

## Necessariamente o sal se dissolve na água

### 1 Introdução

Neste artigo pretendo mostrar que certa lei da natureza, a saber, o sal comum (cloreto de sódio) se dissolve em água, é metafisicamente necessária. A importância desse resultado é que ele entra em conflito com a intuição largamente compartilhada de que as leis da natureza (a maioria, se não todas) são contingentes. Tem havido debates sobre se algumas leis, tal como a segunda lei da Newton, podem ser definições de seus termos-chave e, portanto, serem necessárias. Porém, a lei de que o sal se dissolve em água não é uma lei desse tipo. A lei 'o sal se dissolve em água' é claramente sintética. Ela parece um caso clássico de uma lei contingente. Nós estamos inclinados a acreditar que há mundos possíveis nos quais as leis da natureza são diferentes e nos quais o sal não se dissolve em água.

Mostrar que a nossa intuição sobre a contingência dessa lei está errada reforça duas lições advindas dos conhecidos argumentos de Kripke a respeito da necessidade e da identidade: que nossas intuições naturais sobre os estatutos modais não são confiáveis e que há mais necessidade por aí do

que pensamos (Kripke, 1980). O resultado também tem mais outra implicação. Os essencialistas disposicionais (ou, simplesmente, disposicionalistas) em relação a propriedades estão comprometidos a considerar as leis da natureza como metafisicamente necessárias – eles são necessitaristas com relação a leis.<sup>1</sup> Seus críticos, que são categoricalistas com relação a propriedades e contingentalistas com relação a leis, consideram tal tese como uma grande desvantagem, como algo em conflito com a profunda intuição de que leis são, em sua maioria, contingentes. Se puder ser mostrado que, independente do disposicionalismo, algumas leis aparentemente contingentes são de fato necessárias, essa objeção perde sua força.

As premissas do argumento que apresento devem ser aceitáveis para os contingentalistas. O argumento assume que as leis básicas da natureza são contingentes. E daí mostra que algumas leis que sobrevêm às leis básicas não serão elas mesmas contingentes. Uma lição para os contingentalistas é que eles não podem ser contingentalistas sobre *todas* as leis; nem mesmo sobre todas as leis sintéticas a posteriori. No todo, o argumento pode ser visto como um dilema

\* Texto de Alexander Bird (2001) "Necessarily, salt dissolves in water", publicado em *Analysis*: v. 61, n. 4, p. 267-74. Tradução de Rodrigo Cid (PPGLM-UFRJ). Agradecemos ao autor, à *Analysis* e à Oxford University Press por autorizarem a publicação desta tradução e à CAPES pelo financiamento da pesquisa que resultou nesta tradução.

<sup>1</sup> Veja em Mumford, 1998: p. 216-17, 236-37 e em Ellis & Lierse, 1994 a discussão sobre a relação entre disposicionalismo com relação a propriedades e necessitarismo com relação a leis.

disjuntivo. Ou as leis básicas são necessárias, caso em que aquelas que sobrevêm às básicas são necessárias; ou as leis básicas são contingentes, caso em que meu argumento mostra que algumas leis importantes que sobrevêm às básicas (tal como o sal se dissolve em água) são, não obstante, necessárias. De qualquer modo, algumas leis importantes são necessárias. Claramente é o segundo ramo do dilema que é controverso. Mas o argumento é direto. Uma lei tal qual 'o sal se dissolve em água' diz que duas substâncias interagem de uma certa maneira. Esta interação é produzida por uma lei subjacente C. Para ser contingente o sal se dissolver em água, deve haver um mundo no qual sal e água existem, mas o último falha em dissolver o primeiro. Logo, C deve ser falsa. Mas a existência de substâncias depende de leis. E ocorre que a existência de sal e de água requer, necessariamente, a verdade de C. Assim, não há nenhum mundo onde sal e água existem, mas o último não dissolve o primeiro. Logo, necessariamente o sal se dissolve em água.<sup>2</sup>

