

CAUSAÇÃO DESCENDENTE, EMERGÊNCIA DE PROPRIEDADES E MODOS CAUSAIS ARISTOTELICOS

(Downward Causation, Property Emergence, And Aristotelian Causal Modes)

Charbel Niño EL-HANI*
Antonio Augusto PASSOS VIDEIRA**

Recebido: 1999.7.5.
Versão final: 2000.5.2.

* Departamento de Biologia Geral, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, R. Barão do Geremoabo 147, Campus de Ondina, Ondina, Salvador-BA, Brasil 40170-290. E-mail: charbel@ufba.br

** Departamento de Filosofia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Maracanã, Pavilhão João Lyra Filho, 9º andar, Bloco B, Rio de Janeiro-RJ, Brasil 20550-013. E-mail: guto@cbpf.br

BIBLID [0495-4548 (2001) 16: 41; p. 301-329]

RESUMO: O problema da causalção descendente é um ponto central na formulação do fisicalismo não-redutivo e na compreensão da emergência de propriedades. Duas interpretações possíveis da causalção descendente, nas quais a contribuição do pensamento aristotélico é importante, são examinadas. Os requisitos do programa de matematização da natureza na mecânica clássica, que levaram ao abandono de três dos modos causais aristotélicos, não parecem igualmente importantes nas ciências especiais. Isto sugere que a contribuição de Aristóteles pode ser, de certa maneira, retomada. Uma definição de propriedade emergente é apresentada, sendo a causalção descendente interpretada de acordo com os modos causais formal e funcional.

Descritores: causalção descendente, emergência, superveniência, Aristóteles, teoria de níveis.

ABSTRACT: *The problem of downward causation is a key subject in the formulation of non-reductive physicalism as well as in the understanding of property emergence. Two possible interpretations of downward causation, to which Aristotelian thought is relevant, are examined. In the mathematical understanding of nature in classical mechanics, the principle of causality should meet requirements that entailed the rejection of three among the four Aristotelian causal modes. Those requirements do not seem equally important in the special sciences and one may suggest, then, that Aristotle's contribution may be taken into account. A definition of an emergent property is proposed, in which downward causation is interpreted according to the formal and functional causal modes.*

Keywords: *downward causation, emergence, supervenience, Aristotle, theory of levels.*

SUMARIO

1. O Problema
2. Emergentismo

THEORIA - Segunda Época
Vol. 16/2, 2001, 301-329

3. Superveniência e Emergência
 4. O Problema da Causação Descendente
 5. O Princípio de Causalidade e o Programa de Matematização da Natureza
 6. Modos Causais Aristotélicos
 7. Versões da Causação Descendente
 - 7.1. Causação Descendente Forte
 - 7.2. Causação Descendente Média
 8. Conclusão
- Bibliografia

(...) As our inquiry delves into the matter, our understanding never encounters anything but form.

(Lear: 1988, *Aristotle: The Desire to Understand*)

Uma das questões mais importantes e complexas na filosofia da ciência diz respeito à noção de causalidade a ser adotada nos domínios relacionados à vida e à mente: Ecologia, biologia, psicologia, neurociência etc. A mesma questão também diz respeito às chamadas ciências humanas. As dificuldades decorrem, entre outros motivos, da compreensão vaga que temos das formas de causalidade implicadas na relação entre o simples e o complexo. Não se trata apenas de referirmo-nos a uma escolha, historicamente equivocada, de buscar inspiração em -quando não simplesmente seguir- modelos já testados, consolidados e incorporados pela comunidade científica. Não é difícil compreender por que os primeiros estudiosos dos fenômenos ligados à complexidade procuraram adotar normas e critérios de cientificidade que pareciam admitir apenas um tipo de causalidade. A física clássica é, de fato, um modelo impressionante.

Não se pode esquecer que só se chegou a uma melhor compreensão dos fenômenos relacionados aos domínios da vida e da mente no nosso século. Como, então, delimitar com clareza as imperfeições do uso daquele tipo exclusivo de causalidade (eficiente) na formulação de leis e modelos nesses domínios? Além dessas possíveis imperfeições, existe uma outra razão, logicamente anterior, para muitas dessas dificuldades: O que é exatamente o princípio de causalidade? Como relacioná-lo à natureza (ou realidade)? Em que nível (epistemológico, ontológico ou, ainda, em ambos) ele 'atua'? Ou seja, a causalidade é um modo de produção e organização da própria realidade ou da razão humana? (Bunge 1979).

É lugar-comum afirmar que a causalidade é uma das noções mais difíceis na ciência e na filosofia. Se a física clássica foi, durante alguns séculos, modelo científico indiscutível, isto se deve, em parte, às capacidades de Galileu, Newton, Descartes, entre outros, de contornar, diante da impossi-

bilidade de resolução completa, os obstáculos colocados por aquela noção. Desde o início da ciência moderna, defendeu-se uma concepção restrita da causalidade porque se pensava que ela seria capaz de afastar a principal inimiga daquela: a metafísica. Não seria tarefa da ciência conhecer as causas últimas, as chamadas essências, dos fenômenos e corpos naturais. A matemática e a experimentação controlada seriam incapazes de atingir esse nível tão profundo. Ficaríamos, pois, caso respeitássemos o 'método científico', limitados àquilo que podemos perceber fazendo uso de nossos órgãos sensoriais ou instrumentos científicos. Nesse nível -fenomênico- o único tipo possível de causalidade seria o eficiente.

Contudo, a renúncia ao desejo de explicar a natureza em prol de um objetivo mais modesto e confiável -o de *descrever* os fenômenos naturais- se mostrou, para alguns dos primeiros filósofos naturais da Época Moderna, pouco satisfatória (Malherbe 1994). Suas teorias científicas recorriam inevitavelmente às hipóteses, as quais, independentemente da frequência com que eram usadas, pronunciavam-se também sobre a estrutura íntima do real. Em outros termos, essas hipóteses seriam ontológicas, escapando às imposições da causa eficiente. Desde então, esse é um tema incômodo mas certamente fundamental: as teorias científicas descrevem ou explicam a realidade? As respostas são muitas e quase sempre ambíguas.

Neste artigo, mais do que discutir essa ambigüidade no escopo da física, procuraremos mostrar a possibilidade de os fenômenos e sistemas complexos somente serem adequadamente compreendidos caso reconheçamos que a causa eficiente é insuficiente para sua descrição. Talvez seja necessário retornar a pensadores anteriores à revolução científica do século XVII, como Aristóteles, para encontrar-se soluções para um problema tão instigante: como passamos do simples ao complexo?

1. O Problema

Examinando o capítulo introdutório de um manual de ecologia (Odum 1988, pp. 2-5), cujo autor é vinculado à abordagem sistêmica, podemos demarcar o problema em foco neste artigo. Na segunda seção deste capítulo, Odum introduz os conceitos de *níveis de organização* e *sistemas funcionais*. Ele cita duas definições para *sistema*, uma extraída do Webster's Collegiate Dictionary, segundo a qual um *sistema* consiste de "componentes interdependentes que interagem regularmente e formam um todo unificado", e outra de um artigo de Laszlo e Margenau (1972), em que um *sistema* é caracterizado como "um conjunto de relações mútuas que constitui uma

entidade identificável, seja real ou postulada". A polêmica que se coloca, nesta discussão, é entre as abordagens sistêmica e reducionista.

Nos últimos trezentos anos, o reducionismo tem servido como paradigma na formulação das explicações científicas. Não é suficiente para o reducionista uma combinação de micro- e macro-explicações; macro-explicações devem ser substituídas por micro-explicações, por não possuírem qualquer conteúdo adicional em relação a estas últimas. Fenômenos de nível 'superior' devem ser completamente caracterizados nos termos de teorias de nível 'inferior' e, em última análise, de teorias físicas (Levine et al. 1987; El-Hani & Pereira 1999a,b).¹

Para Jacques Loeb, por exemplo, a abordagem científica na biologia consiste na explicação completa do funcionamento das 'máquinas orgânicas' em termos de seus constituintes básicos:

O objetivo fundamental das ciências físicas é a visualização de todos os fenômenos em termos de agrupamentos e deslocamentos de partículas básicas e, como não há descontinuidades entre a matéria que constitui o mundo vivo e o não-vivo, a meta da biologia pode expressar-se do mesmo modo (Loeb 1964).

