituais que a unificação acarreta. A lei unificadora opera uma redução ontológica, isto é, a ontologia da lei unificadora genuína é inferior à ontologia dos fenómenos por ela descrita. Em contraste, uma unificação fortuita é ontologicamente conservadora, isto é, a ontologia da lei unificadora fortuita é simplesmente a reunião das ontologias das leis unificadas. Em suma, à luz deste novo unificacionismo, um fenómeno é explicado se, e só se: '(i) um *explanans* unificador ontologicamente-redutivo é identificado e (ii) é apresentado o modo segundo o qual este *explanans* assegura que o fenómeno ocorre' (Bangu 2017: 123).

Consideremos a terceira lei de Kepler (K), a terceira lei de Kepler modificada (K*), a lei de Boyle (B) e a lei de gravitação universal de Newton (N):

K: $p^2/a^2 = \text{constante}$, onde p é o período de revolução do planeta e a é o comprimento do semi-eixo maior da elipse de revolução.

K*: $p^2/a^2 = 4\pi^2/(GM)$, onde G é a constante de gravitação universal e M é a massa do Sol.

B: $PV = \text{constante}$, onde P é a pressão, V é o volume, para uma temperatura constante.

N: $F = Gm^1m^2/r^2$, onde m^1 e m^2 são as massas dos corpos em questão e r a distância entre eles.

Os unificacionistas precedentes a Bangu debateram-se ingloriamente com o problema da conjunção, porque, precipitadamente, consideraram que a lei de Kepler original (K) era derivada da lei de gravitação de Newton (N). Na verdade, a lei de gravitação opera uma modificação na própria lei de Kepler a derivar. Assim, rigorosamente, a partir da lei de gravitação de Newton (N) consegue-se derivar a lei de Kepler modificada (K*), mas não a sua versão original (K). A lei de Kepler original (K) estabelece que para os planetas do sistema solar o quadrado do período é proporcional ao quadrado do eixo maior. A partir da lei de gravitação (N) deriva-se qual é o valor dessa proporcionalidade, $4\pi^2/(GM)$, invocando novos conceitos, como força e massa, que não estão presentes na lei de Kepler original (K). Em contraste, na unificação fortuita conjunta

de K e B não se verifica qualquer alteração na descrição do fenómeno que se pretende explicar. Ou seja, aderivação implica uma tautologia: ‘a divisão do quadrado do período pelo quadrado do eixo maior é constante explica por que razão a divisão do quadrado do período pelo quadrado do eixo maior é constante’. Note-se que K.B também não permite derivar K*, porque há uma insuficiência conceptual evidente em K.B para derivar K*.

7 Explicação causal/não-causal: teoria contrafactual

A introdução da causalidade nos modelos da explicação é motivada pela aparente simplicidade desta noção em resolver problemas prementes como os problemas de assimetria e de irrelevância. A respeito do problema de assimetria, é uma platitude que um efeito pode ser explicado pela sua causa, mas, assimetricamente, uma causa não pode ser explicada pelo seu efeito. Assim, a altura do mastro pode explicar o comprimento da sua sombra, mas o comprimento da sombra do mastro não pode explicar a altura do mastro. A respeito do problema de irrelevância, é também uma platitude que acontecimentos causalmente separados não têm relações causais. Assim, não há qualquer relevância causal entre homens que tomam pílulas anticoncepcionais e ausência de gravidez nestes. A noção de causalidade estabelece a direcção correcta para uma explicação. Por exemplo, Brody (1972) acreditava que acrescentando uma condição causal ao modelo DN este ficaria invulnerável aos problemas acima referidos:

Uma explicação dedutivo-nomológica de um acontecimento particular é uma explicação satisfatória do acontecimento quando (apesar de cumprir todos os requerimentos do modelo de Hempel) o seu *explanans* contém essencialmente uma descrição do acontecimento que é a causa do acontecimento descrito no *explanandum*. (Brody 1972: 23)

O artigo ‘Causalidade’ deste Compêndio (Castro 2014) analisa criticamente diversas concepções sobre a causalidade (e.g. o modelo de explicação causal mecânico (Salmon 1984) e as teorias processuais causais da explicação (Dowe 2000)) e não vou aqui repetir essa discussão. Neste artigo vou analisar a teoria contrafactual da explicação causal de Woodward (2003) e uma sua variante não-causal que está

presentemente a ser desenvolvida na literatura.

