

<https://doi.org/10.56117/ReSBEEnQ.2024.v5.e052420>

## O Realismo Científico na Química e a Intuição Química do Espaço: considerações filosóficas e aplicações no ensino

*Scientific Realism in Chemistry and the chemical intuition of space: philosophical considerations and applications in teaching*

*El Realismo Científico y la intuición química del espacio: consideraciones filosóficas y aplicaciones en la enseñanza*

**Artur Aldi** ([artur.aldi@usp.br](mailto:artur.aldi@usp.br))

Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo  
<https://orcid.org/0000-0003-1611-3598>

**Carmen Fernandez** ([carmen@iq.usp.br](mailto:carmen@iq.usp.br))

Instituto de Química, Universidade de São Paulo  
<https://orcid.org/0000-0003-2201-6241>

### Resumo

A filosofia do Realismo Científico representa um extenso debate no campo da Filosofia das Ciências. Seu caráter polêmico deve-se às inúmeras implicações que tal filosofia possui sobre a natureza do conhecimento científico e a compreensão da realidade. Neste artigo, buscaremos discutir como o debate do Realismo Científico vêm se desdobrando na Filosofia da Química. Mostraremos que, em tal campo, a filosofia realista assume características peculiares e específicas, sendo tomada como parte indissociável da epistemologia química como a conhecemos na atualidade. Por meio das obras de Gaston Bachelard, contribuiremos com o debate identificando uma dimensão espacial própria deste Realismo Químico, a qual se faz presente na maneira como os químicos constroem e interpretam os seus modelos, intuindo o espaço dos átomos, moléculas e dos processos químicos como um todo. As considerações feitas serão discutidas a partir do caso do modelo didático da pilha de Daniell. Por fim, mostraremos como as considerações filosóficas propostas neste trabalho podem contribuir para o ensino de Ciências, fornecendo subsídios para a formação de professores.

**Palavras-chave:** Realismo. Espaço. Pilha de Daniell.



Este texto é licenciado pela [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## **Abstract**

Scientific Realism represents an extensive debate in the field of Philosophy of Science. Its controversial nature is due to the countless implications that such philosophy has on the nature of scientific knowledge and understanding of reality. In this article, we will seek to discuss how the Scientific Realism debate has unfolded in the Philosophy of Chemistry. It will be shown that realist philosophy has taken on specific characteristics in this field, being considered an inseparable part of chemical epistemology as we know it. Through the works of Gaston Bachelard, we will contribute to the debate by identifying a spatial dimension specific to this Chemical Realism, which is present in the way chemists construct and interpret models, intuiting the space of atoms, molecules and chemical processes as a whole. The considerations made will be discussed based on the case of the Daniell cell model. Finally, we will show how the philosophical considerations proposed in this work can contribute to science teaching, providing support for teacher education.

**Keywords:** Realism. Space. Daniell Cell.

## **Resumen**

La filosofía del Realismo Científico representa un extenso debate en el campo de la Filosofía de las Ciencias. Su carácter controvertido se debe a las innumerables implicaciones que dicha filosofía tiene sobre la naturaleza del conocimiento científico y la comprensión de la realidad. En este artículo buscaremos discutir cómo se ha desarrollado el debate sobre el Realismo Científico en la Filosofía de la Química. Mostraremos que, en este campo, la filosofía realista adquiere características peculiares y específicas, siendo considerada parte inseparable de la epistemología química tal como la conocemos hoy. A través de los trabajos de Gaston Bachelard, contribuiremos al debate identificando una dimensión espacial propia de este Realismo Químico, que está presente en la forma en que los químicos construyen e interpretan sus modelos, intuyendo el espacio de los átomos, las moléculas y los procesos químicos en su conjunto. Se discutirán las consideraciones realizadas a partir del caso del modelo didáctico de la Pila de Daniell. Finalmente, mostraremos cómo las consideraciones filosóficas propuestas en este trabajo pueden contribuir a la enseñanza de las ciencias, trayendo apoyo a la formación docente.

**Palabras clave:** Realismo. Espacio. Pila de Daniell.

## **Introdução**

Desde o século XVIII, trabalhos que analisam os aspectos filosóficos da Química foram produzidos na Filosofia. Apesar disso, foi apenas após a década de 1990 que a Filosofia da Química se estabeleceu socialmente enquanto campo de pesquisa autônomo, conforme grupos de pesquisa, sociedades e periódicos internacionais dedicados a ele começaram a surgir (Schummer, 2006). Durante estes mais de trinta anos, alguns temas de pesquisa se estabeleceram com especial relevo no campo, dentre os quais podemos apontar para o Realismo Científico (RC) (Lemes & Porto, 2013).

O RC apresenta como tese central a ideia de que as teorias científicas descrevem, ainda que de maneira aproximada, uma realidade independente da mente humana (Chalmers, 1993), sendo uma de suas consequências a ideia de que as entidades postuladas pelas teorias são, em alguma dimensão, similares àquelas que de fato existem em tal realidade (Psillos, 2009). Na Filosofia da Química, os filósofos têm apontado para um acentuado caráter realista na visão química de mundo, o que se revela, por exemplo, na maneira como teoria e prática se relacionam na Química, na construção e utilização de modelos pelos químicos etc. (Del Re, 1998, 2000; Laszlo, 1998).

O Realismo Científico, porém, não é um ponto pacífico na Filosofia das Ciências; pelo contrário, suscita um extenso debate, sendo criticado e defendido por diversas perspectivas. Neste debate, o RC é apresentado em diversas formas, cada uma delas apta a responder alguns tipos de crítica, mas vulnerável a outros. Assim, há na literatura diferentes “Realismos”, caracterizados quase sempre pela presença de um adjetivo que os diferenciam entre si: Realismo internalista, metafísico, pragmático, operacional, entre tantos outros, cada um deles distinto em argumentação e perspectiva sobre o tema, apesar de poder haver convergências entre eles (Vihalemm, 2011).