Esta é uma das razões para a crença reducionista na explicação completa das propriedades e funções dos sistemas vivos em termos físicos e químicos: as descontinuidades entre níveis de organização não teriam conseqüências para a explicação. Por isso, a crítica ao reducionismo assumiu, tipicamente, a forma de uma teoria de níveis, na qual se procura demonstrar que os níveis de organização observados na natureza podem ser interpretados como descontinuidades efetivas, marcadas pelo surgimento de novas regras dinâmicas. A compreensão dos eventos, dos estados e das propriedades observados nos diversos níveis demandaria outras formas de explicação, além das leis causais/mecânicas. *Para os críticos do reducionismo, diferentes níveis de complexidade requerem diferentes níveis de descrição e explicação.*

Odum salienta que, de acordo com a teoria hierárquica, há continuidade e descontinuidade na evolução do universo: de um lado, a história evolutiva dos sistemas é um processo contínuo; de outro, ela cruza as fronteiras de uma série de níveis de organização (Novikoff 1945). Desse modo, os postulados da teoria de níveis são reiterados, mas não se argumenta, propriamente, pela validade desta descrição do processo evolutivo ou por seus possíveis ganhos explanatórios. Um reducionista poderia opor-se ao argumento, salientando que se um sistema, conforme definido acima, não é mais que um conjunto de relações mútuas entre os componentes, por que

não seria possível restringir-se às micro-explicações? Afinal, o reducionismo admite como objeto das explicações não somente propriedades intrínsecas dos elementos que compõem os sistemas mas também as relações entre eles (Levine et al. 1987; El-Hani & Pereira 1999a,b).² Até este momento, não se pode dizer que tenha sido alcançada uma posição vantajosa no confronto com o reducionista.

Na seção 3 deste capítulo introdutório, Odum trata do princípio das propriedades emergentes, freqüentemente citado como uma razão para propor-se a existência de descontinuidades efetivas entre os níveis de organização: cada um dos níveis incluído numa hierarquia válida seria caracterizado por propriedades genuinamente novas, irreduzíveis a e imprevisíveis a partir das propriedades dos componentes. Não obstante alguns percalços, a noção de *emergência de propriedades* tem cumprido um papel importante na formulação das teorias de níveis. Odum afirma:

Uma consequência importante da organização hierárquica é que, à medida que os componentes ou subconjuntos combinam-se para produzir sistemas funcionais maiores, emergem novas propriedades que não estavam presentes no nível inferior. Portanto, uma *propriedade emergente* de um nível ecológico ou unidade ecológica não pode ser prevista a partir do estudo dos componentes desse nível ou unidade. *Propriedades não-reduzíveis*, ou seja, propriedades do todo que não podem ser reduzidas à soma das propriedades das partes, é uma outra maneira de se expressar o mesmo conceito (Odum 1988, p. 3).³

A simples referência à emergência de propriedades não basta, contudo, para que uma teoria de níveis seja fundamentada. *A emergência de propriedades é, antes, o que precisa ser explicado.* Odum propõe uma explicação:

Novas propriedades emergem porque os componentes interagem e não porque a natureza básica dos componentes seja alterada (Odum 1988, p. 4).

Esta sentença pretende evitar a interpretação de que leis da física e da química sejam revogadas com a emergência de propriedades. Os componentes não têm sua natureza básica alterada; eles continuam sujeitos às regularidades descritas nos níveis de organização anteriores. Mas a explicação de Odum não é suficiente para colocar-se de lado uma interpretação reducionista; se novas propriedades emergem graças à interação dos componentes, por que haveriam de ser imprevisíveis? Por que não poderiam ser explicadas em termos das propriedades e relações dos componentes? Odum não dá conta do real problema, que é o de explicar de que maneira a totalidade submete os componentes a uma *modificação* que não corresponde a uma alteração de sua 'natureza básica'.

Ele apresenta alguns exemplos de propriedades emergentes:

Quando o hidrogênio e o oxigênio combinam-se numa certa configuração molecular, forma-se a água, líquido que possui propriedades totalmente diferentes das dos seus componentes gasosos. Quando certas algas e animais celenterados evoluem em conjunto para produzir um coral, cria-se um mecanismo eficiente de ciclagem de nutrientes que permite ao sistema conjugado manter uma alta taxa de produtividade em águas com baixíssimo conteúdo de nutrientes. Assim, a produtividade e a diversidade fabulosas dos recifes de coral são propriedades emergentes encontradas unicamente no nível da comunidade do recife (Odum 1988, p. 3).

Se a 'emergência' de propriedades resulta da 'simples interação dos componentes', não parece provável que o reducionista seja convencido por estes exemplos.

Levins e Lewontin afirmam que a crítica ao reducionismo requer um novo olhar sobre os conceitos de parte e todo:

O que constitui as partes é definido pelo todo que está sendo considerado. Além disso, as partes adquirem propriedades em virtude de serem partes de um todo particular, propriedades que não têm quando isoladas ou como partes de um outro todo. Não é que o todo seja maior do que a soma de suas partes, mas que as *partes* adquirem novas propriedades. Mas à medida em que as partes adquirem propriedades por encontrarem-se juntas, elas conferem ao todo novas propriedades, que são refletidas em mudanças nas partes, e assim por diante (Levins & Lewontin 1985, p. 3).

Temos aqui uma compreensão mais adequada da emergência de propriedades, na medida que ela é relacionada ao evento de que as partes adquirem novas propriedades na condição de partes de um certa totalidade, e não à proposição, obscura ou, no mínimo, frágil, de que o todo é maior do que a soma das partes. Mas este argumento também se depara com um problema: ele apenas enuncia a aquisição de novas propriedades pelas partes, mas não explica em que sentido, exatamente, o todo *modifica* as propriedades de seus componentes.

Nosso problema aqui é o de explicar a emergência de propriedades a partir de uma interpretação consistente da ação do todo sobre as partes (*causação descendente*). Esta questão é relevante não só para a filosofia mas também para as ciências naturais e humanas, por estar relacionada à maneira como elas compreendem seus objetos de estudo. Em nossa visão, os conceitos de níveis de organização e emergência de propriedades não podem ser devidamente entendidos sem que o problema da causação descendente seja resolvido. A tentativa de chegar-se a esta solução envolve questões de grande alcance, concernentes à compreensão da causalidade.

2. *Emergentismo*

Na primeira metade deste século, o emergentismo cumpriu um papel importante na filosofia das ciências naturais, como a primeira formulação sistemática do fisicalismo não-redutivo. Esta doutrina passou, contudo, por um longo período de esquecimento, tendo sido revitalizada apenas recentemente pelas ciências da complexidade.⁴ Atualmente, falar de emergência de propriedades não é mais entendido como algo que se coloca em oposição ao discurso científico.

As proposições fundamentais do emergentismo são as seguintes:⁵

1. [Fisicalismo ontológico] Tudo que existe no espaço-tempo são as partículas elementares reconhecidas pela física e seus agregados e interações.
2. [Novidade qualitativa] A evolução é um processo universal de mudança que produz novidades qualitativas em todos os domínios da realidade.
3. [Emergência de propriedades] A novidade qualitativa corresponde à emergência, quando agregados de partículas materiais *atingem um nível apropriado de complexidade organizacional*, de uma ou mais propriedades genuinamente novas, que não se encontram em qualquer uma de suas partes.
4. [Teoria de níveis] A realidade pode ser descrita como uma estrutura de níveis irreduzíveis, cada nível consistindo de totalidades ou sistemas caracterizados por pelo menos uma propriedade emergente.
5. [Irreduzibilidade dos emergentes] Propriedades emergentes são irreduzíveis à micro-estrutura da qual emergem.⁶
6. [Causação descendente] Entidades de nível superior exercem influência causal sobre os seus componentes, modificando a maneira como ocorrem os eventos no nível inferior.⁷

Apesar de seu apelo intuitivo, a noção de emergência de propriedades é freqüentemente vista com suspeita, por pelo menos três razões: (1) várias formulações desta noção são imprecisas e parece difícil reconciliá-las umas com as outras; (2) ela parece violar a máxima de que não se pode obter algo de nada; e (3) a idéia de causação descendente, a ela relacionada, parece violar o fechamento causal do domínio físico.⁸

O primeiro problema não requer o abandono da noção de emergência, mas apenas uma apreciação crítica das formulações anteriores. As duas últimas objeções são mais sérias. O fisicalista não-redutivo se defronta com

o seguinte problema: se, como um fiscalista, ele admite que todos os eventos e estados de nível superior são realizados por eventos e estados físicos, de onde surgem as qualidades novas que eles parecem ter? Se todo sistema complexo é constituído por componentes físicos e estas qualidades não se encontram nos componentes como tais (elas são *genuinamente novas*), de onde elas vieram?

Em nossa visão, a compreensão da emergência de propriedades nos sistemas complexos requer uma solução adequada do problema da causação descendente.⁹

3. *Superveniência e Emergência*

Muitos filósofos preferem a noção de superveniência à de emergência para caracterizar a relação de dependência entre entidades ou propriedades em diferentes níveis de uma maneira não-redutiva (Kim 1996, p. 149). Não obstante, a dificuldade de satisfazer-se o duplo requisito da dependência e da não-redutibilidade em uma relação de superveniência, que tem sido apontada com frequência na literatura, sugere que esta noção pode não ser suficiente para uma formulação vigorosa do fiscalismo não-redutivo. Uma alternativa digna de investigação é a de uma combinação, na formulação do fiscalismo não-redutivo, das noções de superveniência e emergência.¹⁰

A dependência de uma propriedade emergente em relação às propriedades de nível inferior pode ser compreendida nos termos da 'superveniência forte' de Kim (1993, p. 65). A definição da superveniência forte deve ser modificada, no entanto, para aplicar-se a propriedades emergentes, caracterizadas relativamente às propriedades das partes de um objeto:

(SF) Propriedades-*A* de objetos são supervenientes, de modo forte, a propriedades-*B* de suas partes =_{df} Necessariamente, para todo objeto *x* e propriedade-*A* *a*, se *x* tem *a*, então há propriedades-*B* *b*, *c*, *d*... (incluindo propriedades relacionais) tais que (i) partes apropriadas de *x* têm (de maneira variada) *b*, *c*, *d*... e (ii) necessariamente, para quaisquer coisas que tenham coletivamente *b*, *c*, *d*... há um objeto do qual elas são partes que tem *a* (O'Connor 1994, pp. 95-96).