James Woodward (2003) sugere que os conceitos *causalidade* e *explicação* pertencem a uma família de conceitos interrelacionados como *lei*, *possibilidade física* e *dependência contrafactual*. Embora Woodward não seja propriamente claro como pretende sustentar esta circularidade, a sua proposta não é redutiva, isto é, o conceito *explicação* não se reduz ao conceito *causalidade*. Ambos os conceitos se definem por intermédio da família circular dos conceitos acima referidos.

As asserções causais são uma relação de dependência contrafactual: *C* causa *E* se, e só se, existe uma possível intervenção de modificar *C* e, se tal intervenção ocorresse, então essa intervenção modificaria *E*. Uma explicação é uma explicação que exhibe tal padrão sistemático de dependência contrafactual entre *C* e *E* (Woodward 2003: 191). Assim, o que distingue uma explicação satisfatória de uma explicação insatisfatória é que a primeira fornece informação que responde à questão ‘e se as coisas tivessem sido diferentes?’ (questão-w). Abreviadamente, uma explicação satisfatória responde a uma questão-w. Uma explicação insatisfatória não informa como responder a uma questão-w. Note-se ainda que essa informação é necessariamente respeitante à possibilidade de uma manipulação causal do *explanans*: “a solicitação de que uma explicação sucedida responde questões-w é equivalente ao requisito de que as explicações devem dar informações sobre as causas dos seus *explananda*, se o termo ‘causa’ for entendido ao longo de linhas manipulacionistas” (Woodward 2003: 194).

As intervenções realizadas no *explanans* não dependem necessariamente de uma intervenção actual de um agente. As intervenções podem ser apenas hipotéticas, no sentido de ser conceptual ou fisicamente possíveis. A intervenção é realizada a partir do olhar de Deus sobre o fenómeno. Uma explicação genuína identifica condições no *explanans* de tal forma que se essas condições tivessem sido diferentes, então o respectivo *explanandum* associado à explicação também teria sido diferente. Finalmente, a relação entre *C* e *E* é invariante, no sentido de que a relação entre *C* e *E* se mantém fixa para um conjunto variado de intervenções no *explanans*. Assim, o modelo não requer necessariamente a presença de leis no *explanans*. Há relações invariantes na Biologia e na Economia que não são leis. O modelo consegue assim acomodar as explicações providas

nestas áreas.³⁶

Sumariamente, uma explicação causal obedece a três condições: (1) responde a questões-w informando de como uma variável y será modificada por (2) intervenções em outra(s) variável(is) x_1, \dots, x_n e (3) essa intervenção será invariante se a relação $y = f(x_1, \dots, x_n)$ é causal (Woodward 2018: sec. 2.4).

Suponhamos que queremos explicar o valor da aceleração de um bloco em deslize num plano inclinado. O valor da aceleração depende da gravidade terrestre, inclinação do plano inclinado, coeficiente de atrito do bloco, etc. Estas variáveis decorrem da aplicação das leis de Newton sobre a dinâmica do bloco. Caso modifiquemos o valor de alguma destas variáveis, essa intervenção implicará uma modificação no valor da aceleração do bloco. Assim, as leis de Newton são explicativas porque nos informam com rigor como a aceleração do bloco se modificará em virtude da intervenção em alguma das variáveis acima.

Em contraste, Woodward argumenta que a derivação seguinte, apesar de conforme ao modelo DN, não é uma explicação satisfatória: (1) todos os corvos são negros; (2) a é um corvo; logo, a é negro. Esta derivação não informa das condições contrafactuais que se poderiam introduzir no *explanans* para explicar uma modificação no *explanandum*. Assim, se se pretendesse explicar por que razão a cor do corvo observado não era negra, mas, digamos, branca, não haveria forma de intervir no *explanans* com vista a explicar a brancura do corvo.