## 2 Um pouco de química simples (e apenas ligeiramente simplificada)

O sal comum, cloreto de sódio em sua forma sólida, é um cristal iônico. Os átomos de sódio existem como íons positivamente carregados de sódio, enquanto os átomos de cloro existem como íons de cloro negativamente carregados. Esses íons estão arrumados em um entrelaçamento de faces cúbicas centralizadas, com íons de cloro e de sódio alternados. O entrelaçamento se mantém pela atração eletrostática entre os íons. Cada íon de sódio carregado positivamente é avizinado por seis íons de cloro negativamente carregados, e vice-versa. A magnitude da atração eletrostática é governada

pela lei de Coulomb. A estrutura da água é explicada de um modo um pouco diferente. A água existe como moléculas covalentemente ligadas. Cada molécula de água contém um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio. Cada átomo de hidrogênio compartilha um par de elétrons com o átomo do oxigênio, permitindo um todo estável a partir da parte externa de todos os três átomos. Os detalhes disso são explicados pelas leis da mecânica quântica. O que faz da água um líquido em temperaturas e pressões normais? A atração eletrostática entra aqui em pauta novamente. As leis da mecânica quântica que governam as ligações numa molécula de água também determinam o formato da molécula. Os átomos de hidrogênio não estão em uma linha reta, mas formam uma dobra, num ângulo de 105°. Na dobra da molécula há uma leve carga positiva, enquanto do outro lado há uma carga negativa. A molécula é assim eletrostaticamente assimétrica e é conhecida como um *dipolo*. Em temperaturas e pressões normais, a atração eletrostática entre as partes positiva e negativa dos dipolos é suficiente para mantê-los unidos como um líquido.

É a natureza polar das moléculas que formam a água que as permitem dissolverem o cloreto de sódio. A energia elétrica potencial dos íons de sódio e de cloro envolvidos por dipolos de água é menor do que a energia elétrica potencial do cristal de cloreto de sódio e de água pura separadamente (GRAY e HAIGHT, 1967, p. 452-453). Em termos causais, a força da atração eletrostática exercida pelos dipolos de água num átomo de sódio da superfície do cristal de sal é menor que a atração eletrostática exercida naquele átomo pelo resto do cristal de sal. Ele é assim empurrado para fora do cristal e para dentro da solução. Para os objetivos deste artigo, o importante a notar no processo de dissolução é que ele tem um caráter inteiramente eletrostático. A força da

<sup>2</sup> Por conveniência, estou assumindo que um mundo onde não há sal ou água é um em que é trivialmente verdade que o sal dissolve na água. Alguns leitores poderão não gostar disso. Nesse caso estou feliz em restringir o tipo de necessidade que estou discutindo à necessidade que Kripke atribui à identidade: na qual 'Eric Blair é George Orwell' é necessariamente verdadeira, de modo que em todos os mundos em que Eric Blair (ou George Orwell) existe, Eric Blair = George Orwell. Isso é compatível com haver alguns mundos onde não haja Eric Blair (ou George Orwell).



atração eletrostática entre íons e dipolos, como entre objetos carregados, é apenas a força governada pela lei do Coulomb. Consequentemente, se houvesse um mundo no qual o sal falha em dissolver-se na água, este teria que ser um mundo no qual a lei de Coulomb é falsa.

Será frisado que no parágrafo precedente eu ignorei a contribuição da segunda lei de Newton (ou da que corresponde a esta lei na realidade). A lei de Coulomb dá conta das forças, mas a lei de Newton é requerida para determinar como as moléculas e os íons se comportam quando sujeitos a tais forças. Então talvez possa haver um mundo onde houve uma falha na dissolução do sal pela água porque a lei de Newton é falsa, ainda que a lei de Coulomb seja verdadeira. Para tornar meu argumento mais claro, tratarei desse ponto mais tarde e ignorarei o papel da lei de Newton até lá. Alternativamente, é possível entender o argumento apresentado abaixo, quando fala de “lei de Coulomb”, como referindo a uma *conjunção* da lei de Coulomb com a lei de Newton. Esta lei combinada descreve os movimentos dos corpos carregados quando não estão sujeitos a outras forças. Uma vez que outras forças não desempenham um papel relevante na discussão – o sal se dissolve em água em condições sem gravidade – podemos assumir que essa lei está em funcionamento.

