

O que é uma Causa?

Oswaldo Pessoa Jr.¹

1. Introdução

A causa da extinção do dodô (Figura 1) – ave não voadora pesando até 25 kg, que habitava a ilha Maurício – que ocorreu no séc. XVIII, foi o fato de todos os espécimes terem sido comidos por marinheiros europeus que ali aportavam.

Tal episódio envolveu dois eventos, uma *causa* (comilança dos dodôs pelos marinheiros) e um *efeito* (extinção dos dodôs), e é perfeitamente compreensível para nós. No entanto, há casos em que a atribuição de causalidade se torna mais problemática. Este artigo pretende examinar alguns aspectos gerais da noção de “causalidade” ou “causação”², apresentando diferentes teorias ou interpretações da causalidade, tendo em vista fornecer instrumentos para analisar os casos menos claros de causação.

¹ Depto. Filosofia, FFLCH, Universidade de São Paulo, opessoa@usp.br

² Os termos “causalidade” e “causação” serão usados de modo intercambiável. Poder-se-ia distingui-los da seguinte forma: “causalidade” se referiria aos princípios envolvidos na relação entre causa e efeito, ao passo que “causação” se referiria à relação propriamente dita. Em português, o termo “causalidade” tem sido mais usado tradicionalmente em filosofia (em ambas as acepções indicadas), mas o uso do termo causation na contemporânea metafísica de língua inglesa tem levado ao uso freqüente de “causação”.



Figura 1: Dodô
 Esta figura do dodô, *Raphus cucullatus*, foi obtida do sítio <http://www.davidreilly.com/dodol/>, e é uma cópia do original que aparece em *A German Menagerie Being a Folio Collection of 1100 Illustrations of Mammals and Birds*, Edouard Poppig, 1841.

2. Condição INUS

Uma primeira consideração fundamental é a noção de que, em geral, a relação entre uma causa e um efeito é a de uma “condição INUS”. Consideremos o exemplo da extinção do dodô. Será que a comilança dos dodôs pelos marinheiros (C) foi causa *necessária* para a extinção dos dodôs (E)? Não, pois os dodôs poderiam ter sido extintos por outras causas, como a erupção de um vulcão em Maurício ou a introdução de cachorros na ilha. Será que a comilança foi causa *suficiente* para a extinção? Também não, pois se dezenas de espécimes tivessem sido levados para um zoológico europeu, ou se os dodôs habitassem outras ilhas não visitadas pelos marinheiros, então a comilança em Maurício não teria sido suficiente para extinguir os dodôs. John Stuart Mill (1843, livro III, cap. V) chamara atenção para o fato de que nenhuma causa é verdadeiramente suficiente ou necessária para seu efeito.

O que foi suficiente para a extinção do dodô foi um conjunto de condições, que incluiu a comilança, o fato de só haver dodôs em Maurício, de nenhum espécime ter sido levado para um zoológico etc. Este conjunto α foi suficiente para a produção do efeito E, mas tal conjunto não foi necessário para E, pois a extinção poderia ter

ocorrido devido a um outro conjunto β de condições, envolvendo por exemplo a erupção de um vulcão em Maurício (Figura 2).

Considerando agora o conjunto α , vemos que a causa C não seria suficiente para produzir o efeito de α , mas certamente C é necessária para a formação do conjunto α .

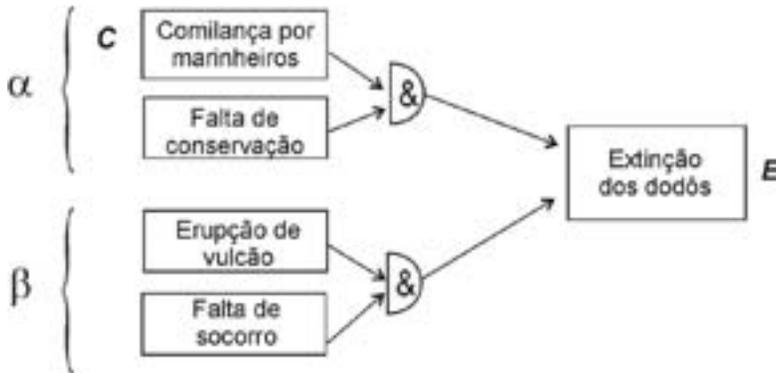


Figura 2: Estrutura geral da condição INUS.