Interessa agora analisar a resposta desta proposta aos problemas de assimetria e irrelevância. Segundo o exemplo de assimetria mastro/sombra, uma intervenção na altura do mastro implicará uma modificação no comprimento da sombra. O comprimento da sombra é contrafactualmente dependente da altura do mastro. Assimetricamente, não existe qualquer intervenção no comprimento da sombra que modifique a altura do mastro.³⁷ Para o problema da irrelevância segue-se uma réplica semelhante. Segundo o exemplo de que ‘todos

³⁶ Ver Woodward (2003: 226).

³⁷ Woodward (2003: 197–198) analisa o problema de assimetria considerando o caso comprimento/período do pêndulo de oscilação gravítica. A minha análise mastro/sombra é uma adaptação do exemplo comprimento/período do pêndulo. O exemplo do pêndulo é discutido no final desta secção.

os homens que tomam pílulas anticoncepcionais não engravidam’, o *explanans* não informa de que maneira o podemos modificar com vista a obter uma modificação do *explanandum*, nomeadamente, de que João não engravidou em 2001. Portanto, quer a explicação assimétrica, quer a explicação irrelevante, não obedecem ao modelo de manipulação e são assim rejeitadas.

As teorias da explicação causais foram teorias imperiais durante a viragem do século e apenas muito recentemente a abordagem causal foi questionada pela abundância recalcitrante de explicações não-causais. Na secção 6, a respeito da unificação, verificámos que há uma hierarquização explicativa entre teorias científicas. Teorias científicas mais fundamentais podem explicar teorias científicas menos fundamentais, uma vez que as segundas se conseguem deduzir das primeiras. Este tipo de explicações é não-causal, porque na derivação de leis a partir de outras leis não parece que se invoque qualquer relação causal entre as mesmas. A Matemática, por sua vez, é uma mina inesgotável de explicações não-causais. Por um lado, existem as explicações exclusivamente internas à matemática, como as demonstrações matemáticas correntes. Por outro lado, existem as explicações externas à matemática, onde a matemática é usada para explicar acontecimentos no espaço-tempo. Por exemplo, não consigo distribuir igualmente 7 sardinhas pelos meus 3 gatos, sem cortar nenhuma, porque ‘7 não é divisível por 3’. Esta última proposição explica o meu insucesso numa distribuição equitativa de sardinhas inteiras pelos gatos.³⁸ Para além da Matemática, outros exemplos de explicações científicas não-causais têm vindo a ser discutidas na literatura. Por exemplo, a respeito das leis de conservação e princípios de simetria, ver Lange (2011); a respeito da cinemática, ver Saatsi (2018); a respeito da teoria de grupo de renormalização, ver Reutlinger (2016).

Na literatura é possível identificar três abordagens sobre a relação entre as explicações causais e as explicações não-causais: reducionismo causal, pluralismo e monismo. A abordagem reducionista defende que as explicações não-causais se reduzem a explicações causais, ou seja, toda a explicação é causal (Lewis 1986; Salmon 1984; Skow 2014). A abordagem pluralista defende a existência de ambos os tipos de ex-

³⁸ Está previsto um artigo para este compêndio sobre ‘Explicação Matemática’ onde se desenvolverá este assunto.

plicação, causal e não-causal, mas onde cada uma delas é endereçada por modelos de explicação próprios. Por exemplo, Marc Lange tem defendido que na física existem micro e macro explicações (Lange 2000: 253–263) e as explicações intra-matemática (Lange 2014) são diferentes das explicações extra-matemática (Lange 2013).

Finalmente, a abordagem monista defende que um mesmo modelo serve para endereçar ambas as explicações de uma forma unificada. Por exemplo, o modelo DN é um modelo monista que pretende acomodar explicações causais e explicações não-causais em função da natureza das leis invocadas no *explanans* e da natureza do próprio *explanandum*. Recentemente, vários autores (Reutlinger 2016; Saatsi 2018; Saatsi e Pexton 2013; Woodward 2018) tentam adaptar a teoria contrafactual da explicação de Woodward, uma teoria originalmente proposta para acomodar apenas explicações causais, com vista a acomodar igualmente as explicações não-causais.³⁹

A estratégia seguida tem sido procurar na teoria contrafactual da explicação de Woodward um elemento comum às explicações causais e não-causais. Invariavelmente, a resposta tem sido deixar cair a condição de causalidade inerente à componente intervencionista ficando apenas com o aspecto contrafactual da teoria. Assim, as explicações causais e não-causais são explicações que apenas informam como responder a questões-w. O problema com esta estratégia é de que a componente da causalidade é necessária para evitar o problema de assimetria em explicações causais. Com vista a compreender melhor o problema em questão, deixemos de lado o exemplo mastro/sombra e consideremos um outro exemplo alternativo de assimetria respeitante ao pêndulo de oscilação gravítica.