### 3 O argumento

O argumento procede por *reductio*. Assuma que é contingente que o sal se dissolve em água. Então há um mundo no qual o sal, quando colocado na água, não se dissolve. (Como vimos, num tal mundo a lei de Coulomb é falsa.)

A parte principal do argumento mostra que a existência de substâncias pode necessitar da existência de certas leis. Se essas leis não vigorassem, as substâncias não poderiam existir. Consequentemente, em mundos onde essas substâncias existem, essas leis também vigoram. Em particular, a existência do sal necessita da verdade da lei de Coulomb.

Os argumentos de Kripke e Putnam mostram que o fato da água ser *composta* de hidrogênio e oxigênio e que o fato do sal ser *composto* de sódio e cloro são fatos necessários. Os mesmos argumentos mostram que as *estruturas* da água e do sal são também essenciais. Pois uma mistura de hidrogênio e oxigênio não é água neste ou em qualquer outro mundo. A água ser um *composto* formado por *moléculas* de hidrogênio e oxigênio é essencial à água. As noções de ‘composto’ e ‘molécula’ são noções estruturais. E podemos dizer mais, dizer que a exata estrutura molecular da água é essencial a ela, uma vez que água não é o mesmo que peróxido de hidrogênio, que também é um composto de hidrogênio e oxigênio, mas com a fórmula  $H_2O_2$  – suas moléculas têm dois átomos de oxigênio, enquanto a água tem um. Ademais, nem mesmo o número de átomos numa molécula é suficiente para a identificação da substância. Os isômeros são substâncias que possuem as mesmas fórmulas, mas não obstante são substâncias diferentes. Isso é assim porque os elementos constituintes, embora sejam os mesmos para ambas as substâncias, estão organizados de modo diferente em suas moléculas. Os alótropos provêm exemplos de elementos que existem em diferentes formas, que em alguns casos correspondem a substâncias diferentes, tais como o diamante e o grafite, em virtude de diferenças estruturais.

O fato de as propriedades estruturais serem essenciais não é limitado a substâncias químicas. A pintura conhecida como *Mona Lisa* não seria a mesma pintura se suas moléculas de óleo e pigmento estivessem organizadas de modo significativamente diferente. Mas o que é importante sobre as substâncias químicas é que a estrutura delas não é uma questão meramente de organização espacial. O que faz uma molécula de água ser uma *molécula* não é simplesmente o fato de haver um átomo de oxigênio avizinado por dois átomos de hidrogênio, mas que esses átomos avizinados estão quimicamente ligados de uma dada maneira. Então, a ligação química encontrada na água é uma característica essencial sua e, em qualquer



mundo em que há água, este é um mundo em que existe tal tipo de ligação.

Observações semelhantes podem ser feitas com relação à estrutura e às ligações químicas do sal. Essas propriedades são, da mesma forma, essenciais. No caso do sal, como vimos, a ligação não é covalente, como na água, mas é, ao invés disso, iônica. Eu não penso ser possível que possa haver um mundo no qual sódio e cloro se ligam covalentemente. Mas, mesmo se houvesse, o composto resultante não seria sal. Tal composto teria propriedades completamente diferentes do sal.<sup>3</sup> Assim, o caráter iônico do sal é essencial – qualquer mundo no qual há sal é um mundo no qual existe uma ligação iônica. Uma ligação iônica é, por definição, uma ligação que existe em virtude da atração eletrostática entre os íons. Uma atração eletrostática é, necessariamente, a força que existe em virtude da lei de Coulomb entre objetos eletricamente carregados. Consequentemente, um mundo no qual há sal é um mundo no qual a lei de Coulomb é verdadeira.<sup>4</sup>