Em suma, C é uma condição *insuficiente* mas *necessária* de um conjunto α que é, por seu turno, *desnecessário* (*unnecessary*, em inglês) mas *suficiente* para a produção de E . As iniciais em inglês dos quatro adjetivos grifados formam o acrônimo “INUS”, termo cunhado pelo filósofo australiano, radicado em Oxford, John Mackie (1965), em seu influente estudo sobre a causalidade. Uma outra maneira de frasear este critério é considerar a causa um “elemento necessário de um conjunto suficiente”. Problemas com esta definição são discutidos, por exemplo, por Pearl (2000, pp. 314-5), mas não entraremos nessas considerações.

3. Casos Exemplares

Suponhamos que a humanidade se extinga, e que a Terra seja descoberta por seres inteligentes e pacíficos com interesses em desvendar a história da vida terrestre com métodos de datação extremamente precisos. Investigando as ilhas do Oceano Índico, eles descobrem em cada uma delas fósseis de aves relativamente

grandes e de asas pequenas³, e percebem que a data de sua extinção coincide com os primeiros fósseis de porcos que aparecem em cada uma dessas ilhas. Fazem a previsão de que sempre que forem encontrados fósseis de porcos nas ilhas do Índico, a data desses fósseis coincidirá com a data dos últimos fósseis dos pássaros. Essa lei se mostra bastante útil, pois ela é confirmada nas várias novas ilhas investigadas.

Estabelece-se assim uma *correlação* entre extinção de aves (*E*) e aparecimento de porcos (*P*). Essa correlação não precisa ser perfeita: pode acontecer que em algumas ilhas ela falhe, mas se atender a certos critérios da teoria da Estatística, a correlação será significativa. Ou seja, geralmente os dois eventos aparecem juntos. No entanto, *estabelecer uma correlação não implica estabelecer uma relação causal*, pois não sabemos o que causou o quê.

Considerando *E* e *P*, qual é a causa, qual é o efeito? Este pode ser chamado o *problema dos efeitos* (Lewis, 1973 [1999], p. 441). Será que a extinção dos pássaros abriu espaço nas ilhas para a presença dos porcos? Ou será que os porcos apareceram antes da extinção, tendo comido os pássaros? Nesse momento nosso conhecimento sobre os processos causais da natureza animal irá privilegiar a segunda hipótese, pois sabemos que muitos animais são carnívoros. Assim, nossa teoria sobre o mundo, ou nossa teoria científica, pode nos guiar na resolução do problema dos efeitos. Se os alienígenas pudessem realizar experimentos com porcos e aves em ilhas, manipulando os fatores, talvez o problema tivesse uma resposta mais segura.

Felizmente para nossos cientistas extraterrestres, eles tinham ao seu dispor uma técnica de datação tão precisa que era capaz de determinar o mês em que um animal morreu. Assim, começaram a aplicar esta técnica para todos os fósseis e descobriram que a vinda dos porcos sempre ocorria *antes* da extinção dos pássaros. Devido à ordenação

³ Há de fato diversos pássaros extintos que se enquadram nessa descrição, como o solitário ou dodô branco da ilha de Reunião (*Raphus solitarius*), o solitário da ilha de Rodrigues (*Pezophaps solitaria*), além do famoso moa da Nova Zelândia (*Dinornis* sp.). Ver: <http://piclib.nhm.ac.uk/piclib/www/index.php>.

temporal dos eventos, concluíram que P causa E , e não o contrário. O problema dos efeitos em geral pode ser resolvido analisando-se a ordenação temporal dos eventos, pois parece ser uma lei geral da Física que a causa sempre precede temporalmente o efeito (Figura 3). Mesmo assim, muitas teorias de causalidade procuram estabelecer critérios anteriores à questão da temporalidade para resolver este problema, pois consideram que uma teoria da causalidade deve ser anterior a considerações sobre a natureza de nosso mundo em particular.

O leitor já deve ter imaginado um segundo problema nesse estudo de Ecologia interplanetária: talvez P não seja causa de E , mas ambos tenham uma *causa comum*. Este problema é às vezes chamado de *pro-*



Figura 3: O problema dos efeitos geralmente pode ser resolvido por ordenação temporal.

blema dos epifenômenos. Da maneira como imaginamos esse exemplo fictício, de fato houve uma causa comum: teria sido a vinda do homem às ilhas do Oceano Índico (C) que causou a extinção das aves, pois com suas armas de fogo eles dizimaram os bípedes plumados para saciar sua fome. E teriam sido esses mesmos homens que trouxeram porcos às ilhas, também com a finalidade de se alimentarem deles. Mas os porcos não teriam comido aves em número significativo, de forma que P não causou E , mas C causou P , e C causou E (Figura 4).