O RC representa, portanto, um ponto de interesse para o debate científico, e apresenta diversos desdobramentos que dialogam com temas de interesse também para o ensino de Ciências, como a natureza da Ciência e o uso de modelos. Dada a sua importância, propomos, primeiro, introduzir de maneira breve a questão do RC, especialmente no contexto da Filosofia da Química, dando especial atenção para suas implicações sobre o uso de modelos. Em seguida, por meio dos trabalhos de Gaston

---

Bachelard, identificaremos e examinaremos o que chamamos de dimensão espacial do Realismo Químico. Argumentaremos que essa dimensão espacial dialoga diretamente com o uso de modelos químicos, e buscaremos demonstrar isso por meio da discussão do modelo da pilha de Daniell. A partir da discussão sobre modelos será possível traçar considerações sobre o ensino de Química e sobre como o entendimento da filosofia realista pode ser importante para ele.

### **O Realismo Científico e o Realismo Químico**

De acordo com Miller (2016), o RC pode ser apresentado em três teses principais. A primeira é de caráter metafísico, e afirma a existência de um mundo independente da mente humana, o qual possuiria uma estrutura única. A segunda tese é de caráter semântico, segundo a qual os enunciados científicos devem ser interpretados como descritores literais do mundo independente da mente humana. A determinação da veracidade ou falsidade de tais enunciados dependeria apenas do estado em que mundo se encontra, independentemente de nossa capacidade de medição ou verificação. Por fim, a terceira tese seria de caráter epistêmico, na medida em que afirma que o objetivo da Ciência seria identificar a verdade sobre o mundo independente da mente humana, de modo que teorias científicas maduras e bem-sucedidas devem ser entendidas como verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. Por meio destas teses, o RC assinala profundos compromissos filosóficos para a ciência, estabelecendo seus objetivos e definindo a relação entre as teorias e enunciados científicos com a realidade sobre a qual dizem respeito.

Um dos principais e mais famosos argumentos em defesa do RC no sentido apresentado acima é o do “milagre da ciência” (em inglês, *no miracle argument*), cuja forma mais conhecida foi formulada por Hilary Putnam, possivelmente um dos mais conhecidos filósofos no debate do RC (Baghrarian, 2008). Que o empreendimento científico tem sido bem-sucedido no que se propõe a fazer, isto devemos tomar como um fato empírico, haja visto o seu crescimento e expansão ao longo dos séculos. Haveria, então, duas explicações possíveis para este sucesso: aceitar que as entidades que a Ciência considera como reais de fato existem, ou então postular a ocorrência de um “milagre científico” que faz com que experimentos, equipamentos e teorias da Ciência funcionem

---

de maneira coerente. Diante desta situação, o argumento opera no modelo da inferência da melhor explicação, inferindo a verdade a partir da melhor explicação dos fatos; no caso do RC, infere-se a veracidade dos enunciados científicos, pois tal explicação é a mais plausível para o sucesso empírico da Ciência (Miller, 2016). Bastianelli (2021) reformula o argumento do milagre dizendo que “as entidades mencionadas nas teorias científicas devem ser (em alguma medida) reais, isto é, elas não podem ser meras estipulações ou convenções ou ficções, pois, caso contrário, o sucesso da ciência seria inexplicável” (p. 2, tradução nossa).

O RC, porém, não apresenta uma única forma. Pelo contrário, há uma multiplicidade de maneiras pelas quais o RC se apresenta na literatura, de modo que talvez seja mais prudente falarmos em *Realismos*, os quais podem se valer das teses apresentadas por Miller (2016) de maneiras distintas, se aproximando de umas, se distanciando de outras, ou interpretando-as de maneiras diversas. O próprio Putnam, nome central no debate, apresentou, ao longo de sua carreira, diferentes formas de conceber e entender o RC (Baghrarian, 2008). Além dos posicionamentos moderadamente realistas, há inúmeras perspectivas antirrealistas na Filosofia da Ciência, críticas do RC. Neste sentido, pode-se citar a filosofia positivista da Ciência, uma vez que o RC surgiu, enquanto teoria da filosofia moderna, como uma ruptura à filosofia positiva (Putnam, 1997). A atividade de buscar identificar entidades que sejam “inerentes aos diversos seres do mundo, e concebidas como capazes de engendrar por elas próprias todos os fenômenos observados” (Comte, 1978, p. 4) seria uma tarefa da metafísica e, portanto, não seria um objetivo da ciência positiva. Como afirma Bachelard, “o critério do positivismo é, apesar de tudo, claro: não postular nada que não possa ser verificado em laboratório” (Bachelard, 2018, p. 56, tradução nossa). Sendo assim, o espírito científico positivo deveria, ao contrário, buscar leis que descrevem o universo a partir dos fatos, isto é, que relacionem eventos e fatos empíricos entre si, sempre em estreita relação ao empirismo e sem nunca cair na especulação metafísica.