O argumento mostrou até agora que um mundo no qual o sal existe é um mundo no qual a lei de Coulomb vigora. Isso inclui, portanto, o mundo que estávamos supondo existir, onde sal e água existem e o primeiro falha em se dissolver no segundo. Entretanto, no fim da seção anterior vimos que um mundo no qual há uma falha na dissolução do sal pela água é um mundo no qual a lei de Coulomb é falsa. Então este mundo é um mundo no qual a lei de Coulomb é tanto verdadeira quanto falsa. Consequentemente, não há tal mundo; e, com isso, a pressuposição de que é contingente que o sal se dissolve na água é refutada.

## 4 Querelas

Nesta seção, apresento rapidamente três preocupações possíveis e mostro como elas podem ser acomodadas.

Primeiro preciso lidar com o fato de a lei de Coulomb precisar de suplementação pela segunda lei de Newton a fim de ter implicações para os movimentos dos corpos e, assim, assegurar que o sal se dissolva em água. Então a lei de Coulomb não é estritamente suficiente para a dissolução. O fato de que o argumento funciona para a lei combinada mostra como lidar com essa preocupação. A parte crucial do argumento é que a existência do sal requer a verdade da lei de Coulomb. Porém, como é aparente, ela também requer a verdade da segunda lei de Newton. Pois, se esta lei fosse falsa, e dois corpos sujeitos a forças que os direcionam um contra o outro não acelerassem um em direção ao outro, então, apesar das forças entre os íons num cristal de sal, eles não se manteriam unidos como uma substância. Assim, a existência de sal cristalino é suficiente para implicar a verdade tanto da lei de Coulomb, quanto da segunda lei de Newton; e estas juntas são suficientes para assegurar que o sal se dissolverá em água.

Segundo, a existência de um composto iônico realmente requer a lei de Coulomb? Talvez alguma lei bastante similar à lei de Coulomb permitiria a existência de forças eletrostáticas reconhecíveis e, portanto, de compostos iônicos. Por exemplo, a lei de Coulomb tem uma forma semelhante à lei da gravitação de Newton:  $F = -\kappa(pq/r^2)$  onde  $\kappa$  é uma constante e  $F$  é a força entre duas cargas, cujos valores são  $p$  e  $q$  e cuja separação é  $r$ . Se  $\kappa$  tomasse um valor diferente, então teríamos uma lei diferente. Mas a nova lei deve ser suficientemente similar à antiga para que possa produzir comportamentos similares entre objetos eletricamente carregados e acomodar a existência do sal e da água líquida. Então, temos sal e água sem a lei de Coulomb.

Seja como for, isso não enfraquece o meu argumento. Pois uma lei que mantém

<sup>3</sup> Por exemplo, um composto covalente teria um ponto de derretimento baixo e não conduziria eletricidade em seu estado fundido ou em solução. Ele seria solvente e solúvel com relação a diferentes substâncias.

<sup>4</sup> Uma vez que a água é ligada de modo covalente, este argumento não parecerá se aplicar à água. Entretanto, nenhuma ligação covalente é puramente covalente e cada uma tem um caráter iônico também. No caso da ligação O-H, ele é estimado em 39% (PAULING, 1940, p. 78). Não é claro se esse caráter parcialmente iônico e suas consequências são essenciais para algo ser uma molécula de água. Se isso é assim, então isso é uma razão de porque a existência da água, assim como a existência do sal, implica a verdade da lei de Coulomb.

algo bastante parecido com o comportamento eletrostático de objetos carregados (como ocorre neste mundo) é uma lei que irá assegurar que algo bastante parecido com a dissolução (como ocorre neste mundo) ocorra. Esta consideração permite-nos ver que o argumento apresentado aqui tem um alto grau de generalidade. Não é apenas uma raridade concernente à água, ao sal e à dissolução. Tome L como uma lei de ordem elevada e relativa a um conjunto de substâncias, S. Por razões mencionadas acima, na nota de rodapé 2, podemos tomar L como trivialmente verdadeira se qualquer uma das substâncias S não existir:

- (1) <Não existem todas as substâncias S> *implica* L.