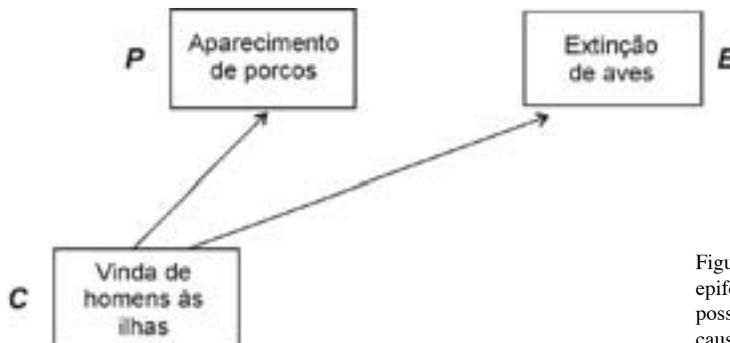


Figura 4: O problema dos epifenômenos envolve a possível presença de uma causa comum.

Uma terceira questão é o *problema da causa remota*. Imagine a situação em que os marinheiros não gostassem do sabor da carne dos pássaros, mas seus cães adorassem. Assim, consideraríamos mais plausível dizer que a causa da extinção das pássaros foi a voracidade dos cachorros (*D*). A vinda do homem teria sido responsável pela introdução dos cães nas ilhas, e esses os responsáveis pela extinção dos dodôs e seus congêneres: *C* causa *D*, e *D* causa *E*. Poderíamos dizer que *C* é causa remota de *E*, e *D* causa próxima (Figura 5). Como determinar se uma causa aparente é de fato remota? Uma possibilidade seria realizar experimentos de manipulação, em que *C* ocorre sem *D*, e *D* ocorre sem *C*. Ocorrem casos, porém, em que na prática não é possível separar *C* e *D*, e então seria nossa teoria do mundo que determinaria a causa próxima.



Figura 5: Uma causa remota pode ser expressa como uma composição de causas.

A quarta questão, que deve se abarcada por qualquer teoria da causalidade, é o *problema das causas múltiplas*. É um fato verídico que na ilha de Reunião, próxima a Maurício, havia uma espécie de dodô branco, que veio a se chamar “solitário”. Vamos supor que, nesta ilha, os solitários tenham sido comidos tanto pelos homens quanto pelos cachorros e pelos porcos. Assim, a extinção destes columbiformes (pois são da mesma ordem que os pombos) teria tido três causas independentes, cada qual com um certo peso. Na Figura 6, representa-se esta situação com três setas independentes. A ação de cada causa não depende da ação das outras, ou seja, se *S* estivesse ausente, *C* e *D* continuariam causando *E*. Este exemplo envolve um coletivo de indivíduos: se pensarmos em um solitário particular, chamado Enésio, então apenas uma das causas atuaria (sendo que a probabilidade de esta causa ter ocorrido seria igual ao peso indicado na figura). Podemos representar o caso particular com letras minúsculas,

e para a morte de Enésio, e_1 , dizer que “ c causou e_1 , ou d causou e_1 , ou s causou e_1 ”. Nota-se aqui o uso da disjunção “ou”: nesse sentido uma causa múltipla está associada a uma *disjunção de causas*. Vimos na seção 2 um exemplo de disjunção, quando afirmamos que a causa da extinção dos dodôs pode ter sido causado ou pelo conjunto α ou pelo conjunto β (a notação na Figura 2, em termos de setas independentes, é a mesma da Figura 6). A distinção entre uma causa envolvendo um evento particular (e_1) e uma causa envolvendo um evento coletivo (E) ou geral (com um número ilimitado de eventos, como em uma lei da natureza) é importante em diversos contextos.



Figura 6: Causas múltiplas, cada qual com um certo peso. A extinção de um único solitário é causado ou por uma instância de C, ou por uma instância de D ou por uma instância de S (uma disjunção de causas).