Outras críticas ao RC podem ser feitas a partir da História das Ciências. Evidências históricas demonstram que diversas teorias que em um dado momento eram aceitas como verdadeiras passaram posteriormente a ser rejeitadas e tomadas como falsas, isto

---

é, como não correspondentes à realidade. Um exemplo na História da Química seria a teoria do flogístico, a qual foi muito aceita e que postulava a existência do flogisto como entidade, mas que passou a cair em desuso, em prol do sistema de Lavoisier baseado no oxigênio (Chang, 2012). Trabalhos como os de Kuhn (2018), que pressupõem que o progresso científico se dá por rupturas, também podem ser considerados nesta crítica, uma vez que a troca de um paradigma por outro pode significar o desaparecimento de entidades. Dentro desta perspectiva, nenhum enunciado científico poderia ser compreendido como verdadeiro nos termos propostos pelas teses realistas apresentadas anteriormente, uma vez que a noção de verdade seria histórica e socialmente construída. Contra-argumentos a este tipo de crítica podem ser encontrados dentro de discussões sobre os aspectos linguísticos da Ciência. Conforme explica Baghramian (2008), com base nos trabalhos de Putnam, especialmente no seu “argumento das terras gêmeas” (*twin earth argument*), por mais que quadros conceituais possam ser abandonados, os significados aos quais eles fazem referência não o são, de modo que não há, na ruptura teórica do progresso científico, uma ruptura semântica profunda, garantindo, assim, uma continuidade referencial no progresso científico.

Uma exploração mais profunda sobre o debate do RC, sobretudo das perspectivas antirrealistas, foge do escopo deste trabalho. Interessa-nos, por hora, compreender em linhas gerais as teses do RC e as suas implicações, bem como o fato de sua aceitação não ser um consenso, mas sim material de um extenso debate. Olhemos, agora, para como a questão do RC ganha contornos específicos na Filosofia da Química, sendo tido como um dos tópicos de maior relevância para o campo. Em geral, a Filosofia da Química nos convida a compreender o Realismo como uma característica indissociável do conhecimento químico (Lemes & Porto, 2013). Sendo este o caso, interessa-nos entender qual a forma particular que o RC assume na Química e como ele permeia a visão química de mundo.

Hoffmann (2007) aborda o Realismo Químico a partir da crença na existência de uma realidade submicroscópica subjacente ao mundo macroscópico, e defende que tal perspectiva estaria estreitamente relacionada com a maneira pela qual os químicos realizam e interpretam a experimentação. A compreensão química da matéria e suas

propriedades recorreria sempre a um outro nível de realidade – o submicroscópico - sendo em consideração a ele que seriam construídos e planejados os experimentos. Tomada como ponto de partida na concepção da experimentação química, a realidade submicroscópica teria sua existência constantemente corroborada e reforçada pelo sucesso da experimentação. Cada novo experimento bem-sucedido e planejado a partir da premissa da existência de átomos e moléculas reforça a crença química na existência de tais entidades. Assim, o sucesso e a coerência progressiva do conhecimento químico sustentariam, seguindo as ideias de Hoffmann, um Realismo das entidades submicroscópicas, o qual se fundamentaria na experiência química.

Um outro ponto de vista pode ser encontrado em Schummer (2014), segundo o qual o Realismo na Química apresenta três dimensões. A primeira delas é a metafísica, e é verificada pelo fato de que os químicos, ao trabalharem em seus laboratórios, têm como pressuposto a existência de um mundo material, o qual responde aos experimentos de maneira independente da mente do cientista. A segunda dimensão é a conceitual, pois os químicos entendem que uma série de conceitos básicos utilizados por eles, tais como os de substância e elemento, consistem em tipos reais, e não em meros construtos mentais. Por último, há também uma dimensão epistemológica, uma vez que os químicos entendem que o conhecimento produzido por eles é objetivo, reproduzível e, portanto, confiável.

É necessário compreender que a visão de Schummer (2014) sobre o Realismo Químico é crítica da versão original do RC como descrito nas teses indicadas por Miller (2016). Segundo Schummer (2014), o RC em sua forma original cria uma visão distorcida da Ciência e uma noção obscura de “verdade”. Na medida em que propõe que o objetivo da Ciência é descrever a realidade independente da mente humana, o RC ignora que a Ciência atual apresenta não uma estrutura monolítica e uniforme, mas sim plural e heterogênea, consistindo em uma miríade de áreas e subáreas, cada qual caracterizada por diferentes métodos de pesquisa, quadros conceituais e visões de mundo. Essa diversidade surge pelo fato de cada área se estruturar pela busca de objetivos de pesquisa próprios, pois diante de diferentes problemas de pesquisa, abordagens diferentes mostram-se necessárias. No contexto da Química, essa pluralidade pode ser exemplificada

---

pela Química Orgânica Sintética e pela Química Teórica. Enquanto a primeira tem como objetivo desenvolver novas substâncias e novas ferramentas para a síntese de novas substâncias, a segunda objetiva sobretudo o teste de modelos matemáticos e teóricos para descrição de sistemas químicos (Schummer, 2004). Naturalmente, diante de objetivos de pesquisa tão distintos, metodologias também distintas foram historicamente desenvolvidas em tais campos, bem como compreensões diferentes, ainda que convergentes em muitos aspectos, da realidade submicroscópica. Se considerássemos outras subáreas da Química e de outras ciências, uma diversidade ainda maior de métodos e visões de mundo poderia ser constatada, refletindo uma pluralidade de objetivos. Sendo assim, afirmar que o objetivo da Ciência é tão simplesmente descrever a realidade independente da mente humana é desconsiderar que os objetivos da Ciência são múltiplos, o que seria um fato indiscutível para Schummer (2014). Não é que a descrição da realidade não possa ser um dos objetivos apresentados pela Ciência; a questão é compreendermos que esse objetivo não representa a totalidade da atividade científica.

Outro problema com o RC apontado por Schummer (2014) é a obscura noção de verdade implícita em tal filosofia. Se a verdade de um enunciado é determinada pelo estado de coisas da realidade, independentemente de nossa capacidade de verificar esse estado, algumas teorias científicas seriam intrinsecamente verdadeiras, independentemente de sua capacidade de alcançar qualquer objetivo epistêmico, isto é, de sua capacidade explicativa frente à problemas de pesquisa. Contudo, se consideramos a constituição plural da Ciência como um fato, não é possível conceber teorias “desinteressadas”, isto é, teorias que sejam independentes de objetivos epistêmicos, uma vez que o desenvolvimento delas se dá sempre de maneira interessada e guiada pelos objetivos das áreas que as desenvolvem. Sendo assim, a noção de verdade é muito mais flexível do que o RC sugere, sendo determinada de maneira contextual e disciplinar, a depender da capacidade dos enunciados de serem bem-sucedidos na resolução dos objetivos postos em cada área. Schummer (2014) reconhece, assim, um caráter instrumental dos conceitos na atividade científica, se distanciando, portanto, do RC como concebido originalmente.