As seguintes idéias básicas quanto à relação entre conjuntos de propriedades têm sido usualmente associadas à superveniência: As propriedades de nível superior são, primeiro, *dependentes* das propriedades de nível inferior; se uma entidade exemplifica uma determinada propriedade-*A*, ela ou alguma parte (ou partes) dela deve exemplificar uma certa propriedade-*B* que é necessariamente suficiente para aquela propriedade-*A*. Por

exemplo, se uma entidade qualquer exemplifica uma propriedade biológica, ela ou alguma parte (ou partes) dela deve exemplificar uma certa propriedade química que é uma base suficiente para aquela propriedade biológica. Segundo, as propriedades de nível superior são *determinadas* por propriedades de nível inferior; nenhuma entidade pode ser exatamente igual a outra em suas propriedades-*B* sem que seja exatamente igual em suas propriedades-*A*. Se duas células, por exemplo, contêm o mesmo conjunto de moléculas exatamente com as mesmas propriedades químicas (incluindo propriedades relacionais), elas não podem apresentar quaisquer diferenças em suas propriedades biológicas.

Estes aspectos se aplicam tanto a propriedades que são simples 'resultados' da micro-estrutura de um objeto¹¹ como a propriedades emergentes. É necessário, então, distingui-las, o que requer uma caracterização mais precisa da noção de 'propriedade emergente'. Em particular, o aspecto da determinação parece pôr em risco a noção de emergência: se as propriedades de um sistema são determinadas pelas propriedades de suas partes - não sendo possível que dois sistemas apresentem diferenças em suas propriedades se não há diferenças nas propriedades de suas partes-, como é possível que um sistema complexo possua propriedades irredutíveis às propriedades das partes?

A saída para este dilema pode residir na noção de causação descendente: se, de um lado, deve-se admitir, numa perspectiva fisicalista não-reduzitiva, estes aspectos de dependência e determinação, de outro, as propriedades dos componentes de um sistema complexo são, elas próprias, modificadas pelo sistema, de tal modo que há uma relação de codeterminação das propriedades dos componentes e do sistema que abre caminho para falarmos de emergência em termos mais consistentes. É preciso esclarecer, contudo, em que sentido o todo *modifica* as propriedades de seus componentes.

O'Connor (1994) combina as noções de *superveniência*, *não-estruturalidade*¹² e *influência causal nova* na definição de propriedade emergente. Dentre estas noções, apenas a de superveniência é comum a propriedades resultantes e emergentes.

A segunda noção, que ele chama de 'não-estruturalidade' por falta de termo melhor, envolve três aspectos: uma propriedade emergente deve (a) estar presente apenas em objetos de alguma complexidade; (b) não estar presente em qualquer uma das partes do objeto; e (c) ser distinta de qualquer propriedade estrutural do objeto (O'Connor 1994, p. 97). Na medida que uma propriedade emergente é uma propriedade genuinamente nova

de uma classe de agregados de partículas elementares, é razoável esperar-se que estes agregados tenham um certo nível de complexidade organizacional, merecendo a denominação de 'sistemas complexos', e que ela não seja encontrada nas partes do sistema, porque não poderia, então, ser considerada 'genuinamente nova'.

O'Connor define da seguinte maneira uma propriedade estrutural:

(PEs) Umá propriedade S é estrutural =_{df} Se e somente se partes apropriadas de particulares que têm S possuem alguma propriedade ou propriedades que não são idênticas a S e este estado de coisas é, ao menos em parte, constitutivo do estado de coisas do particular ter S (O'Connor 1994, p. 93).

Uma propriedade estrutural é 'constituída' pelas propriedades (intrínsecas e relacionais) das partes. Assim, ela pode ser reduzida ao conjunto das propriedades e relações microfísicas do objeto. Na visão de O'Connor, uma propriedade, para ser emergente, deve ser distinta de qualquer propriedade estrutural do objeto. Ela apresenta, assim, uma relação paradoxal com as propriedades dos componentes de um objeto complexo: de um lado, dada a relação de superveniência, ela é determinada α e, logo, em certo sentido *constituída* α pelas propriedades de nível inferior, mas de outro, sendo ela diferente de uma propriedade estrutural, *não pode ser constituída* por aquelas mesmas propriedades.¹³ Uma saída para este paradoxo pode decorrer da noção de que o sistema complexo exerce uma ação causal sobre os seus componentes, modificando-os de modo que *o que constitui uma propriedade emergente não são as propriedades e relações dos componentes em si, mas as relações dos componentes tal como modificadas pela causação descendente exercida pelo próprio sistema*. Daí o caráter de emergência, de novidade genuína, desta classe específica de propriedades. O aspecto mais importante para a distinção de propriedades resultantes e emergentes parece ser, assim, o grau de dependência da propriedade em relação à ação causal do todo sobre as partes.

O'Connor também inclui na definição de propriedade emergente a idéia de 'influência causal nova', pretendendo capturar

um sentido muito forte em que a influência causal de um emergente é irreduzível à influência causal das micropropriedades às quais ele é superveniente: ele exerce sua influência de uma maneira direta, 'descendente', em contraste com a operação de uma macropropriedade estrutural simples, cuja influência causal ocorre por meio da atividade das micropropriedades que a constituem (O'Connor 1994, pp. 97-98).

O'Connor (1994, p. 98) define uma propriedade emergente como segue:

(PE) Uma propriedade P é uma propriedade emergente de um objeto (mereologicamente complexo) $O =_{df}$ Se e somente se:

- (i) P é superveniente às propriedades das partes de O ;
- (ii) P não está presente em qualquer das partes de O ;
- (iii) P é distinta de qualquer propriedade estrutural de O ; e
- (iv) P tem uma influência determinativa direta ('descendente') sobre o padrão de comportamento envolvendo as partes de O .

A noção de causação descendente é o ponto chave nesta definição. O'Connor atribui a ação causal descendente às qualidades emergentes. Pode ser preferível, no entanto, atribuí-la à entidade de nível superior considerada em sua totalidade.¹⁴ Outro aspecto que convém não perder de vista é a necessidade de que a caracterização da causação descendente como uma influência *determinativa 'direta'* do emergente sobre o padrão de comportamento envolvendo as partes do objeto, *independentemente da atividade das micropropriedades*, seja adequadamente explicada, evitando-se a atribuição de um papel causal aos emergentes que não seja compatível com o fisicalismo ontológico (El-Hani & Pereira, no prelo; El-Hani & Emmeche, em preparação).

4. O Problema da Causação Descendente

Uma das principais críticas ao emergentismo reside na suposta violação do fechamento causal do domínio físico pela causação descendente. Kim apresenta esta crítica da seguinte maneira:

(...) O fisicalista não-redutivo, como o emergentista, está comprometido com a idéia de causação descendente irredutível, causação de processos físicos por propriedades não-físicas, e isto significa, é claro, que o fechamento causal do físico é violado. Talvez o emergentista não veja nisto um problema, mas o fisicalista não-redutivo, na medida em que é um fisicalista, deve ver. (...) abandonar o fechamento causal do físico é retornar à visão Cartesiana, que não permite, sequer em princípio, uma teoria física completa do mundo físico. (...). Isto é algo que nenhum fisicalista sério considerará aceitável (Kim 1996, pp. 232-233).

Não parece razoável sustentar-se que o emergentismo abre as portas para o dualismo ou que um emergentista não veria problema na violação do fechamento causal do físico, admitindo um apelo a agentes causais não-físicos para explicar fenômenos naturais. Basta lembrar que o fisicalismo ontológico, como reconhece o próprio Kim, é uma das proposições fundamentais do emergentismo.

Mas então defrontamo-nos com o problema colocado por Kim: como dar sentido à noção de causação descendente sem comprometer-se com

uma violação do fechamento causal do domínio físico? Em nossa visão, o problema é que Kim compreende a causação descendente no sentido de uma causa eficiente ordinária,¹⁵ não sendo possível evitar desse modo a conclusão de que ela viola o fechamento causal do físico.

As noções de emergência de propriedades e causação descendente não são incompatíveis com o fisicalismo ontológico, visto que não negam, em momento algum, a proposição de que tudo que existe é constituído por partículas materiais. As hipóteses emergentistas não propõem que processos causais não-físicos podem ser observados em seres vivos, mentes ou sociedades, mas apenas enfatizam a diferença entre eventos que ocorrem em sistemas pertencentes ao nível físico e eventos que emergem em agregados altamente organizados de partículas elementares, usualmente caracterizados como sistemas pertencentes a níveis de organização superiores ao físico.