Há também o *problema da conjunção de causas*. Muitas vezes, um efeito só ocorre quando duas ou mais causas estão presentes. Vimos isso na seção 2, quando admitimos que geralmente nenhuma causa é individualmente suficiente para a produção de um efeito. A extinção dos dodôs teria sido causada pela fome dos marinheiros, em conjunto com o fato de que espécimes não foram conservados em zoológicos, etc. (Figura 7). Aqui, porém, pode-se argumentar que na época ninguém se preocupava com a conservação de animais, de forma que a não-conservação dos dodôs não seria uma “causa” para sua extinção, mas no máximo uma “condição” de

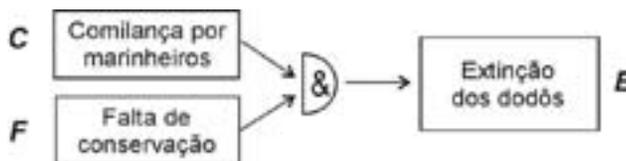


Figura 7: Exemplo de conjunção de causas.

fundo. Haveria um número infundável de condições que conjuntamente com *C* levaram a *E*, mas o controle dessas variáveis seria muito mais difícil para os homens da época, ao passo que a deglutição de todos os pássaros não-voadores daquelas ilhas poderia ter sido evitado. Na área de Direito, a distinção entre causas e condições é muito importante para se determinar quem é o responsável ou culpado por um crime (Honoré, 2005).

Uma sexta questão é o *problema da preempção*. Vamos imaginar que na ilha de Reunião os marinheiros desembarcaram e ficaram felizes com a presença do solitário. Teriam carne boa para se alimentar durante um longo tempo, e assim foram displicentes com o cercamento dos porcos, e estes acabaram fugindo. No mato, o instinto selvagem dos suídeos (*S*) propiciou a extinção dos solitários. Neste exemplo, *C* iria causar *E*, mas uma outra causa, *S*, interceptou o processo e tornou-se a causa genuína de *E*. Se *S* não tivesse ocorrido, *E* teria sido extinto da mesma maneira (Figura 8). Dizemos que ocorreu preempção do processo causal ligando *C* e *E*. Notamos neste exemplo que, para explicar a natureza da preempção, utilizamos “condicionais contrafactuais”. Ou seja, escrevemos “se *S* não tivesse ocorrido, então...”, sabendo que *S* de fato ocorreu, em nosso exemplo. Veremos adiante que tais condicionais contrafactuais podem ser usados para definir a relação de causação.

Por fim, deve-se mencionar o *problema da causação circular*. Às vezes, dois eventos reforçam-se mutuamente. Por exemplo, quando um marinheiro come um dodô (*E*), isso lhe dá prazer e ele sai à caça de mais dodôs (*C*), o que é causa de mais uma refeição de

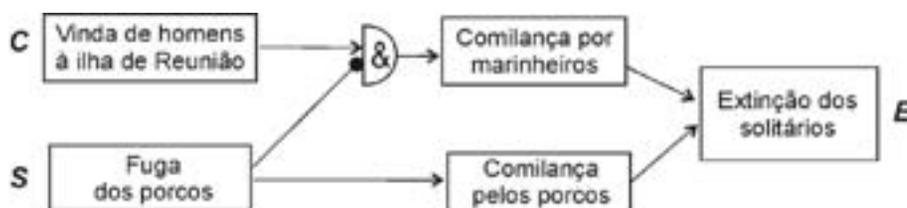


Figura 8: Exemplo de preempção, onde *S* torna-se causa genuína de *E* ao quebrar a cadeia causal entre *C* e *E* (esta inibição é representada por uma linha terminada em bola).

dodôs (E), que dá novo prazer ao marinheiro, que no dia seguinte caça mais um dodô (C), etc. Aparentemente, C causa E e E causa C , quebrando a distinção entre causa e efeito e violando a ordenação temporal. No entanto, o que está ocorrendo é que cada saída para caçar é um evento diferente (c_1, c_2 , etc.), assim como cada refeição (e_1, e_2 , etc.). A causação circular é na verdade uma composição de causas ordenadas temporalmente: c_1 causa e_1 , que causa c_2 , que causa e_2 , que causa c_3 , etc. (Figura 9).



Figura 9: Uma causação circular envolvendo C e E é na verdade uma cadeia de causações sucessivas entre instâncias de C e E .