Tendo em vista as discussões levantadas por Hoffmann (2007) e Schummer (2014), entendemos que a prática química possui dimensões realistas, pois considera a existência de uma realidade independente da mente humana, além de operar tal como se diversos dos seus conceitos correspondessem a entidades reais, sobretudo no nível submicroscópico. Esse Realismo Químico, porém, requer um entendimento crítico do debate do RC no campo geral da Filosofia da Ciência, pois apresenta características próprias como o pluralismo metodológico e epistemológico, bem como o caráter instrumental que as visões de mundo acabam por desempenhar invariavelmente nas ciências. Um trabalho que dialoga diretamente com a discussão aqui apresentada é o de Zaterka & Mocellin (2023), o qual identifica na Filosofia da Química um “Realismo Químico”, o qual não seria nem o RC em sua forma padrão e nem tampouco uma posição antirrealista. Seria um realismo que reflete uma natureza prática, laboratorial e operatória da atividade científica na Química.

Tomando, então, a ideia de Realismo Químico, podemos analisar as suas relações com o uso e construção de modelos em tal ciência. Com efeito, os modelos representam, por si só, uma questão filosófica. A definição exata de modelo é alvo de debates, não sendo possível apontar uma resposta exata; contudo, tem se tornado consensual o entendimento de que os modelos são representações de ideias, objetos, fenômenos, sistemas ou processos, criadas com um objetivo específico, e que atuam como mediadores entre as teorias e a realidade (Justi, 2006), sendo por isso que tal discussão diz respeito ao Realismo Químico.

Segundo Gilbert (2004), o uso de modelos é essencial para produção e disseminação do conhecimento científico, sendo de especial importância para o caso da Química, área na qual o pensamento por meio de modelos se tornou a maneira dominante de pensar. De fato, a Química apresenta uma grande riqueza e complexidade no uso e na construção de modelos, sendo possível encontrar dezenas de tipos de modelos estruturais através das suas subáreas, para além dos modelos de outras naturezas, como os matemáticos. Para Schummer (2014) essa diversidade é reflexo da pluralidade metodológica da Química: ao invés de buscar uma abordagem única para os diferentes problemas de pesquisa – uma “Teoria de Tudo” -, a Química opera criando diferentes

abordagens, o que resulta na produção de diferentes modelos. Sendo assim, cada modelo teria um contexto específico no qual é aplicável, apresentando limitações inerentes, e representando de maneira aproximada a realidade ou os aspectos dela que são de interesse. Neste sentido, a diversidade de modelos seria mesmo um traço epistemológico da Química (Schummer, 2010), pois representa a maneira como tal Ciência busca abordagens diferentes para questões de pesquisa também diferentes.

A principal questão a ser pensada aqui é a relação que estes modelos possuem com o objeto por eles modelado. São os modelos cópias da realidade externa e independente, capazes de representá-la e descrevê-la tal como ela é? Se a resposta para essa pergunta for sim, seria necessário entender que, dentre os diversos modelos, apenas um poderia ser metafisicamente verdadeiro, isto é, uma descrição “verdadeira” da realidade como ela é, pois a realidade não pode apresentar mais de uma estrutura. Consequentemente, os demais modelos seriam relegados a uma posição secundária e fenomenológica (Schummer, 2014). Sendo assim, retomando a pergunta inicial deste parágrafo se os modelos são “cópias da realidade”, a única resposta coerente com o entendimento plural da atividade científica é “não”, pois, caso contrário, seria necessário aceitar uma visão monista da Ciência.

Sendo a interpretação literal dos modelos pouco defensável na Filosofia da Química, olhemos para posicionamentos mais críticos sobre a natureza de tais representações. Podemos apontar para o trabalho de Zeidler (2000), que discute o status ontológico dos modelos moleculares à luz de descobertas recentes. Para ele, os modelos químicos não deveriam ser entendidos como dotados de caráter representacional ou referencial, mas sim como sendo modelos informacionais. Segundo o autor, enquanto um modelo representacional precisa apresentar similaridade com o objeto modelado, em uma relação denominada de homomorfismo, os modelos informacionais seriam simplesmente aqueles que fornecem informações sobre o sistema sendo modelado, sem se comprometer com qualquer relação de similaridade. A defesa do caráter informacional em detrimento do caráter representacional dos modelos químicos se daria pelo fato de, atualmente, entendermos que as entidades moleculares são dinâmicas, possuindo não só estrutura, mas também conformação, vibração e rotação, de modo que um modelo

---

precisaria necessariamente abarcar todas estas características de maneira interligada para ser verdadeiramente representacional. Sendo assim, para Zeidler (2000) os modelos estruturais apenas podem ser entendidos como representantes das moléculas dentro de uma perspectiva pragmática. É nessa medida que o autor afirma defender uma posição moderadamente antirrealista, pois ao mesmo tempo em que pressupõe a existência da realidade submicroscópica, não reconhece a capacidade da Química de representá-la em seus modelos, tendo em vista a perspectiva de conceitualização da realidade que a mecânica quântica (MQ) proporciona.