A noção de causação descendente pode propiciar-nos uma base racional para a compreensão da emergência de propriedades. No entanto, ela se torna um problema praticamente insuperável quando se admite apenas um modo causal, a causa eficiente. É difícil, senão impossível, compreender-se a ação causal de uma entidade de nível superior sobre seus componentes nos termos de uma causalidade eficiente. As relações entre tal entidade e seus componentes são simultâneas, e não seqüenciais. Considere-se, por exemplo, as relações entre uma célula e as moléculas que a compõem: como a célula é uma construção bioquímica, qualquer processo ao nível celular é, *ao mesmo tempo*, um processo bioquímico. Se quisermos compreender o sentido em que a célula pode 'governar' ou 'influenciar' os processos bioquímicos em seu interior, a noção de causa eficiente de nada adiantará; ao buscarmos interações causais eficientes, nada mais encontraremos a não ser reações bioquímicas individuais. Não temos conhecimento de qualquer processo por cujo intermédio a célula 'como tal' possa exercer uma ação causal, no sentido eficiente, sobre seus componentes. Para compreender-se como a célula pode 'governar' ou 'influenciar' sua bioquímica, outros modos causais parecem necessários.

A partir do século XVII, os termos 'causa' e 'causa eficiente' se tornaram sinônimos no discurso científico e na linguagem cotidiana. Quanto ao problema da causação descendente, a situação é tal que parece haver apenas duas opções: ou deixamos de lado a noção de causação descendente, sendo provavelmente forçados a negar qualquer autonomia, mesmo relativa, às entidades de nível superior; ou abandonamos a equivalência entre 'causa' e 'causa eficiente', buscando outros quadros para descrever a causalidade.

Admitindo-se esta segunda opção, uma hipótese a ser testada é a de que a descrição aristotélica de quatro modos causais pode conduzir a uma solução do problema da causação descendente compatível com o fisicalismo ontológico.

A tentativa de interpretar-se a causação descendente a partir dos modos causais aristotélicos pode ser entendida no contexto dos limites com que se depara a extensão da concepção newtoniana de ciência aos demais domínios da investigação. Há uma relação íntima entre a compreensão moderna da causalidade e os requisitos da explicação na física clássica.

5. O Princípio de Causalidade e o Programa de Matematização da Natureza

É fato bem conhecido que uma das principais características da chamada ciência moderna é o intenso e eficaz emprego da matemática. Ao lado da experimentação controlada e quantitativa, o uso da matemática tornou possível que a ciência surgisse com as características que conhecemos hoje.

O surgimento e posterior desenvolvimento da ciência moderna -em particular, da física clássica- implicaram a revisão, e mesmo o abandono, de muitas teses oriundas da tradição aristotélico-tomista. Entre as concepções revistas e abandonadas, temos o princípio de causalidade. Na revolução científica do século XVII, a concepção de causalidade defendida pelo Estagirita foi radicalmente transformada. Dos quatro modos causais que compõem a causalidade aristotélica -material, formal, final e eficiente-, apenas um foi aproveitado no esquema conceitual da física clássica.

O surgimento da física clássica significou o abandono da causa material. Ou, pelo menos, essa foi associada aos fenômenos estudados, já que para a ciência moderna, a matéria é aquilo que se encontra em movimento: os corpos físicos são feitos apenas de matéria. Também as causas formal e final foram deixadas de lado, restando apenas a causa eficiente. Em parte, esse processo de abandono e transformação ocorreu porque Aristóteles estava preocupado em explicar a mudança, enquanto que, para a ciência moderna, o relevante era explicar o movimento local (a mudança de posição de um corpo com relação a um referencial). O conceito de mudança era, em Aristóteles, mais amplo do que o de movimento. Este último era englobado pelo primeiro. Uma vez que se concebe a ciência moderna como o desenvolvimento do programa de investigação matemática da natureza, torna-se compreensível a razão pela qual a única causa a permanecer foi a eficiente, que estabelece que transformações nos movimentos dos corpos ocorrem em função da presença de agentes externos. Esses agentes externos

também são materiais e exercem sua influência preferencialmente por meio de choques. A exceção, bem conhecida de todos, é a força da gravitação à distância, que age sem o recurso à intermediação de outros corpos físicos.

Procurando diferenciar ciência, de um lado, e metafísica e teologia, de outro, desenvolveu-se a partir do século XVIII uma interpretação positivista do princípio de causalidade em Galileu. Esta interpretação afirma ser impossível obter conhecimento acerca das verdadeiras causas dos fenômenos. Essa renúncia à determinação das essências fez da física o modelo epistemológico para outras candidatas que pretendiam desfrutar do mesmo 'status'. Em linhas gerais, o modelo positivista afirma que as leis naturais são formuladas em termos matemáticos, limitando-se a constatar as regularidades existentes entre os fenômenos naturais, sem que haja um questionamento do modo real, ou verdadeiro, como os fenômenos são produzidos. As regularidades existentes são observáveis, ou seja, constatadas com os sentidos ordinários e instrumentos científicos. Em suma, as regularidades se dão no mundo fenomênico.

Desconsiderando-se as ambigüidades existentes na formulação galileana do princípio de causalidade, pode-se afirmar que a relação causal em Galileu é funcional, porque tem como objetivo básico a determinação de uma correlação entre 'eventos' observáveis. Mesmo tendo aparente e publicamente renunciado à determinação das causas particulares de alguns fenômenos, Galileu nunca renunciou à causalidade como princípio fundamental da racionalidade científica.

O discurso 'anti-causal' de Galileu, que tornou possível uma interpretação positivista de seu pensamento, decorre de sua vontade de substituir a concepção aristotélica de movimento, segundo a qual o movimento local era um caso particular da categoria de mudança (Burt 1983). Basicamente, a concepção galileana de movimento afirma que o movimento local uniforme não é mais um processo, ou seja, não corresponde mais a uma modificação intrínseca da natureza dos corpos que se movem. O movimento local uniforme é um estado. Segue dessa concepção que aquilo que determina o movimento é obrigatoriamente causado por agentes extrínsecos. Em outras palavras, as relações estabelecidas entre os corpos em movimento são funcionais: causa passa a ser aquilo que produz um efeito sobre o estado de movimento de um outro corpo que se move. Essa ação não possui, e nem deve possuir, a capacidade de modificar as naturezas dos corpos. De maneira resumida, o movimento é relativo, não existindo mais diferenças intrínsecas, ou ontológicas, entre movimento retilíneo uniforme e repouso.

A partir de Galileu, o movimento não é mais compreendido como uma mudança que deve ser explicada. O que requer explicação são as mudanças introduzidas nos estados de movimento. O 'verdadeiro' fenômeno físico não é mais o movimento, mas as mudanças no estado de movimento.

A base conceitual da ciência se transformou com a instauração de uma nova postura com relação ao fenômeno do movimento. Essa nova postura pode ser compreendida caso consideremos o que aconteceu com a idéia de causalidade durante o surgimento e amadurecimento da ciência moderna. Em outras palavras, as modificações sofridas pela idéia do que é o movimento estão relacionadas às transformações ocorridas com o princípio de causalidade. Descartes, por exemplo, pensava o movimento como uma noção simples, indefinível e, portanto, inteligível em si. A física do movimento é um fato primeiro, que exige explicação. O movimento local não tem causa. Esta última pode ser apenas aplicada às modificações que ocorrem nos corpos que se movimentam.

A lei da inércia, independentemente de sua formulação, inclui, mais ou menos explicitamente, o princípio de causalidade. A lei da inércia determina um novo 'lugar' para a causalidade: as causas modificam o movimento; elas não o determinam enquanto tal. A própria formulação da lei da inércia apresenta a idéia: o estado de um corpo só é modificado pela ação (força) exercida por outro corpo. Parece-nos, pois, que sem um certo tipo de causalidade, não se pode pensar a lei da inércia.

Segundo Koyré (1966, p. 206), contrariando a leitura positivista, a lei (ou princípio) de inércia é, para Galileu, uma construção *a priori*, isto é, ela é o princípio a partir do qual se torna possível conceptualizar os fenômenos observados na experiência: é preciso uma causa para que o corpo seja colocado em movimento ou para que este seja interrompido.

Confrontando-se a interpretação de Koyré com aquela que denominamos positivista (aqui compreendida em sentido lato, sem referirmo-nos a nenhuma escola específica), não fica claro qual a natureza exata da causalidade defendida por Galileu. Parece provável que tal dificuldade resulte do fato de que a causalidade é um conceito ambíguo; de um lado, ela constitui um elemento fundamental da realidade objetiva e, de outro, determina as modalidades da racionalidade científica. Algo se torna racional quando são conhecidas suas causas.