4. Quatro Concepções de Causalidade

Vimos na seção anterior alguns casos exemplares de relações causais. Esses exemplos típicos são os elementos básicos na construção de redes causais complicadas que pretendem servir de modelo para diferentes situações do mundo real. Mas, afinal, o que é uma causa? Mencionaremos agora algumas concepções a respeito da natureza da causalidade. Ao invés de nos forçarmos a escolher uma dentre elas, adotaremos uma postura “pluralista”, supondo que cada concepção salienta um aspecto relevante de relações causais. A eventual preferência por uma ou mais dessas concepções dependerá da situação particular que viermos a analisar.

4.1. Causalidade como Relação Substancial

A concepção clássica da relação causal é que ela envolve uma ligação real entre dois eventos, uma ligação substancial. Esta concepção estava presente em Descartes, Spinoza, e outros filósofos da corrente “racionalista”. Ao dizermos que Deus é causa do mundo, subentende-se que há uma relação de produção necessária.

No âmbito da ciência do séc. XIX, o conceito de “transferência de energia” passou a ser visto como o suporte das relações causais: um corpo *A* causa uma mudança em um corpo *B* ao lhe transferir parte de sua energia. No séc. XX, Wesley Salmon elaborou a noção de “processo causal”, que envolveria a linha de mundo de um objeto que possui uma quantidade conservada (energia, momento linear, etc.).

Em seu interessante artigo sobre a metafísica da causação, Schaffer (2003, § 2.1) chama esta a “questão da conexão”, distinguindo dois grandes grupos de teorias, as que vêem a causação como um processo e as que a vêem meramente como alteração de probabilidade.

4.2. *Causalidade como Regularidade*

Para David Hume, “causação” seria um nome que se dá para fenômenos de conjunção constante ou correlação, que exprimem uma regularidade ou uma lei. Assim, dizemos que um evento particular *c* causa um evento particular *e* se *c* ocorre e é seguido pela ocorrência de *e*, e se houver uma regularidade entre a ocorrência de eventos da classe *C* (à qual pertence *c*) e da classe *E* (à qual pertence *e*). Além dessas condições, Hume estipulou também que a causa deve preceder temporalmente o efeito, e que eles devem ser contíguos no espaço. Esta tese da “ação por contigüidade” exprime a noção corrente no mecanicismo clássico (anterior à teoria da gravitação de Newton) de que um corpo não pode agir à distância sobre outro, mas apenas através de colisões ou empurrões.⁴

Para os empiristas clássicos, não se deve dizer que a relação de causação existe na realidade, mas apenas que ela é “projetada” por nós, por força do hábito. Immanuel Kant herdaria esta concepção, considerando, porém, que a causalidade seria uma “categoria do entendimento”, ou seja, uma maneira necessária pela qual organizamos a experiência perceptiva.

No séc. XIX, John Stuart Mill elaboraria a noção humiana com maiores detalhes, propondo cinco “regras de indução” para

⁴ Em português, um estudo didático da teoria da regularidade é apresentado por Costa (2006).

se determinar o que causa o quê (Mill, 1843, livro III, cap. VIII), e distinguindo entre dois tipos básicos de conjunção de causas: a linear (ou “homopática”, exemplificada pela colisão simultânea de dois corpos vindos de direções diferentes em um terceiro corpo) e a não-linear (“heteropática”, exemplificada pela reunião de duas substâncias químicas transparentes, produzindo uma terceira substância colorida) (Mill, 1843, livro III, cap. VI).

4.3. *Causação Contrafactual*

Hume ([1748] 1980, seção VII, § 60, p. 166) também mencionou que um evento *a* é causa de outro *e* no caso em que, se *a* não tivesse ocorrido, *b* também não teria ocorrido. Esta é uma maneira de caracterizar a causação em termos de “condicionais contrafactuais”, ou seja, a partir de uma situação que não ocorreu.

Por exemplo, se quisermos caracterizar uma situação simples de conjunção de causas, como o da Figura 7, escreveríamos o seguinte: “*C* e *F* ocorreram e *E* ocorreu; se *C* não tivesse ocorrido, *E* não ocorreria; se *F* não tivesse ocorrido, *E* não ocorreria”.

A concepção contrafactual da causação foi desenvolvida por John Mackie, e posteriormente aprofundada por David Lewis, que interpretou os condicionais contrafactuais em termos de mundos possíveis (ver Menzies, 2001).