É sabido que a relação entre o período de oscilação (T) e o comprimento (l) de um pêndulo é estabelecida pela fórmula física seguinte (g é aceleração gravítica terrestre):

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

³⁹ Reutlinger e Saatsi (2018) é a colectânea mais recente de artigos sobre a explicação não-causal que cobre estas três abordagens.

Todavia, por mera manipulação algébrica pode estabelecer-se a fórmula ‘artificial’ seguinte:

$$l = \frac{T^2 g}{4\pi^2} \quad (2)$$

Em termos prático-laboratoriais, se modificarmos o comprimento de um pêndulo, essa modificação implicará uma modificação no período de oscilação desse pêndulo. Por sua vez, não é de todo possível modificar directamente o período de oscilação de um pêndulo (assumindo que g é invariável).⁴⁰ Ou seja, podemos intervir na variável comprimento (l) e obter uma modificação da variável período (T), mas não podemos intervir na variável período (T) com vista a obter uma modificação da variável comprimento (l). À luz da teoria contrafactual da explicação de Woodward, segue-se que o comprimento de um pêndulo pode explicar o seu período de oscilação; mas, assimetricamente, o período de oscilação de um pêndulo não pode ser explicado pelo seu comprimento.

O problema é que este resultado laboratorial é apenas consistente com a fórmula física (1) e contrário à fórmula ‘artificial’ (2). As duas fórmulas acima, se interpretadas pelo seu valor facial, são consistentes com intervenções em ambos os sentidos. Em ambos os casos podemos intervir no sistema com vista a manipular as suas variáveis. Ou seja, ambas as fórmulas informam como se estabelece uma dependência contrafactual entre o pêndulo e o seu período. Com vista a excluir a fórmula (2) como sendo uma fórmula explicativa é necessário apelar à noção de causalidade presente na teoria contrafactual da explicação de Woodward. Ainda que de um ponto de vista teórico seja possível manipular em (2) o período (T) para modificar o comprimento (l), não existe uma dependência contrafactual *causal* entre estas duas variáveis. O comprimento de um pêndulo (l) não é causado pelo seu período de oscilação (T). Assim, a fórmula ‘artificial’ (2) não é explicativa: o período de oscilação de um pêndulo não

⁴⁰ Note-se que não podemos ‘empurrar’ o pêndulo para ele oscilar mais depressa, porque estamos a assumir que a força de gravidade é a única força que intervém no pêndulo.

pode ser explicado pelo seu comprimento.⁴¹

8 Conclusão

Desde o artigo pioneiro de Hempel e Oppenheim (1948) houve uma discussão viva em torno da explicação científica. O resultado desta discussão com mais de 50 anos foi um repositório de dados impressionante que foi retalhando os modelos propostos desde então. Há sombras a pretender explicar as alturas dos respectivos mastros; há feitiços a pretender explicar a dissolução de sal em água; há pílulas a pretender explicar por que razão homens ‘pilulados’ não engravidam; há sífilis a pretender explicar paralisias improváveis; há posições planetárias actuais a pretender explicar eclipses passados; há barómetros a pretender explicar trovoadas, etc. No final do século XX, este repositório de dados acabou por atingir uma dimensão tal que, desde então, quase mais ninguém ousou propor uma concepção de explicação unificada que englobe as diferentes disciplinas científicas. Tanto quanto sei, a última referência com esse desiderato foi Woodward (2003) e que, na verdade, é uma sistematização de ideias de artigos anteriores do autor.⁴²