Em Galileu, a causalidade (real) é uma relação de tipo mecânico. O atomismo no século XVII fornece um apoio importante à visão mecanicista do mundo, na medida que contribui, em particular, para fixar a noção

de causalidade mecânica e representar a realidade física determinada por essa causalidade mecânica. A física clássica é atomista:

Se a causalidade mecânica implica essencialmente relações exteriores entre os corpos que se colocam em movimento, então os átomos, indivisíveis e feitos de matéria, perfeitamente homogêneos e duros, são os melhores candidatos para entrar nesse gênero de relação (Yakira 1994, p. 44).

A força da atração universal de Newton é uma causa matemática e não mecânica. Ela é uma causa porque permite, reunindo os conceitos necessários, pensar os fenômenos e analisá-los profundamente. Essa característica do procedimento newtoniano implica -o que é muito importante- que a causalidade se torna uma questão epistemológica e não tanto ontológica. Em outras palavras, falar de causas matemáticas em detrimento de causas mecânicas significa considerar a causalidade como um elemento racional que deve igualmente pertencer à estrutura objetiva das coisas.

É tentador pensar-se que os requisitos do programa de matematização da natureza da mecânica clássica não se mostram igualmente importantes nas ciências especiais, que foram influenciadas, em maior ou menor grau, mas sempre de forma significativa, pelo modelo de ciência da física. Por exemplo, o deslocamento do problema aristotélico de explicar a mudança para o problema moderno da explicação do movimento não parece ter a mesma importância nestas ciências; numa medida considerável, elas se preocupam exatamente com a compreensão da mudança, como ilustra o papel central do pensamento evolucionista na biologia. Por outro lado, a compreensão da causa como aquilo que produz um efeito sobre o estado de movimento dos corpos é muito restrita para dar conta das questões colocadas por estas ciências. Isto sugere que a contribuição de Aristóteles pode ser retomada, sem que isto represente um rompimento com o discurso da ciência, mas apenas um reconhecimento de que os problemas específicos da física do século XVII podem ter levado a uma restrição excessiva do significado da causalidade, tornando-o muito limitado para as necessidades das ciências especiais.

6. Modos Causais Aristotélicos

Emmeche e colaboradores (no prelo) reinterpretem os modos causais aristotélicos da seguinte maneira:

- (1) A *causalidade eficiente* é uma relação de causa-e-efeito envolvendo interação de corpos materiais e troca de energia e resultando numa

seqüência temporal de estados interrelacionados.¹⁶ Na linguagem cotidiana, é expressa por termos como 'implica', 'efetua', 'resulta', 'causa', 'inflige', 'produz' etc.;

- (2) A *causalidade material* se refere à composição das entidades de um dado nível. É capturada em termos como 'constituído por', 'feito de' etc.;
- (3) A *causalidade formal* corresponde à forma ou ao padrão em que as partes componentes de uma *entidade* ou um *processo* estão arrançadas. É expressa por termos como 'a estrutura de', 'organiza', 'o padrão de', 'a configuração de' etc.;
- (4) A *causalidade funcional* se refere ao papel desempenhado por uma parte em um todo integrado de processos ou ao propósito de um comportamento no que concerne à chance de um sistema de permanecer estável ao longo do tempo. É capturada em termos como 'governa', 'controla', 'regula', 'papel' e 'função'.

É importante não perder de vista que a análise aristotélica da causalidade serve, neste trabalho, como uma fonte de inspiração, de modo que não se trata de incorporar ao tratamento da causação descendente aqui apresentado todos os aspectos daquela análise, mas de buscar-se, como Aristóteles, um conjunto de conceitos causais que seja suficientemente rico e coerente para lidar com os fenômenos complexos de sistemas vivos e mentais.¹⁷

7. Versões da Causação Descendente

Três versões da causação descendente podem ser identificadas, cada uma fazendo uso de uma interpretação particular dos modos causais envolvidos. Emmeche e colaboradores as denominam versões fraca, média e forte. Este artigo trata apenas das versões forte e média, por serem as mais relevantes para a definição de emergência de propriedades aqui investigada.¹⁸

7.1. Causação Descendente Forte

Nesta versão da causação descendente, sustenta-se que uma entidade ou um processo num dado nível pode causar mudanças ou efeitos em entidades ou processos num nível inferior, no sentido em que usualmente se entende uma relação de causa-e-efeito (Emmeche et al., no prelo). Isto requer que os ní-

veis sejam *completamente* disjuntos e autônomos, porque, de outro modo, qualquer evento causal eficiente de nível superior, dada a relação de superveniência, envolve micromecanismos. Esta interpretação da causação descendente está relacionada, assim, ao dualismo de substância.

A versão forte da causação descendente se defronta com o problema de que a relação entre uma entidade de nível superior e seus componentes é não-temporal (mereológica). Portanto, interações causais ascendentes ou descendentes não podem ter natureza eficiente. Esta versão parece resultar de uma descrição com a seguinte forma: considerando-se, por exemplo, a relação entre sistemas vivos e seus componentes moleculares, temos, "primeiro", uma variedade de moléculas orgânicas complexas no nível físico-químico e "então" estas moléculas "causam" a entidade biológica. "Quando" esta entidade é constituída, seu metabolismo funciona como um sistema estável e precisamente regulado e ela pode ser vista como um todo que "causa" modificações ou "efeitos" no nível físico-químico, controlado por esta ação causal descendente (Emmeche et al., no prelo).

Nesta interpretação, a causação descendente de fato viola o fechamento causal do domínio físico, não sendo aceitável numa visão fiscalista. O problema com este cenário é que toda a retórica temporal -salientada pelos termos entre aspas- cria a impressão de que é razoável pensar-se em todo o processo como uma cadeia de interações causais eficientes. Um sistema vivo, contudo, não é "primeiro" físico-químico e "depois" biológico; ele é *sempre e ao mesmo tempo* físico-químico e biológico. O sistema *permanece* físico-químico e é *também* biológico, quando as entidades e os processos moleculares se encontram *submetidos a um certo arranjo* que caracteriza a matéria viva. As causações ascendente e descendente são simultâneas e interdependentes, o que torna especialmente difícil, senão impossível, compreendê-las como causas eficientes.

A questão verdadeiramente temporal da origem da vida é de outra natureza. Ela diz respeito a como processos complicados mas '*puramente físicos e químicos*' ocorreram nos oceanos primitivos, resultando na matéria viva com sua organização peculiar. Os eventos causais na origem da vida tiveram lugar numa seqüência temporal e foram de natureza eficiente, mas não correspondem a uma causação ascendente. Quando um sistema biológico foi pela primeira vez *constituído* por entidades químicas, elas não o causaram eficientemente, mas suas interações eficientes de ordem inferior estabilizaram um certo arranjo ou organização e tal conjunto de entidades, assim organizado, se tornou um sistema químico que era *simultaneamente* biológico, em virtude da organização.

7.2. *Causação Descendente Média*

Nesta versão, a causação descendente *não* é interpretada, como na anterior, como uma cadeia causal eficiente do nível superior para o inferior, capaz de afetar as leis que regem o comportamento deste último. A idéia central é a de que as entidades de nível superior surgem pela realização de um subconjunto de estados dentre o número total de arranjos possíveis dos componentes, ou, em outras palavras, pelo estabelecimento de padrões particulares de restrição das relações entre suas partes. Considere-se, por exemplo, um tubo de ensaio contendo n moléculas. Estas n moléculas, em seu movimento browniano, podem estar envolvidas em um número muito grande de relações possíveis. Considere-se, então, outro tubo de ensaio contendo células, constituídas por aquelas mesmas n moléculas. Nas células, as moléculas não podem estabelecer quaisquer relações, como no primeiro tubo de ensaio. O conjunto de relações possíveis entre as moléculas é restringido quando elas passam a fazer parte de uma célula, na medida em que esta faz com que seus componentes tenham uma distribuição muito mais ordenada no espaço-tempo do que teriam em sua ausência. A restrição das relações entre as moléculas resulta da inserção na forma espaço-temporal de estruturas e processos celulares (*causalidade formal*) e, quando as moléculas têm suas relações controladas pela célula, elas cumprem funções que contribuem para a sobrevivência da própria célula (*causalidade funcional*). Na versão média da causação descendente, é no sentido de uma *restrição decorrente de ser parte de um padrão* que se entende a *modificação* dos componentes pelo sistema complexo. Esta *modificação* não tem a mesma natureza que um efeito na causalidade eficiente, podendo ser pensada em termos de um sistema de restrições em múltiplos níveis das possibilidades de interação dos componentes.

Há uma relação estreita entre os modos causais eficiente e formal, de modo que o primeiro pode ser visto como um aspecto do segundo.¹⁹ As interações causais eficientes observadas num sistema complexo no tempo t têm lugar ao nível dos componentes, mas as relações que vêm a ser em t foram selecionadas pelo estado do próprio sistema em $t-1$. Há uma relação recíproca, (neste sentido) simétrica entre partes e todo, na medida que as interações causais eficientes entre os componentes *realizam* a forma e a função na entidade de nível superior, mas a forma e a função, em contrapartida, *restringem* as relações causais eficientes que as realizam.