4.4. *Causação por Manipulação*

Em muitas situações práticas em que se constata uma correlação entre duas classes de eventos, para determinar qual é a causa e qual é o efeito (ou então para identificar uma causa comum) basta *controlar* um dos eventos, e observar se isso afeta o outro evento. Este procedimento pode ser tomado como a própria definição de causação. Assim, dizer que um evento *A* é causa de um evento *B* exprime o fato de que uma manipulação (ou intervenção) em *A* afeta o evento *B*. Esta concepção tem sido defendida no séc. XX por filósofos como o sueco von Wright e os australianos Menzies & Price, além de Pearl (ver Woodward, 2001).

5. *Causação Probabilista*

Muitos autores, como Reichenbach, Suppes e Salmon, salientam que a relação causal deve ser concebida como uma relação probabilista. Tal constatação se adapta às quatro concepções apresentadas na seção anterior, e por isso será explicitada separadamente.

Consideremos um exemplo simples, em que a chegada de marinheiros nas ilhas do Oceano Índico (*C*) causa a extinção de aves sem asas nessas ilhas (*E*). Pois bem, pode acontecer que nem sempre a chegada de navegantes naquela época leva à extinção dos pássaros. De uma certa ilha, por exemplo, algum marinheiro pode resolver levar um grupo de aves para um zoológico europeu, salvando-as da extinção. Em outra, as aves poderiam ter acesso a um esconderijo. Assim, a chegada dos marinheiros causa a extinção dos pássaros, mas apenas com uma certa probabilidade menor do que 1.

Neste exemplo, poder-se-ia argumentar que as relações causais em questão não são realmente probabilistas, mas sim que elas envolvem a conjunção com outras causas, e que a presença ou não dessas outras causas nos é desconhecida. Por exemplo, a relação causal genuína poderia ser aquela expressa pela Figura 7, e na ilha em que atuou o marinheiro conservacionista a causa *F* simplesmente não ocorreu.

O que esta discussão simples indica é que sempre é possível, para qualquer modelo causal probabilista, construir um modelo causal equivalente que seja *determinista*, ou seja, para o qual todas as probabilidades sejam iguais a 1. No entanto, na prática, geralmente não se conhecem todas as causas que atuam em um sistema. Assim, mesmo que vivamos em um universo determinista, só conseguimos capturar uma parte das causas atuantes, de forma que torna-se necessário exprimir as relações causais em termos probabilistas. O problema de se o Universo é determinista ou não é uma questão em aberto, mas ambas as situações são adequadamente tratadas por modelos causais probabilistas.

Muitas vezes, a ocorrência de um conjunto suficiente de causas, como o da Figura 7, não produz imediatamente o efeito. Para expri-

mir esta situação, estipula-se a probabilidade de o efeito E ocorrer, em um certo intervalo de tempo Δt , a partir do instante em que C e F ocorreram: $\text{prob}_{\Delta t}(E/C\&F)$.

Segundo esta concepção, pode-se dizer que C é causa probabilista de E se a ocorrência de C aumentar a probabilidade de E ocorrer. Para exprimir isso em termos de diagramas causais (Figura 10), consideremos um conjunto γ que, na ausência de C , leve causalmente ao evento E com uma certa probabilidade $\text{prob}(E/\gamma)$. O que a afirmação precedente diz é que a probabilidade $\text{prob}(E/\gamma\&C)$ de E ocorrer, na presença de γ e C , é maior do que $\text{prob}(E/\gamma)$.

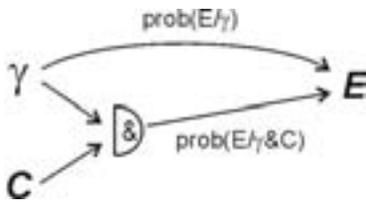


Figura 10: Diagrama exprimindo a concepção probabilista, segundo a qual “ C causa E ” significa que $\text{prob}(E/\gamma) < \text{prob}(E/\gamma\&C)$.