Sobre a interpretação dos modelos na Química, Del Re (1998, 2000) apresenta um outro ponto de vista. Segundo o autor, os modelos físicos (isto é, não matemáticos) da Química seriam idealizações feitas a partir de objetos macroscópicos e que serviriam como referentes para analogias feitas sobre o mundo submicroscópico. Nesta medida, os modelos cumpririam uma função essencial para a Ciência, pois, sendo o mundo submicroscópico inacessível aos sentidos, ele apenas poderia ser acessado cognitivamente por meio da analogia dos modelos. Outra função dos modelos seria permitir ignorar uma série de aspectos da realidade, mantendo apenas aqueles essenciais para a compreensão das entidades ou fenômenos em questão.

Os trabalhos de Del Re (1998, 2000) e Zeidler (2000) são bastante conhecidos no debate da Filosofia da Química, mas podem representar visões opostas sobre o Realismo Químico. Ambos os autores acreditam na existência da realidade externa ao indivíduo e reconhecem que os modelos são, em algum nível, idealizados, nunca correspondendo à realidade em si, apenas a uma versão dela. Contudo, Zeidler estabelece sua visão tendo como ponto de partida a MQ, isto é, a partir da ideia de que a descrição mais profunda da realidade é a que a Física nos proporciona. Os modelos químicos seriam informacionais ao invés de representacionais porque não abarcam todos os aspectos que a MQ considera. Já segundo as ideias de Del Re, todos os modelos seriam inerentemente idealizados, não sendo possível apontar um como metafisicamente prioritário em relação aos demais. Se compreendermos que os modelos representam aspectos da realidade, não há por que abandonar, por exemplo, uma interpretação realista da estrutura química frente à MQ, pois ela continua sendo um fato empírico frente à tal teoria (Del Re, 1998). Sendo assim,

---

parece-nos razoável dizer que Del Re favorece uma visão plural da Ciência, pois não hierarquiza os modelos científicos.

Tendo em vista a exposição feita aqui, entende-se que uma interpretação literal dos modelos químicos é incompatível com o Realismo Químico, sendo, portanto, improcedente em tal ciência. Contudo, interpretações mais críticas como as de Zeidler (2000) tampouco parecem capturar a maneira como os químicos entendem se relacionar com seus modelos. As ideias de Del Re (1998, 2000) sobre os modelos parecem refletir melhor a lógica realista dentro da qual opera a Química, sendo possível entender os modelos como representações aproximadas da realidade que servem como ferramentas para a atividade investigativa da Ciência.

### **A intuição do espaço no realismo químico**

Tendo em vista as discussões anteriores, entendemos que a Química opera de acordo com uma filosofia realista própria, peculiar em diversos aspectos. Agora, buscaremos contribuir para o debate identificando e examinando o que chamaremos de “dimensão espacial” do Realismo Químico, a qual, assim demonstraremos, se manifesta de maneira latente na criação e interpretação de conceitos e modelos pelos químicos.

Nossa tese central é a de que *existir significa existir no espaço*. Desse modo, se o Realismo Químico pressupõe a existência de uma realidade independente povoada por entidades reais, deve-se entender que tais entidades existem *no* espaço, ocupando-o. Para abordar essa dimensão espacial do Realismo, buscaremos subsídios na obra de Gaston Bachelard (2010). Tal autor foi um dos primeiros filósofos modernos a abordar a Química em trabalhos extensos (Schummer, 2006), sendo uma referência muito utilizada na literatura brasileira. A escolha por subsídios bachelardianos se dá não só por isso, mas também pelo fato de a sua epistemologia histórica permitir discutir a Filosofia da Ciência sempre de maneira muito próxima dos conceitos científicos em si, não se limitando a um nível geral e abstrato da ciência.

Em sua obra *A experiência do espaço na física contemporânea* (2010), Bachelard explora a maneira como a Ciência interpreta e experiencia o espaço no contexto submicroscópico. Seguindo a dicotomia ingênuo-moderno, Bachelard propõe duas “versões do espaço” presentes na Ciência: a do “Realismo ingênuo” - relativa à mecânica

---

clássica - e a do racionalismo – relacionada à MQ. Focaremos nossa atenção na primeira destas versões e identificaremos diversas relações com o Realismo Químico.

Bachelard (2010) afirma ser o Realismo baseado na localização precisa dos objetos no espaço. Se imaginamos como verdadeiro um objeto, imaginamos também como ele é encontrado no espaço físico. Existir é ser localizado, assim como ser localizado significa existir. Desse modo, cada objeto da realidade pode ser reduzido primordialmente ao seu próprio ponto no espaço. Será ao redor deste ponto que buscaremos encontrar e detectar as propriedades do objeto e os fenômenos dos quais ele participa.

Um objeto particular é, antes de tudo, um ponto singular do espaço. Em torno desse ponto, podem se manifestar fenômenos muito diversos; essas diversidades podem circunscrever mais ou menos o objeto: pertencerão, porém, a um mesmo objeto desde que tenham o mesmo centro de localização (Bachelard, 2010, p. 10)

Além de localizar os objetos por si só no espaço, o realista também relaciona a localização dos objetos entre si. A cada nova relação traçada entre dois objetos distintos, aprofunda-se a localização e existência de cada um deles individualmente, na mesma medida em que a própria região do espaço que os contém passa a ser caracterizada. Há, portanto, uma relação progressiva na localização dos objetos: é a relação de continente a conteúdo.