O 'interacionismo emergente' de Sperry (1969, 1980, 1983, 1986) pode ser tomado como um exemplo desta versão da causação descendente. Uma

interpretação consistente da visão de Sperry pode ser proposta nos seguintes termos: um dado estado de consciência no tempo t é *selecionado* dentre um conjunto de estados que poderiam ser realizados pelo cérebro naquele instante, sendo esta *seleção* dependente não apenas de eventos neurais de ordem inferior, mas também, e de modo decisivo, de eventos no próprio nível psíquico em $t-1$ (Emmeche et al., no prelo). Os estados de consciência prévios agiriam como *fatores de seleção*, determinando qual dos possíveis estados de consciência será efetivamente realizado em t .

Assim interpretada, a causação descendente não pode ser atribuída de maneira consistente às qualidades emergentes. Não parece haver sentido na idéia de que uma qualidade emergente possa ter, por si mesma, uma influência causal formal sobre as partes de um sistema complexo, atuando como um fator de seleção de suas relações. É mais razoável pensar-se que este tipo de influência causal resulte da entidade de nível superior como um todo.

A causação descendente média pode ser elaborada por meio do conceito de 'condições de contorno' (Emmeche et al., no prelo).²⁰ Matematicamente, uma *condição de contorno* é um conjunto de critérios de seleção que permite escolher, dentre várias soluções de um conjunto de equações diferenciais, aquela que corresponde, presumivelmente, à melhor descrição da dinâmica de um sistema. Na mecânica clássica, as *condições iniciais* de um sistema correspondem a um conjunto de parâmetros descrevendo seu ponto de partida. Em fenômenos físicos complexos, certas mudanças nas condições iniciais fazem com que propriedades centrais na dinâmica sejam alteradas. Estas mudanças são denominadas condições de contorno porque delimitam o conjunto de condições iniciais no qual uma dada propriedade de central será encontrada.

Numa teoria de níveis, as condições de contorno podem ser entendidas da seguinte maneira: considere-se, primeiro, que elas são as condições que selecionam e delimitam vários caminhos possíveis de desenvolvimento de um sistema. Quando um sistema é realizado, isto significa que uma das vias possíveis de desenvolvimento foi selecionada, podendo as condições prévias a esta seleção ser entendidas como condições iniciais que definem qual dos possíveis desenvolvimentos ocorrerá. Estas condições iniciais constituem um tipo específico de condição de contorno, as *condições de restrição*. Elas são as condições pelas quais as entidades no nível superior restringem as atividades dos componentes no nível inferior, selecionando dentre o conjunto de estados que poderiam ser realizados aquele que efetivamente o será.

Esta interpretação implica a idéia de que, quando um sistema complexo vem a ser, perde-se algo no nível inferior para ganhar-se algo no nível superior; são perdidas possibilidades de relação ao nível dos componentes para ganhar-se coordenação, estabilidade dinâmica, numa palavra, homeostase no sistema complexo (Pattee 1973).

Duas proposições são centrais nesta versão da causação descendente:

- (i) Entidades de nível superior funcionam como *fatores de seleção* dos processos no nível inferior, cujo desenvolvimento é *restringido* pela evolução temporal daquelas entidades.²¹ Nesta *restrição*, reside a causação descendente;
- (ii) Um *mesmo* conjunto de entidades no nível inferior pode ser o ponto de partida para a *realização de diferentes* entidades no nível superior. Nesta *realização*, reside a causação ascendente (que pode ser entendida como um tipo de causalidade material).

A proposição (ii) pode ser ilustrada por um diálogo de Hofstadter em seu *Gödel, Escher, Bach*. A certa altura do diálogo *...Ant Fugue*, o Tamanduá se refere ao proprietário anterior do formigueiro em que atualmente vive Tia Hillary, uma colônia de formigas. Ele o descreve da seguinte maneira:

O proprietário anterior era um indivíduo extraordinário, uma das colônias de formigas mais criativas que já viveu. Seu nome era Johant Sebastian Fermant [J.S.F.] e ele era um matemático por vocação e um músico por diversão (Hofstadter 1980, p. 332).²²

E então explica como J.S.F. foi destruído por um temporal:

No auge de seus poderes criativos, ele se defrontou com uma morte muito prematura. Um dia, (...) ele estava do lado de fora gozando o calor, quando uma torrente caprichosa (...) surgiu do nada e enopou completamente J.S.F. Como a tempestade chegou totalmente sem aviso, as formigas ficaram inteiramente desorientadas e confusas. A organização intrincada que havia sido construída de forma tão precisa ao longo de décadas foi por água abaixo numa questão de minutos. (...). As formigas conseguiram sobreviver, até a última delas (...). Mas quando as águas recuaram e deixaram que as formigas voltassem ao seu terreno natal, não havia sobrado qualquer organização (Hofstadter 1980, p. 332).

Entretanto, após J.S.F. -a *forma* de nível superior na qual as formigas estavam organizadas- ter desaparecido, aquelas *mesmas* formigas voltaram a reunir-se, mas agora de *forma diferente*, dando origem a Tia Hillary:

No entanto, algo muito estranho começou a acontecer: nos poucos meses seguintes, as formigas que haviam sido componentes de J. S. F. lentamente se reagruparam e construíram uma nova organização. E foi assim que Tia Hillary nasceu (Hofstadter 1980, p. 333).

O Caranguejo pergunta, então, ao Tamanduá se ele reconhece características de J.S.F. em Tia Hillary. O Tamanduá responde:

Nem uma sequer. Eles nada têm em comum. E não há qualquer razão para que dessem ter, em meu entendimento. Com frequência há, no fim das contas, várias maneiras distintas de rearranjar-se um grupo de partes para formar uma 'soma'. E Tia Hillary era exatamente uma nova 'soma' de velhas partes. Não MAIS do que uma soma, veja bem -apenas aquele TIPO particular de soma (Hofstadter 1980, p. 333).

Não se deve perder de vista a observação de Hofstadter de que a entidade de nível superior, o todo, *não* é mais do que a soma das partes. Uma teoria de nível superior não é irredutível a uma teoria-base porque seu objeto, como um todo, é maior do que a soma das partes, mas porque ele é um tipo particular de organização das partes, sendo necessário descrever não apenas as partes mas também as condições de restrição que atuam sobre elas. Um conjunto único de entidades no nível inferior -as mesmas formigas- pode dar origem a uma variedade de entidades diferentes no nível superior -diferentes colônias de formigas. Em cada colônia, um padrão espaço-temporal particular de relações será estabelecido, conferindo a cada formiga ou subconjunto de formigas uma função específica, com o propósito de aumentar as chances de sobrevivência da colônia. Uma causalção descendente formal/funcional pode ser observada, sendo necessário descrever não só as relações causais eficientes que realizam a forma e a função na colônia, mas também os padrões que constroem estas mesmas relações causais. É óbvio que tanto J.S.F. quanto Tia Hillary são constituídos pelas relações entre as formigas -aqui temos uma causalção ascendente material-, mas relações são o que são em virtude da seleção de padrões particulares dentre vários possíveis, de acordo com a influência descendente do estado prévio das próprias colônias de formigas. Cada colônia, como uma forma peculiar de organização, possui propriedades genuinamente novas, emergentes: Tia Hillary não tem uma sequer das propriedades de J.S.F. Pode-se afirmar, no entanto, que a idéia de que o todo é mais do que a soma das partes não tem qualquer papel na definição de uma propriedade emergente.

8. Conclusão

Se as idéias centrais da versão média da causação descendente forem aceitas, a definição de propriedade emergente proposta por O'Connor pode ser assim modificada:²³

(PE) Uma propriedade P é uma propriedade emergente de um objeto (mereologicamente complexo) $O =_{df}$ Se e somente se

- (i) P é superveniente a propriedades e relações das partes de O ;
- (ii) P não é observada em qualquer das partes de O ; e
- (iii) O exerce uma influência causal descendente formal/funcional sobre as partes, restringindo suas relações no espaço-tempo, de modo que os padrões de restrição realizam e, assim, explicam a emergência de P .

Se a emergência de propriedades for relacionada à restrição das relações entre os componentes, na condição de partes de uma entidade de nível superior, e não à sua mera interação, exemplos de propriedades emergentes, como aqueles citados por Odum, poderão ser melhor entendidos. Um recife de coral, por exemplo, teria propriedades genuinamente novas, diferentes daquelas encontradas nas algas e cnidários que o compõem, não por causa da mera interação destes organismos, mas devido à restrição de suas relações a uma região definida de seu espaço de possibilidades, na qual as propriedades emergentes do recife seriam observadas.

Para Aristóteles, nós compreendemos algo quando sabemos por que ele é o que é e a causa nos mostra 'o porquê'. Ou -pode-se dizer- quando descrevemos a causa de algo, tornamo-nos capazes de compreender as propriedades que o qualificam como a entidade que é em nossas classificações. Descrever a *causa* de um sistema biológico significa, nesses termos, compreender 'o porquê' de ele ser um sistema biológico, ou 'o porquê' da presença de qualidades que implicam sua classificação como uma entidade 'viva'. 'O porquê' de um fenômeno estudado na física clássica pode ser expresso em termos do evento causal eficiente que o produziu. Entretanto, uma descrição das interações moleculares eficientes que têm lugar no sistema vivo não parece ser suficiente para entender-se 'o porquê' de o sistema ser vivo; parece-nos evidente que este 'porquê' não reside em qualquer conjunto de causas eficientes, mas na própria ordem observada no sistema.