Nos dias de hoje, o terreno da investigação está bastante minado e há sempre um atirador furtivo pronto a acrescentar um contra-exemplo ao repositório. A investigação desenvolve-se com prudência. O pluralismo é reinante. Para cada disciplina científica diferente, um modelo de explicação científico diferente. Temos assim modelos de explicação exclusivos e independentes para a Biologia, Matemática, Física, Ciências Sociais, etc. Mesmo dentro de cada disciplina há refinamentos e distinções que se operam respeitantes à causalidade, modalidade, profundidade, etc. Não há modelos originais a serem propostos. Readaptam-se, reajustam-se e reformulam-se os modelos do passado. Promovem-se as análises contextuais e os estudos de caso. Dado este estado de coisas, um artigo sobre o estado da arte da

⁴¹ Ver Saatsi e Pexton (2013) para uma exploração do problema apontado neste parágrafo.

⁴² Uma outra referência excepcional a este estado de coisas é Strevens (2008). Todavia, esta proposta aplica-se apenas às ciências especiais como a biologia, a psicologia e as ciências sociais.

explicação científica teve justamente de se concentrar em modelos, teorias e contra-exemplos da segunda metade do século XX. Seria sem propósito centrar a análise em publicações vindas a lume nas duas últimas décadas se a generalidade dessas publicações consiste na aplicação de modelos e teorias da segunda metade do século XX.

Há, todavia, duas abordagens ortogonais a este estado de coisas que importa ainda assim notar. A primeira é respeitante àquilo que se designa de ‘novo mecanismo’ (Craver e Tabery 2017) que surge na viragem do século. Enquanto teoria da explicação, muito basicamente, a abordagem mecanicista defende que fornecer uma explicação é descrever o mecanismo que produz a regularidade ou o acontecimento observado. Esta teoria é historicamente informada, orientada para a prática científica e afastada da tradição lógico-empirista de uma reconstrução da ciência por intermédio de métodos lógicos e analíticos. Deixo ao leitor um juízo sobre os méritos desta abordagem.

A segunda é a tentativa tímida de aportar trabalho epistemológico a respeito do conceito *explicação* e que referi ligeiramente na introdução deste artigo (Hills 2016; Grimm 2006; Grimm 2010; Van Camp 2014). No meu entender, esta linha de investigação, se aprofundada, pode iluminar o conceito *explicação* e a jusante iluminar melhor o terreno onde a noção de explicação científica se enraíza.⁴³

Eduardo Castro

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

Referências

- Achinstein, Peter. 1986. *The Nature of Explanation*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Armstrong, David. 1983. *What is a Law of Nature?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Baker, Alan. 2005. Are there Genuine Mathematical Explanations of Physical Phenomena? *Mind* 114 (454): 223–238. doi:10.1093/mind/fzi223.
- Bangu, Sorin. 2017. Scientific Explanation and Understanding: Unificationism Reconsidered. *European Journal for Philosophy of Science* 7 (1): 103–126. doi:10.1007/s13194-016-0148-y.

⁴³ Agradecimento: estou grato a Pedro Galvão os comentários a uma versão prévia deste artigo.