A existência de substâncias requer a existência de algumas leis. Mas talvez um conjunto diferente de leis possa fazer o trabalho de gerar essas substâncias. Tomemos  $C_1, C_2, C_3, \dots$  como os diferentes conjuntos de leis que permitiriam cada um a existência de S. Então, um mundo no qual as substâncias S existem é um mundo no qual um de  $C_1, C_2, C_3, \dots$  é verdade:

- (2) <as substâncias S existem> *implica*  $C_1 \vee C_2 \vee C_3 \vee \dots$

A lei L ela própria irá também depender de leis mais básicas do que L. No mundo atual, L pode depender de um subconjunto de  $C_1$  – então  $C_1$  é suficiente para a verdade de L. Essa dependência é metafísica, e em alguns casos inclusive lógica. A lei de ordem mais elevada pode ser deduzida de  $C_1$ . Mas mesmo se não for, L será sobreveniente a  $C_1$ . Pode também ser o caso que cada um de  $C_1, C_2, C_3, \dots$  seja suficiente, nesse sentido, para assegurar que L é verdade:

- (3<sub>1</sub>)  $C_1$  *implica* L  
 (3<sub>2</sub>)  $C_2$  *implica* L  
 (3<sub>3</sub>)  $C_3$  *implica* L

e assim por diante para todo  $C_i$  da disjunção em (2).

(2) e todos os (3<sub>i</sub>) juntos implicam:

- (4) <as substâncias S existem> *implica* L.

Ou seja, qualquer mundo no qual haja leis que permitam S existir será um mundo no qual as mesmas leis asseguram que L é verdade.

(4) e (1) nos dão:

- <não existem todas as substâncias S>  $\square$   
 <as substâncias S existem> *implica* L.

Uma vez que a antecedente é uma verdade lógica, L é necessariamente verdadeira.

Tal caso ocorrerá quando cada um dos conjuntos de leis  $C_1, C_2, C_3, \dots$  assegurar que L é verdade. E isso é suscetível a ser uma ocorrência freqüente? Eu sugiro que sim. Os conjuntos  $C_1, C_2, C_3, \dots$  são aquelas leis que permitem que as substâncias S existam. E dado as discussões indicadas envolvendo as variantes da lei de Coulomb, os conjuntos  $C_1, C_2, C_3, \dots$  serão parentes próximos uns dos outros, diferindo apenas em grau (como os valores das constantes fundamentais), e não em tipo. Como argumentado, *tipos* diferentes de leis responsáveis pela existência de uma substância geram substâncias diferentes. Em suma, para uma lei L relativa às substâncias S ser necessária, a existência das substâncias S precisa ser mais sensível a mudanças em leis subjacentes do que a verdade de L é sensível a essas mudanças. Note que essa situação provavelmente será ubíqua se o mundo for governado por poucas leis fundamentais bem simples (como parece ser plausível). Daí, então, todas as leis fundamentais serão implicadas pela existência de todas as substâncias e leis de ordem superior. Qualquer diferença nas leis fundamentais implicaria num mundo bem diferente do nosso no que diz respeito a substâncias e leis. Então, a existência de substâncias (que existem no nosso mundo) implica a verdade das leis que as relacionam. Outra direção na qual o argumento pode ser generalizado é com relação a leis que relacionam antes propriedades do que substâncias. O argumento pode ser novamente formulado a partir da instanciação de propriedades no lugar da existência de substâncias.