Aristóteles identifica 'o porquê' ou a 'causa primária' de uma coisa com sua forma. A forma nos propicia a melhor compreensão do que os objetos naturais mais verdadeiramente são e do porquê de eles serem como são (Lear 1988, p. 27). O entendimento do que quer dizer Aristóteles depende

de uma interpretação correta de suas idéias sobre a causalidade. Aristóteles *não* isolou *quatro* causas *distintas*, mas descreveu *quatro modos* em que *citamos* a causa (Aristotle 1996, p. 39, *Física* II.3, 194b23-24, b26-27, b29-30, b32). *As causas formal, final e eficiente são por ele entendidas como aspectos da própria forma.* Ele afirma que estes três modos causais frequentemente convergem numa só coisa, que é a forma (Aristotle 1996, p. 49, *Física* II.7, 198a24-25). Assim, quando se refere a uma causa primária, ele não está conferindo a uma de quatro causas distintas uma posição de honra. Ele está citando um item, a forma, que pode ser considerada seja como a forma que ela é (causa formal), ou como causa eficiente, ou como causa final (Lear 1988, p. 27).

Esperamos ter estabelecido que a compreensão da causalidade que se afirmou com a revolução científica do século XVII pode mostrar-se adequada no domínio da física clássica, onde '*o porquê*' das coisas é redutível à causalidade eficiente, mas é insuficiente nas ciências especiais, onde '*o porquê*' das coisas não se limita a interações causais eficientes, residindo, sobretudo, na forma ou no padrão em que os componentes de entidades ou processos biológicos, mentais, sociais, econômicos etc. estão arranjados. Tentativas de explorar outros quadros de descrição da causalidade são, neste contexto, bem vindas. Neste trabalho, examinamos uma solução do problema da causação descendente apoiada em modos causais que não são admitidos nos discursos científico e filosófico da Modernidade, mas que, segundo acreditamos, podem auxiliar na compreensão da emergência de propriedades.

Agradecimentos

A João Batista Freire Filho, pela revisão do artigo. A Claus Emmeche, por seu incentivo e seus comentários. Aos dois pareceristas anônimos da revista *Theoria*, por suas sugestões, que contribuíram para o aprimoramento do artigo. À CAPES (C.N.E.) e MCT (A.A.P.V.) pela concessão de bolsas de incentivo à pós-graduação e pesquisa, respectivamente.

Notas

- ¹ Mais recentemente, El-Hani (2000) propôs uma diferenciação entre variedades radicais e moderadas de reducionismo. A caracterização do reducionismo apresentada acima corresponde à forma radical.
- ² O papel explanatório das relações no reducionismo é freqüentemente ignorado, o que resulta em críticas pouco vigorosas. É o caso da insistência de Capra na idéia de uma "nova visão da realidade", baseada na "consciência do estado de inter-relação e interdependência essencial de todos os fenômenos" (Capra 1982, p. 259). Um reducionista poderia simplesmente afirmar que não pretende negar as inter-relações; o problema é de outra ordem, referindo-se à compreensão de quais destas inter-relações têm poder explanatório e qual a forma das leis nas teorias sobre os sistemas complexos.
- ³ Ênfase no original. A definição de propriedades emergentes como irredutíveis à soma das propriedades das partes admite uma resposta contundente do reducionista, dada a relevância explanatória por ele conferida às propriedades relacionais das partes. Ver Levine et al. (1987); El-Hani & Pereira (1999b).
- ⁴ Para relatos históricos, ver Blitz (1992) e Beckermann, Flohr & Kim (1992). A renovação do interesse pela noção de emergência de propriedades é indicada pela quantidade de artigos a este respeito produzida nos últimos anos. Ver, por exemplo, O'Connor (1994); Baas (1994, 1996); Newman (1996); Kim (1997); Baas & Emmeche (1997); Humphreys (1996, 1997a,b); Emmeche et al. (1997, no prelo); El-Hani (1997); El-Hani & Pereira (1999a,b,c; no prelo).
- ⁵ Estas proposições são derivadas de Blitz (1992, p. 175) e Kim (1996, pp. 227-229).
- ⁶ Kim (1996, p. 228) se refere não apenas à irredutibilidade mas também à imprevisibilidade dos emergentes. Embora esta última seja uma tese fundamental da maioria dos filósofos emergentistas, deve-se ter na devida conta que se trata de uma proposição epistemológica, podendo ser mais apropriado desvinculá-la da definição de emergência de propriedades, como um conceito ontológico. Um emergentista pode sustentar a irredutibilidade dos emergentes sem recorrer à idéia de sua imprevisibilidade.
- ⁷ O termo 'causação descendente' é usualmente atribuído a Campbell (1974).
- ⁸ As duas primeiras objeções são citadas de O'Connor (1994, p. 91); a terceira, de Kim (1996, pp. 232-233).
- ⁹ Este ponto de vista é compartilhado por Emmeche e colaboradores (1997, no prelo). Kim também salienta esta idéia em vários de seus ensaios (1993, 1996, 1997).
- ¹⁰ Este ponto é abordado em El-Hani & Pereira (no prelo) e El-Hani & Emmeche (em preparação).
- ¹¹ Alexander (1920, vol. I, p. 11) denomina estas propriedades 'resultantes'. Salt (1979) as chama de propriedades 'coletivas'.
- ¹² Esta é uma tentativa de tradução do neologismo utilizado por O'Connor, "non-structurality".
- ¹³ El-Hani & Emmeche (em preparação) levam a cabo uma análise crítica da noção de não-estruturalidade.

- 14 El-Hani & Pereira (1999c, no prelo). Tb. Emmeche et al. (no prelo); El-Hani & Emmeche (em preparação). A razão para que os poderes causais descendentes sejam atribuídos às entidades de nível superior em que tem lugar a emergência de propriedades, e não às propriedades emergentes, reside na caracterização da causação descendente como uma espécie de causalidade formal e funcional.
- 15 A este respeito, ver El-Hani & Pereira (1999c, no prelo).
- 16 Lear (1988, pp. 30-33) apresenta dois argumentos contra a freqüente tradução do conceito aristotélico de 'fonte original da mudança ou repouso' como a idéia moderna de causa eficiente. Primeiro, porque sugere de maneira retrospectiva que Aristóteles apreendeu a concepção moderna de causa. Segundo, porque dá a impressão de que ele está referindo-se a uma causa diferente da forma, e não a uma maneira diferente de especificar a mesma causa, a forma. Estas observações são sem dúvida importantes quando se tenta compreender as idéias originais de Aristóteles. No entanto, consideramos que se pode admitir, numa *reinterpretação* dos modos causais aristotélicos, a compreensão da 'fonte original da mudança ou repouso' como causa eficiente, desde que este modo causal seja visto como um aspecto da forma. As outras definições de Emmeche e colaboradores são bastante próximas das formulações originais de Aristóteles (ver Aristotle 1996, p. 39, *Física* II.3, 194b23-195a2).
- 17 Este ponto é destacado por El-Hani & Emmeche (em prep.). Outros trabalhos que tomam as noções causais aristotélicas como inspiração incluem Rosen (1986); Riedl (1997); Van de Vijver *et al.* (1998).
- 18 Para maiores detalhes sobre a versão fraca, ver Emmeche et al. (no prelo); El-Hani & Videira (1999).
- 19 Esta descrição dos processos causais em níveis adjacentes é consistente com a proposição de Aristóteles de que os modos causais eficiente, formal e final são, todos eles, aspectos da forma. Ver Aristotle (1996, p. 49, *Física* II.7, 198a24-27). Para detalhes sobre a análise da causalidade em Aristóteles, ver Ross (1995) e Lear (1988).
- 20 A idéia de que o conceito de condições de contorno pode ser utilizado para caracterizar as condições que restringem o comportamento de uma entidade em um dado nível foi originalmente introduzida por Polanyi (1968).
- 21 A causação descendente opera em uma escala temporal diferente da causação 'instantânea' ou 'imediate' da física clássica, apresentando uma natureza seletiva e cobrindo várias gerações (Campbell 1974). Desse modo, além do aspecto estrutural, é preciso ter na devida conta também o tempo como uma variável na compreensão das restrições que uma totalidade impõe às atividades de seus componentes.
- 22 A sentença original de Hofstadter tem algumas sutilezas que não foram preservadas na tradução: "His name was Johant Sebastian Fermant, and he was a mathematician by vocation, and a musician by avocation".
- 23 A supressão do terceiro item na definição de O'Connor, relacionado à natureza não-estrutural de uma propriedade emergente, é resultado de uma análise crítica da noção de não-estruturalidade por El-Hani & Emmeche (em preparação).