6. Modelos Causais

As idéias e diagramas vistos anteriormente servem de base para construir *modelos causais* de situações reais⁵. Modelos causais foram usados no séc. XX em diferentes áreas do conhecimento. Pearl (2000, p. 26) cita seu uso em genética, com Sewall Wright (1921, ver Figura 11), econometria (Haavelmo, 1943) e ciências sociais (Duncan, 1975). Em física e engenharia, a análise de circuitos elétricos pode ser visto como um exemplo de modelo causal. No entanto, a Estatística encarava com relutância o estudo científico da causalidade, desde o momento que Karl Pearson

⁵ Para Pearl (2000, p. 203), um modelo causal é uma descrição matemática de um conjunto de variáveis v_i , por meio de um conjunto de funções f_i cujos argumentos são outras variáveis endógenas a_i e também variáveis exógenas u_i (representadas de maneira estocástica): $v_i = f_i(a_i, u_i)$. Alternativamente, pode-se utilizar uma representação probabilista que faz uso do “teorema de Bayes” para calcular probabilidades condicionais à luz de novas evidências. Em termos matemáticos, um diagrama estrutural como o da Figura 12 é um “grafo acíclico direcionado”.

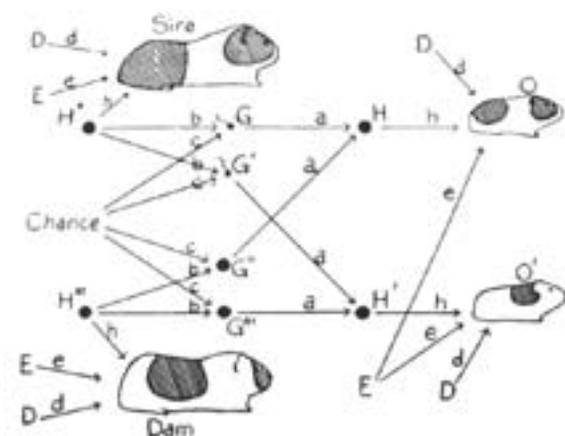


Figura 11: Diagrama exprimindo um modelo causal na genética, feito por Sewell Wright em 1920 (reproduzido de Pearl, 2001, pp. 345, 358).

(1911) a chamou de “fetiche” e a substituiu pela noção de correlação (Pearl, 2000, p 340). O único procedimento estatístico que veio a ser aceito para testar uma relação causal foi o experimento randomizado de Ronald Fisher (1936).

Esta relutância da Estatística em analisar a causalidade tem diminuído nas últimas décadas, e a partir de 1990 vários grupos têm elaborado estratégias, com o auxílio da computação, para estabelecer quais são as relações causais entre um conjunto de variáveis. Para fazer isso, não basta *observar* o comportamento estatístico das variáveis, mas é necessário também fazer experimentos, que envolvem uma *intervenção* (controle, manipulação, ver seção 4.4) nas variáveis, fixando os valores de certos elementos causais para daí observar os efeitos gerados (Pearl 2000, pp. 42-3, 348; Woodward 2001). Além disso, técnicas de simplificação de redes causais complicadas têm sido elaboradas. Além de Judea Pearl e seu grupo na Universidade da Califórnia, em Los Angeles, outro grupo muito ativo e próximo da filosofia da ciência é o da Universidade de Carnegie Mellon, em Pittsburgh, envolvendo Peter Spirtes, Clark Glymour & Richard Scheines (2000).

7. Modelos Causais da História da Ciência

Para finalizar, daremos um exemplo de modelo causal proposto em nossa abordagem à história da ciência, baseada em unidades de

conhecimento, chamados “avanços”, que se relacionam de maneira causal (Pessoa, 2005).

Trata-se de um modelo causal do início da ciência do magnetismo, que ocorreu independentemente na China e na Europa. A diferença marcante entre essas duas histórias possíveis foi a descoberta da bússola (ou da propriedade diretiva da magnetita) na China, mas não na Europa. O modelo causal consiste de um diagrama *único*, contendo avanços ligados por relações causais, que dá conta das diferentes histórias (Figura 12). De acordo com a presente re-

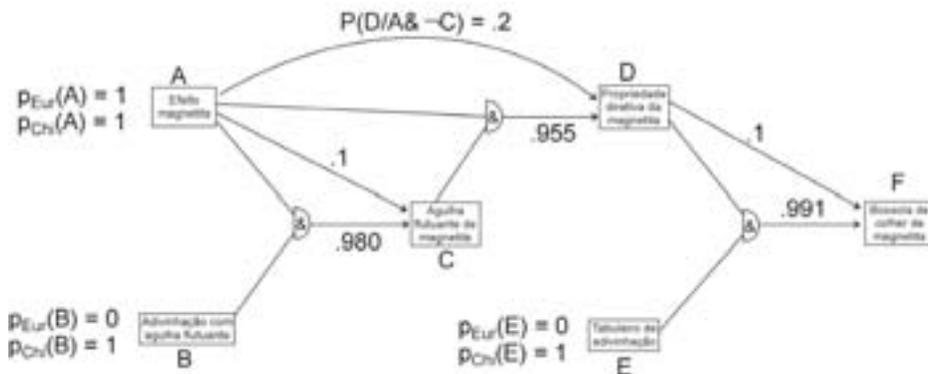


Figura 12: Modelo causal simplificado para o nascimento da ciência do magnetismo.