[...] já que a verdadeira ou pelo menos a mais forte raiz da certeza realista provém da localização segura de um objeto em uma região especificada do espaço, deve-se definir a pesquisa do real como um envolvimento progressivo; será preciso provar a certeza do realismo fixando um invólucro dentro do qual se encontrará com certeza o objeto designado: Meu cofre está em meu escritório; minha pasta está em meu cofre; logo, minha pasta está em meu escritório. (Bachelard, 2010, p. 13)

[...] a localização se baseará unicamente na convergência dos sucessivos encadeamentos. É uma operação nitidamente centrípeta, metodicamente dirigida a um centro. Multiplicar os invólucros em torno de uma realidade é multiplicar as garantias de sua posse [...]. É fixá-la solidamente no espaço. (Bachelard, 2010, p.14)

Dada a primazia da localização precisa na intuição realista, devemos entender que a caracterização realista se dá sempre por uma diferenciação geométrica espacial. É por meio da diferenciação espacial que um objeto se diferencia de outro. Um objeto é o que é e não outra coisa por causa da sua localização e também por causa da maneira como ocupa o espaço ao redor dele. Consequentemente, é por meio da disposição espacial dos objetos contidos em seu interior que uma região do espaço se diferencia de outra.

---

Ora, parece-nos inevitável traçar inúmeros paralelos entre a ontologia química e o Realismo de Bachelard. Os modelos atômicos, unidades básicas do pensamento químico moderno, são sempre pensados como entidades centrípetas, que se constroem ao redor de um centro pontual preciso: o seu núcleo. É ao redor desse ponto que vemos surgir todos os fenômenos característicos do elemento, os quais interpretamos como a estrutura atômica. Note como vamos de uma *localização no espaço* para uma *estrutura no espaço*. Sabemos que existem dois átomos em um sistema porque sabemos identificar duas localizações distintas. E sabemos se tais átomos compartilham um mesmo elemento ou se são diferentes por conta da estrutura atômica que se revela ao redor de tais localizações.

Quando passamos do átomo à estrutura molecular, vemos surgir naturalmente a relação de continente a conteúdo. Por meio da ligação química, entende-se que a localização precisa dos átomos é também relativa. De dois em dois, as ligações químicas permitem relacionar todo um conjunto de pontos precisos por meio do “envolvimento progressivo” sobre o qual fala Bachelard, fazendo surgir a estrutura química. É ela que caracteriza a “região especificada no espaço” que denominamos como molécula, a qual, no sentido contrário, torna-se o invólucro (continente) dentro do qual temos a garantia da localização do átomo (conteúdo).

É sempre pensando nas localizações de átomos e grupos, bem como na transformação espacial de tais entidades que propomos explicar e compreender a matéria e suas transformações. A noção de estrutura química permite racionalizar as propriedades químicas por meio da atribuição de uma estrutura espacial (Schummer, 2004). Sendo assim, se vamos explicar as propriedades macroscópicas das substâncias, recorreremos à localização precisa dos átomos contidos nas moléculas: sabemos que a substância possui uma dada propriedade porque é constituída por moléculas que, por sua vez, contém átomos dispostos espacialmente em posições específicas. Mude a localização de um átomo e o químico afirmará que, do átomo à molécula, e da molécula à substância, enormes alterações deverão ser observadas. Talvez o conceito químico que melhor exemplifique esse Realismo do espaço seja o de isomeria, uma vez que nos convida a entender que substâncias podem se diferenciar simplesmente pela disposição dos seus átomos no espaço, isto é, pela dimensão espacial de seu modelo estrutural. É nesse sentido

---

que Bachelard afirma que “quando o realista garante a raiz geométrica de sua experiência de localização, ele concorda facilmente com a característica não objetiva das qualidades sensoriais” (Bachelard, 2010, p. 9).

Diante do que foi exposto, entendemos que o Realismo Químico se manifesta nos modelos do mundo submicroscópico – atômicos e estruturais – por meio de uma noção de espaço bastante peculiar. Contudo, não podemos deixar de notar como essa espacialidade se estende de maneira contínua aos conceitos e modelos do mundo macroscópico também. Não é que esse Realismo espacial simplesmente se manifesta nos dois níveis de representação da matéria, ele efetivamente os une em um único espaço. Vejamos como.

Toda manipulação da matéria efetuada no laboratório é, ao fim e ao cabo, uma manipulação de uma porção de matéria inerentemente dotada de extensão espacial. É pela união e pela separação cuidadosa dos volumes, isto é, pela junção e pela cisão da extensão espacial da matéria, que fazemos o “artesanato químico”. A manipulação dos volumes e das porções é, portanto, o controle das localizações. Como consequência, se pensarmos na arquitetura das vidrarias utilizadas, por exemplo, na Química Sintética, veremos surgir a relação de continente a conteúdo em cada uma das seções de um aparato experimental montado para a realização de uma síntese orgânica. Dentro do balão de vidro ficam acondicionadas as substâncias puras que reagirão entre si. Com o desenrolar da reação, os tubos de vidro guiarão para locais diferentes cada um dos produtos ou subprodutos, separando-os. Ao longo da reação, o químico poderá dizer “os dois reagentes estão reagindo aqui” e apontar para o balão sob aquecimento; em seguida, apontar para a coluna de fracionamento e afirmar que o vapor do líquido mais volátil está atravessando, enquanto o do líquido menos volátil está sendo retido. Por fim, poderá apontar para o Erlenmeyer posicionado ao fim do destilador e dizer “eis aqui o produto da síntese”. Vemos, assim, que o equipamento como um todo é compartimentado espacialmente, havendo um conteúdo para cada continente posicionado. A síntese e o equipamento são pensados de modo que cada transformação e cada substância possuam, para cada momento do processo, uma localização espacial precisa, relacionando, a todo momento, as localizações na realidade submicroscópica e no mundo macroscópico.