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, S.: 1920, *Space, Time, and Deity*, London, Macmillan.
- Aristotle: 1996, *Physics*, Oxford, Oxford University Press.
- Baas, N.A.: 1994, 'Emergence, hierarchies, and hyperstructures', in C.G. Langton (Ed.): *Artificial Life III, Santa Fe Studies in the Sciences of Complexity, Volume XVII*, Redwood City, Addison-Wesley.
- Baas, N.A.: 1996, 'A framework for higher-order cognition and consciousness', in S.R. Hameroff, A.W. Kaszniak & A.C. Scott (Eds.): *Toward a Science of Consciousness*, Cambridge, MIT Press.
- Baas, N.A. & Emmeche, C.: 1997, 'On emergence and explanation', *Intellectica* 25, 67-83.
- Beckermann, A., Flohr, H. & Kim, J. (Eds.): 1992, *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Berlin, Walter de Gruyter.
- Blitz, D.: 1992, *Emergent Evolution: Qualitative Novelty and the Levels of Reality*, Dordrecht, Kluwer.
- Bunge, M.: 1979, *Causality and Modern Science*, New York, Dover.
- Burt, E.A.: 1983, *As Bases Metafísicas da Ciência Moderna*, Brasília, Editora Universidade de Brasília.
- Campbell, D.T.: 1974, 'Downward causation' in hierarchically organised biological systems', in F.J. Ayala & Th. Dobzhansky (Eds.): *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, Berkeley and Los Angeles, University of California Press, pp. 179-186.
- Capra, F.: 1982, *O Ponto de Mutação*, São Paulo, Cultrix.
- El-Hani, C.N.: 1997, 'O problema da explicação causal em biologia: um ensaio à luz dos conceitos de superveniência, redução e emergência', in A.L.M. Dias, C.N. El-Hani, J.C.B. Santana & O. Freire Jr. (Orgs.): *Perspectivas em Epistemologia e História das Ciências*, Feira de Santana, UEFS, pp. 151-167.
- El-Hani, C.N.: 2000, *Níveis da Ciência, Níveis da Realidade: Evitando o Dilema Holismo/Reduccionismo no Ensino de Ciências e Biologia*, São Paulo, Faculdade de Educação/USP. Tese de doutorado.
- El-Hani, C.N. & Emmeche, C.: 'On some theoretical grounds for an organism-centered biology: Property Emergence, supervenience, and downward causation', submetido a *Theory in Biosciences (Theorie in den Biowissenschaften)*. Em preparação.
- El-Hani, C.N. & Pereira, A.M.: 1999a, 'Reduccionismo ou Holismo? Desperguntando a Questão', *Ideação* 3, 69-100.
- El-Hani, C.N. & Pereira, A.M.: 1999b, 'A survey of explanatory methodologies for science teaching. I. reductionism, antireductionism and emergence', in L. Lentz & I. Winchester (Eds.): *Toward Scientific Literacy: The History & Philosophy of Science and Science Teaching, Proceedings of the Fourth International Conference - Calgary, Alberta, Canada - June 21-24, 1997*, Calgary, Faculty of Education, University of Calgary, pp. 230-240.
- El-Hani, C.N. & Pereira, A.M.: 1999c, 'Understanding biological causation', in V.G. Hardcastle (ed.): *Where Biology Meets Psychology: Philosophical Essays*, Cambridge, MA., MIT Press (a Bradford Book), pp. 333-356.
- El-Hani, C.N. & Pereira, A.M.: 'Higher-level descriptions: Why should we preserve them?', in P.B. Andersen, N.O. Finnemann, P.V. Christiansen & C. Emmeche (Eds.): *Downward Causation*, Aarhus, Aarhus University Press, no prelo.
- El-Hani, C.N. & Passos Videira, A.A.: 1999, *Causação Descendente e Emergência de Propriedades*, Série Ciência e Memória, CNPQ/Observatório Nacional, Coordenação de Informação e Documentação, nº 01/99.

- Emmeche, C., Köppe, S. & Stjernfelt, F.: 1997, 'Explaining emergence: towards an ontology of levels', *Journal for General Philosophy of Science* 28, 83-119.
- Emmeche, C., Köppe, S. & Stjernfelt, F.: 'Levels, emergence and three versions of downward causation', in P.B. Andersen, N.O. Finnemann, P.V. Christiansen & C. Emmeche (Eds.): *Downward Causation*, no prelo.
- Hofstadter, D.: 1980, *Gödel, Escher, Bach*, Harmondsworth, Penguin Books.
- Humphreys, P.: 1996, 'Aspects of emergence', *Philosophical Topics* 24(1), 53-70.
- Humphreys, P.: 1997a, 'How properties emerge', *Philosophy of Science* 64(1), 1-17.
- Humphreys, P.: 1997b, 'Emergence, not supervenience', *Philosophy of Science* 64 (proceedings), S337-S345.
- Kim, J.: 1993, *Supervenience and Mind*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Kim, J.: 1995, 'What is the problem of mental causation?' In: *10th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, Volume of Abstracts*, Florence.
- Kim, J.: 1996, *Philosophy of Mind*, Boulder, Westview Press.
- Kim, J.: 1997, 'Supervenience, emergence, and realization in the philosophy of mind', in M. Carrier & P.K. MacHamer: *Mindscape: Philosophy, Science, and the Mind*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- Koyré, A.: 1966, *Etudes Galiléennes*, Hermann.
- Laszlo, E. & Margenau, H.: 1972, 'The emergence of integrating concepts in contemporary science', *Philosophy of Science* 39, 252-259.
- Lear, J.: 1988, *Aristotle: The Desire to Understand*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Levine, A., Sober, E. & Wright, E.O.: 1987, 'Marxism and methodological individualism', *New Left Review* 162, 67-84.
- Levins, R. & Lewontin, R.: 1985, *The Dialectical Biologist*, Cambridge, Harvard University Press.
- Loeb, J.: 1964, *The Mechanistic Conception of Life*, Cambridge, Harvard University Press.
- Malherbe, M.: 1994, *Qu'est-ce que la Casualité? - Hume et Kant*, Paris, PUF.
- Newman, D.V.: 1996, 'Emergence and strange attractors', *Philosophy of Science* 63(2), 245-261.
- Novikoff, A.B.: 1945, 'The concept of integrative levels and biology', *Science* 101(2618), 209-215.
- O'Connor, T.: 1994, 'Emergent properties', *American Philosophical Quarterly* 31(2), 91-104.
- Odum, E.P.: 1988, *Ecologia*, Rio de Janeiro, Guanabara.
- Pattee, H.H.: 1973, 'The physical basis and origin of hierarchical control', in H.H. Pattee (Ed.): *Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems*, New York, George Braziller, pp. 71-108.
- Polanyi, M.: 1968, 'Life's irreducible structure', *Science* 160, 1308-1312.
- Riedl, R.: 1997, 'From four forces back to four causes', *Evolution and Cognition* 3(2), 148-158.
- Rosen, R.: 1986, 'Causal structures in brains and machines', *International Journal of General Systems* 12, 107-126.
- Ross, D.: 1995, *Aristotle*, London, Routledge.
- Salt, G.W.: 1979, 'A comment on the use of the term *emergent properties*', *American Naturalist* 113, 145-148.
- Sperry, R.W.: 1969, 'A modified concept of consciousness', *Psychological Review* 76, 532-536.
- Sperry, R.W.: 1980, 'Mind-brain interaction: mentalism, yes; dualism, no', *Neuroscience* 5, 195-206.
- Sperry, R.W.: 1983, *Science and Moral Priority*, New York, Columbia University Press.

- Sperry, R.W.: 1986, 'Macro- versus micro-determination', *Philosophy of Science* 53, 265-275.
- Van de Vijver, G., Salthe, S.N. & Delpo, M. (Eds.): 1998, *Evolutionary Systems*, Dordrecht, Kluwer.
- Yakira, E.: 1994, *La Causalité de Galilée à Kant*, Paris, PUF.

Charbel Niño El-Hani é professor assistente do Departamento de Biologia Geral, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Brasil. Em 1992, concluiu o Bacharelado em Ciências Biológicas nesta mesma universidade. Em 1995, obteve grau de Mestre em Educação por esta universidade, sob orientação do Prof. Luiz Felipe Perret Serpa, com a dissertação 'O Insustentável Peso dos Genes: A Persistência do Determinismo Genético na Mídia e na Literatura Científica'. Atualmente, é doutorando em Educação na Universidade de São Paulo, Brasil, sob orientação do Prof. Nelio Marco Vincenzo Bizzo (tese de doutorado: 'Níveis da Ciência, Níveis da Realidade: Evitando o Dilema Holismo/Reduccionismo no Ensino de Ciências e Biologia'). Dedicou-se à investigação em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas.

Antonio Augusto Passos Videira é professor adjunto do Departamento de Filosofia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Concluiu, em 1986, o Bacharelado em Filosofia no Instituto de Filosofia e Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Em 1992, obteve o título de doutor em Epistemologia e História das Ciências pela Universidade de Paris VII (França) sob a orientação de Michel Paty. Desde então, vem dedicando-se à Filosofia da Ciência, História da Ciência e Divulgação Científica.