- Barnes, Eric. 1992. Explanatory Unification and the Problem of Asymmetry. *Philosophy of Science* 59 (4): 558–571.
- Bartelborth, Thomas. 2002. Explanatory Unification. *Synthese* 130 (1): 91–108. doi:10.1023/A:1013827209894.
- Bird, Alexander. 1999. Explanation and Laws. *Synthese* 120 (1): 1–17. doi:10.1023/A:1005294018295.
- Brody, Baruch. 1972. Towards an Aristotelean Theory of Scientific Explanation. *Philosophy of Science* 39 (1): 20–31. doi:10.1086/288406.
- Bromberger, Sylvain. 1966. Why-Questions. In *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, ed. by Robert Colodny, 86–111. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Cartwright, Nancy. 1979. Causal Laws and Effective Strategies. *Noûs* 13 (4): 419–437. doi:10.2307/2215337.
- Castro, Eduardo. 2013. Leis da Natureza. In *Compêndio em Linha de Problemas de Filosofia Analítica*, organizado por João Branquinho e Ricardo Santos. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa.
- Castro, Eduardo. 2014. Causalidade. In *Compêndio em Linha de Problemas de Filosofia Analítica*, organizado por João Branquinho e Ricardo Santos. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa.
- Churchland, Paul. 1995. On the Nature of Explanation: A PDP Approach. In *The Problem of Rationality in Science and Its Philosophy: On Popper vs. Polanyi The Polish Conferences 1988–89*, ed. by Józef Misiek, 75–108. Boston Studies in the Philosophy of Science. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-011-0461-6_6.
- Colyvan, Mark. 2001. *The Indispensability of Mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Craver, Carl, e James Tabery. 2017. Mechanisms in Science. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. by Edward N. Zalta. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/science-mechanisms/>.
- Díez, José. 2014. Scientific W-Explanation as Ampliative, Specialized Embedding: A Neo-Hempelian Account. *Erkenntnis* 79 (8): 1413–1443. doi:10.1007/s10670-013-9575-8.
- Dowe, Phil. 2000. *Physical Causation*. New York: Cambridge University Press.
- Ducasse, Curt. 1925. Explanation, Mechanism, and Teleology. *Journal of Philosophy* 22 (6): 150–155.
- Duhem, Pierre. 2007. *La Théorie Physique, son Object, sa Structure*. Paris: Vrin.
- Feigl, Herbert. 1945. Operationism and Scientific Method. *Psychological Review* 52 (5): 250–259.
- Friedman, Michael. 1974. Explanation and Scientific Understanding. *The Journal of Philosophy* 71 (1): 5–19. doi:10.2307/2024924.
- Gijssbers, Victor. 2013. Understanding, explanation, and unification. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 44 (3): 516–522. doi:10.1016/j.shpsa.2012.12.003.
- Grimm, Stephen R. 2006. Is Understanding A Species Of Knowledge? *British Journal for the Philosophy of Science* 57 (3): 515–535. doi:10.1093/bjps/axl015.
- Grimm, Stephen R. 2010. The goal of explanation. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 41 (4): 337–344. doi:10.1016/j.shpsa.2010.10.006.
- Hempel, Carl. 1964. On the Nature of Mathematical Truth. In *Philosophy of Mathematics*, ed. by Hilary Putnam e Paul Benacerraf, 377–393. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hempel. 1965. *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. New York: The Free Press.
- Hempel. 1977. Nachwort 1976: Neuere Ideen zu den Problemen der statistischen Erklärung. In *Aspekte wissenschaftlicher Erklärung*, 98–123. Berlin: de Gruyter.