A terceira preocupação é que a maioria das leis, se não todas, são leis *ceteris paribus*. Então, estritamente, o mundo atual não é um mundo no qual o sal sempre se dissolve em água. Ele não se dissolve em água em que sal ou outros eletrólitos já estão dissolvidos em alta concentração. Embora a lei de Coulomb seja verdadeira, algo (talvez como o demônio de Maxwell) pode interferir no processo molecular e contrariar tal lei. Para responder a essa preocupação, precisamos ser cuidadosos ao conceber leis *ceteris paribus*. Por um lado, podemos concebê-las como genéricas que têm exceções admissíveis. Assim, 'aves têm duas pernas' tem exceção – aves que perderam uma perna num acidente. Mas as exceções ainda estão sob o escopo da lei. Aves de uma perna só ainda são aves genuínas. Nesta concepção, as leis genéricas não são equivalentes e nem implicam as generalizações correspondentes: 'aves têm duas pernas' é verdade, ainda que 'todas as aves têm duas pernas' seja falso.

Esta última concepção de leis *ceteris paribus* pode ter alguma dificuldade em acomodar o meu argumento de maneira simples (embora eu pense que ela o possa, com os ajustes apropriados). Mas uma concepção diferente não tem nenhuma dificuldade. Esta concepção diz que as leis de fato implicam verdades, generalizações sem exceções, mas tais generalizações não podem ser expressas sem o uso de algo como uma oração *ceteris paribus*. A exigência de orações *ceteris paribus* tem sido um problema filosófico quando procuramos por *análises* de conceitos (por exemplo, a análise de conceitos disposicionais em termos de condicionais). Porém, não há razão pela qual isso deva ser uma dificuldade para a metafísica. Há um fato nômico identificado pelos químicos quando eles dizem que o sal se dissolve em água (chame este fato de 'F'), mesmo que este fato não seja idêntico ao fato (não existente) de que o sal sempre se dissolve em água (chame este

de 'G'). Meu argumento, que pode ser novamente formulado incluindo orações *ceteris paribus*, estabelece que F é necessariamente o caso, inclusive se G não for nem contingentemente o caso.

## 5 Conclusão

Acredito ter mostrado que uma lei que em princípio parece contingente é de fato necessária. O argumento é consistente com tomarmos as leis fundamentais como sendo contingentes – tratamos a lei de Coulomb como contingente. Nenhuma questão é dada como certa contra alguém que seja um contingentalista com relação a leis fundamentais, e similarmente nenhuma questão é dada como certa contra o categoricista com relação a propriedades. O que isso significa é que contingentalistas e categoricistas não devem ser muito apressados ao se servirem de nossa intuição de que as leis da natureza são contingentes contra os necessitaristas e disposicionalistas. A intuição não é algo confiável. Talvez o contingentalista pense que haja outras leis que são claramente mais contingentes do que a lei de que o sal se dissolve em água. Talvez os valores das constantes fundamentais sejam fatos nômicos que são obviamente contingentes. Inclusive se isso for o caso, o contingentalista deve ficar atento. A necessidade do sal se dissolver em água foi revelada por fatos a posteriori da química. Descobertas na física podem revelar que o que pareciam ser fatos contingentes sobre os valores das constantes são de fato necessários. Nós, inclusive, não sabemos se há qualquer constante fundamental, e os principais físicos especulam que não há (ver, por exemplo, Weinberg, 1993, p. 189) Os debates entre categoricistas e disposicionalistas sobre propriedades e contingentalistas e necessitaristas com relação a leis precisa proceder sem confiança acrítica nas nossas intuições modais.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Devo agradecer a Timothy Williamson, Gonzalo Rodriguez-Pereya e Bob Gould pelos seus prestativos comentários e discussão. Este artigo foi escrito durante o período de uma bolsa fornecida por Leverhulme Trust, para quem meus agradecimentos também se estendem.

## Referências Bibliográficas

ELLIS, B. & LIERSE, C. 'Dispositional essentialism'. *Australasian Journal of Philosophy*: v. 72, p. 27-45, 1994.

GRAY, H. & HAIGHT, G. *Basic Principles of Chemistry*. New York: Benjamin, 1967.

KRIPKE, S. *Naming and Necessity*. Oxford: Blackwell, 1980.

MUMFORD, S. *Dispositions*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

PAULING, L. *The Nature of Chemical Bond*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1940.

WEINBERG, S. *Dreams of a Final Theory*. London: Random House, 1993.