construção, baseada em Needham (1962), a diferença entre as duas histórias é devida principalmente à forte presença de técnicas de adivinhação na China. Apesar de tais manifestações culturais associadas com a magnetita estarem presentes (em menor grau) também na Europa, por exemplo na ilha de Samotrácia, simplificamos a situação, considerando que as probabilidades iniciais das técnicas de adivinhação *B* e *E* na Europa seriam nulas, enquanto na China seriam 1.

O caminho que levou à primeira bússola magnética, na forma de uma colher de magnetita (*F*), iniciou-se com a descoberta e exploração do “efeito magnetita” (*A*) (a atração mútua da magnetita e a atração entre o ferro e a magnetita), que se deu tanto na China quanto na Europa. Porém, na China havia uma

técnica de adivinhação feita com uma agulha de ferro untada posta a boiar na água (*B*), e que levou a uma variação envolvendo uma agulha de magnetita flutuante (*C*). Com tal arranjo prático, a descoberta de que a agulha de magnetita se alinha na direção norte-sul (*D*) tornou-se altamente provável, e de fato ocorreu na China em torno do início da Era Cristã, mas não no Ocidente. Depois desta descoberta, o passo era pequeno até o desenvolvimento da bússola rudimentar (*F*).

Na Figura 12, algumas relações causais são representadas por probabilidades precisas, e outras por valores imprecisos. Estes últimos são frutos de uma estimativa grosseira, ao passo que os primeiros são calculados de uma maneira explicada em Pessoa (2006). Todos representam a probabilidade de ocorrência de um efeito em um intervalo de tempo de referência $T = 400$ anos.

Referências Bibliográficas

- COSTA, C.F. *A Relação Causal*. <http://www.filosofia.cchla.ufrn.br/claudio/metafisica/causalidade.pdf>, 2006.
- HONORÉ, A. Causation in Law. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/causation-law/>, 2005.
- HUME, D. [1748] Investigação sobre o Entendimento Humano. In *Os Pensadores – Berkeley, Hume*, 2ª ed., trad. L. Vallandro, Abril Cultural, São Paulo, pp. 133-204, 1980.
- LEWIS, D. Causation. *Journal of Philosophy* 70, 556-67. Republicado em: Kim, J. & Sosa, E. (orgs.) (1999), *Metaphysics: An Anthology*, Blackwell, Oxford, pp. 436-43, 1973.
- MACKIE, J.L. Causes and Conditions. *American Philosophical Quarterly* 2, 245-64. Republicado em: Kim, J. & Sosa, E. (orgs.) (1999), *Metaphysics: An Anthology*. Oxford: Blackwell, pp. 413-27, 1965.
- MENZIES, P. Counterfactual Theories of Causation. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/causation-counterfactual/>, 2001.
- MILL, J.S. *System of Logic*, vol. 1. Londres: John Parker. Tradução parcial para o português: “Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva” 1843, in

- Os Pensadores*, trad. J.M. Coelho, Abril Cultural, São Paulo, 1979.
- NEEDHAM, J. *Science and Civilization in China*, vol. 4: “Physics and Physical Technology”, part I: “Physics”, em colaboração com W. Ling & K.G. Robinson. Cambridge: Cambridge University Press, 1962.
- PEARL, J. *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- PESSOA JR., O. Causal Models in the History of Science. *Croatian Journal of Philosophy* 5, pp. 263-74, 2005.
- Computation of Probabilities in Causal Models of History of Science, submetido ao *Principia* (Florianópolis), 2007.
- SCHAFFER, J. The Metaphysics of Causation, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/causation-metaphysics/>, 2003.
- SPIRITES, P.; glymour, C. & scheines, R. *Causation, Prediction, and Search*. 2ª ed. Nova Iorque: Springer, 2000.
- WOODWARD, J. Causation and Manipulability. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/causation-manipulability/>, 2001.