---

A própria noção de pureza, pedra basilar do conhecimento químico como o conhecemos (Schummer, 2014), parece-nos estar intimamente ligada à ideia de uma localização precisa. No que consiste, de fato, uma purificação? Trata-se do processo pelo qual substâncias que antes ocupavam um mesmo volume - misturadas, impuras - passam a estar em lugares diferentes. Uma vez separadas espacialmente, torna-se possível distinguir as duas substâncias, já que agora estão precisamente localizadas em lugares distintos, isto é, purificadas. Em outras palavras, purificar é permitir localizar precisamente no espaço macroscópico. A substância pura nada mais é do que uma porção de matéria em cuja extensão espacial (volumétrica) temos a certeza de encontrar, dentro de nossa sensibilidade analítica, apenas uma única substância, e nenhuma outra. Ela se diferencia das demais porções de matéria justamente por conta da sua localização, que é precisa e individualizante. Você pergunta ao técnico de laboratório “onde está o solvente?” e ele aponta para uma prateleira dizendo “ali!”. O solvente está ali, precisamente localizado no interior da garrafa de vidro âmbar. Ali dentro não há nada além do solvente: temos certeza da sua localização no interior da garrafa, e também da ausência de outras espécies. É esta certeza de sua pureza, que é uma certeza da localização espacial, que nos dá a confiança para a utilização do solvente em um dado procedimento. Em outras palavras, é com base nessa intuição espacial e realista de pureza que se constrói o conhecimento químico. Sem ela não seria possível conhecermos a Química tal como ela é hoje, pois apenas podemos analisar o sucesso de uma síntese ou verificar a reatividade de uma dada substância se pudermos individualizá-la como objeto por meio da purificação. Caso contrário, não seria possível afirmar nada, pois nos seria negada a base realista de nosso conhecimento. Se não sabemos precisar a localização da molécula de estudo, como podemos afirmar que o resultado observado corresponde a ela?

Dada essa discussão, parece-nos claro que a Química apresenta uma intuição do espaço característica e que se relaciona diretamente com o Realismo Químico, imaginando localizações precisas para os seus objetos, tanto no contexto macro como no submicroscópico. Note que não falamos, aqui, em medidas exatas – estas pertencem a uma questão analítica e instrumental –, mas sim em localizações precisas. Não é que, enquanto químicos, dependamos de medir com exatidão, mas sim que imaginamos nossos objetos

---



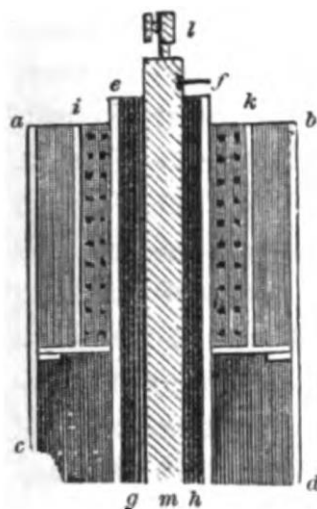
e racionalizamos nossos procedimentos intuindo-os como dotados de localizações precisas. Certamente, na pesquisa, a obtenção de resultados exatos é algo sempre desejável, mas trata-se de uma questão comum a todas as ciências. O que chamamos atenção aqui é que a maneira como nós químicos imaginamos as entidades submicroscópicas se dá sempre de maneira precisa: os contornos são bem definidos, sendo possível distinguir claramente um corpo do outro e também definir precisamente a sua movimentação no espaço, unindo de maneira contínua o contexto macroscópico e o submicroscópico.

### **O caso da pilha de Daniell: Realismo nos modelos e implicações no ensino**

Tendo estabelecido a dimensão espacial das localizações precisas e da continuidade entre o espaço submicroscópico e macroscópico no Realismo Químico, buscaremos, agora, traçar relações com o ensino de Química. Para isso, tomaremos como estudo de caso o modelo didático da pilha de Daniell.

O modelo que costumamos encontrar nos materiais didáticos é, na realidade, bastante diferente da *célula constante* que John Frederic Daniell desenvolveu no século XIX. Trata-se de uma versão idealizada, sendo a original muito mais similar em aparência às pilhas que utilizamos cotidianamente (Costa & Porto, 2021). A célula constante de Daniell (figura 1) consistia em dois recipientes concêntricos: um externo, feito de cobre (abcd), o qual atua ele próprio como cátodo, e um interno, feito de argila porosa. Dentro do espaço delimitado pelo recipiente de argila, uma barra de zinco amalgamado (lm) é posicionada, mergulhada em solução de ácido sulfúrico, sendo, portanto, o ânodo. Já o espaço entre o recipiente externo e o interno ficava preenchido por solução saturada de sulfato de cobre, havendo troca iônica entre cátodo e ânodo por meio da argila.

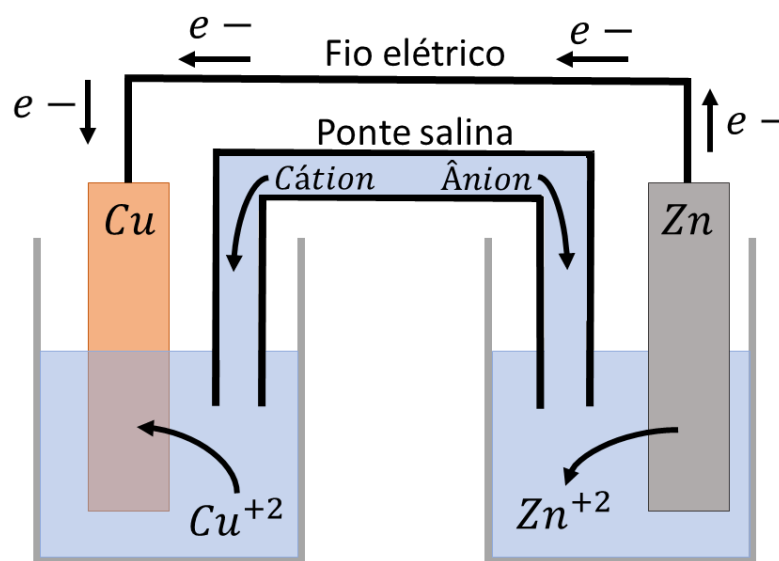
**Figura 1** – Esquema da célula constante de Daniell em livro publicado por tal cientista no século XIX.