- Hempel, Carl, e Paul Oppenheim. 1948. Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science* 15 (2): 135–175.
- Hills, Alison. 2016. Understanding Why. *Noûs* 50 (4): 661–688. doi:10.1111/nous.12092.
- Jevons, William. 1920. *The principles of science: a treatise on logic and scientific method*. London: Macmillan and Co., Ltd.
- Kim, Jaegwon. 1963. On the Logical Conditions of Deductive Explanation. *Philosophy of Science* 30 (3): 286–291.
- Kitcher, Philip. 1976. Explanation, Conjunction, and Unification. *The Journal of Philosophy* 73 (8): 207. doi:10.2307/2025559.
- Kitcher, Philip. 1989. Explanatory Unification and the Causal Structure of the World. In *Scientific Explanation*, organizado por Wesley Salmon e Philip Kitcher, 410–505. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Kitcher, Philip, e Wesley Salmon. 1987. Van Fraassen on Explanation. *The Journal of Philosophy* 84 (6): 315–330. doi:10.2307/2026782.
- Lange, Marc. 2000. *Natural Laws in Scientific Practice*. New York: Oxford University Press.
- Lange, Marc. 2013. What Makes a Scientific Explanation Distinctively Mathematical? *British Journal for the Philosophy of Science* 64 (3): 485–511.
- Lange, Marc. 2014. Aspects of Mathematical Explanation: Symmetry, Unity, and Saliency. *Philosophical Review* 123 (4): 485–531. doi:10.1215/00318108-2749730.
- Lewis, David. 1986. Causal Explanation. In *Philosophical Papers Vol. II*, ed. by David Lewis, 214–240. Oxford: Oxford University Press.
- Lipton, Peter. 2009. Understanding Without Explanation. In *Scientific Understanding: Philosophical Perspectives*, ed. by H. W. de Regt, S. Leonelli, e K. Eigner, 43–63. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Mill, John. 1843. *A System of Logic*. London: Parker.
- Psillos, Stathis. 2002. *Causation and Explanation*. Chesham: Acumen.
- Redhead, Michael. 1990. Explanation. In *Explanation and its Limits*, ed. by D. Knowles, 135–154. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reutlinger, Alexander. 2016. Is There A Monist Theory of Causal and Noncausal Explanations? The Counterfactual Theory of Scientific Explanation. *Philosophy of Science* 83 (5): 733–745. doi:10.1086/687859.
- Reutlinger, Alexander, e JuhaSaatsi, org. 2018. *Explanation Beyond Causation: Philosophical Perspectives on Non-Causal Explanations*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Saatsi, Juha. 2018. On Explanations from Geometry of Motion. *British Journal for the Philosophy of Science* 69 (1): 253–273. doi:10.1093/bjps/axw007.
- Saatsi, Juha, e Mark Pexton. 2013. Reassessing Woodward's Account of Explanation: Regularities, Counterfactuals, and Noncausal Explanations. *Philosophy of Science* 80 (5): 613–624. doi:10.1086/673899.
- Salmon, Wesley. 1979. Postscript: Laws in Deductive-Nomological Explanation—An Application of the Theory of Nomological Statements. In *Hans Reichenbach: Logical Empiricist*, ed. by Wesley Salmon, 691–694. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.
- Salmon, Wesley. 1984. *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton: Princeton University Press.
- Salmon, Wesley. 1989. *Four Decades of Scientific Explanation*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Salmon Wesley. 1998. *Causation and Explanation*. New York: Oxford University Press.

- Salmon, Wesley, Richard Jeffrey, e James Greeno. 1971. *Statistical Explanation and Statistical Relevance*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
doi:10.2307/j.ctt6wrd9p.
- Schurz, Gerhard. 1995. Scientific Explanation: A Critical Survey. *Foundations of Science* 1 (3): 429–465. doi:10.1007/BF00145406.
- Schurz, Gerhard. 1999. Explanation as Unification. *Synthese* 120 (1): 95–114. doi:10.1023/A:1005214721929.
- Schurz, Gerhard, e Karel Lambert. 1994. Outline of a Theory of Scientific Understanding. *Synthese* 101 (1): 65–120. doi:10.1007/BF01063969.
- Scriven, Michael. 1962. Explanations, predictions, and laws. In *Scientific Explanation, Space, and Time* (Minnesota Studies in the Philosophy of Science), organizado por Herbert Feigl e Grover Maxwell, 3:170–230. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Skow, Bradford. 2014. Are There Non-Causal Explanations (of Particular Events)? *British Journal for the Philosophy of Science* 65 (3): 445–467.
- Strevens, Michael. 2008. *Depth: An account of Scientific Explanation*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press
- Strevens, Michael. 2013. No understanding without explanation. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 44 (3): 510–515. doi:10.1016/j.shpsa.2012.12.005.
- van Camp, Wesley. 2014. Explaining Understanding (or Understanding Explanation). *European Journal for Philosophy of Science* 4 (1): 95–114. doi:10.1007/s13194-013-0077-y.
- van Fraassen, Bas. 1980. *The Scientific Image*. New York: Oxford University Press.
- Weber, Erik. 1999. Unification: What Is It, How Do We Reach and Why Do We Want It? *Synthese* 118 (3): 479–499. doi:10.1023/A:1005134205471.
- Woodward, James. 1979. Scientific Explanation. *The British Journal for the Philosophy of Science* 30 (1): 41–67. doi:10.1093/bjps/30.1.41.
- Woodward, James. 2003. *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*. New York: Oxford University Press.
- Woodward, James. 2018. Some Varieties of Non-Causal Explanation. In *Explanation Beyond Causation: Philosophical Perspectives on Non-Causal Explanations*, ed. by Alexander Reutlinger e JuhaSaatsi. Oxford, New York: Oxford University Press.