Fonte: Daniell (1843).

Já o modelo didático que conhecemos (figura 2) apresenta os eletrodos em dois recipientes distintos, geralmente dois béqueres. Em um deles, o cátodo, encontramos uma barra de cobre, e no outro, o ânodo, uma barra de zinco, cada qual mergulhada em uma solução de seus próprios cátions. Por meio da ponte salina, os dois eletrodos realizam troca de íons em solução. Além disso, a corrente gerada passa por um fio que liga diretamente as duas barras metálicas. Por meio de setas indicamos as movimentações iônicas e eletrônicas que ocorrem na pilha: os elétrons saem do ânodo e viajam ao cátodo; os íons de cobre, ao se reduzirem, se agregam à barra de mesmo elemento, enquanto a barra de zinco libera íons em solução; enquanto isso, dentro da ponte salina, os cátions viajam para o cátodo e os ânions para o ânodo, a fim de manter o balanço de carga.

**Figura 2** – Esquema do modelo didático da pilha de Daniell.



Fonte: os autores.

Concordamos com Costa e Porto (2021) quando afirmam que o modelo didático da pilha de Daniell consiste em uma idealização da célula constante histórica. Porém propomos ir além e examinar essa idealização. O que está por trás da transformação do modelo histórico em sua versão didática? Ao compararmos a descrição feita dos modelos, parece-nos razoável atrelar a transformação didática a uma simplificação que favorece o entendimento realista das localizações precisas e distintas. A alteração mais crucial é, provavelmente, a separação dos eletrodos. Ao separá-los espacialmente, cátodo e ânodo passam a ser descritos por localizações pontuais bastante distintas, ao contrário do que ocorria na célula original, em que, como um envolvia o outro, o mecanismo da pilha necessariamente passava por um raciocínio topológico mais complexo. Na versão didática é possível apontar com maior distinção onde cada eletrodo está. Conseqüentemente, o funcionamento da pilha passa a ser explicado por trocas entre os dois pontos dos eletrodos: note que cátions, ânions e elétrons, em última análise, ou estão se movendo para a direita (quando vão para o ânodo), ou estão se movendo para a esquerda (em direção ao cátodo).

O uso de setas nos parece corroborar com essa perspectiva, pois reflete a certeza das localizações e dos movimentos das espécies atômicas. Sabemos que o cátodo está na

esquerda e o ânodo na direita, e temos confiança de que, em seus interiores, estão localizados o cobre e o zinco em suas formas metálicas (nas barras) e também em suas formas iônicas (nas soluções). Note que, já aqui, surge a relação de continente a conteúdo, pois a garantia da localização do recipiente garante também a localização das espécies químicas. As setas nos indicam de maneira precisa como os íons mudam de compartimento, seja entre a solução e a barra, seja dentro da ponte salina. O mesmo pode ser dito para os elétrons: acreditamos que se movem no fio, indo da direita para a esquerda. É também através das setas que criamos continuidade espacial entre os níveis macro e submicroscópico, pois elas indicam a movimentação das entidades *submicroscópicas* ao longo do espaço *macroscópico* do aparato experimental.

Desse modo, a explicação do funcionamento da pilha como um todo nos parece estar atrelada ao conhecimento constante e em tempo real da movimentação das espécies e da localização dos compartimentos, trazendo assim uma noção realista do espaço. Sendo assim, concluímos que o Realismo Químico, por meio da pilha enquanto modelo, nos convida a entender espacialmente o fenômeno eletroquímico. Essa compreensão espacial dos fenômenos certamente poderá ser encontrada em outros modelos didáticos da Química, mas uma análise de outros casos para além da Pilha de Daniell foge do escopo deste trabalho.

### **Implicações no ensino de Química e na formação de professores**

Dado o seu caráter filosófico, as discussões apresentadas também podem trazer diversas contribuições para o ensino de Química e de Ciências. Conforme aponta Oki & Moradillo (2008), o ensino de Filosofia da Ciência, aliado ao de História da Ciência, possibilita um entendimento crítico do conhecimento científico, evitando a formação de uma visão deformada da Ciência. No caso do Realismo Científico no contexto da Química, tal contribuição é bastante evidente, pois a sua discussão é crítica de um Realismo ingênuo, permitindo levantar os aspectos pluralistas (Schummer, 2014), práticos e pragmáticos (Zaterka & Mocellin, 2023) do empreendimento científico como o conhecemos hoje, em oposição a uma visão acrítica sobre a Ciência e a noção de realidade implícita nela. Por sua vez, o trabalho com modelos no ensino pode se beneficiar diretamente destas discussões, pois estas convidam-nos a compreender os modelos de

maneira epistemologicamente mais complexa do que simplesmente uma representação direta e literal da realidade.

A inserção destas discussões no ensino pode se dar de maneira explícita – discutindo diretamente em sala de aula o Realismo Químico e a natureza dos modelos – como também de maneira implícita – com os conteúdos filosóficos sendo comunicados conforme o processo de ensino e aprendizagem ocorre e os conceitos e modelos vão sendo construídos (Oki & Moradillo, 2008). Para que estas inserções possam se concretizar, seja no planejamento dos currículos, seja na prática em sala de aula, é necessário, por um lado, que os professores dominem as questões filosóficas a serem trabalhadas com os alunos, e, por outro, que sejam capazes de identificar e discernir os compromissos epistemológicos e ontológicos implícitos nos conteúdos sendo ensinados.

Sobre este último ponto, o ensino de modelos mostra-se especialmente relevante, dado o fato de que, conforme argumentamos, os modelos guardam em si diversos aspectos filosóficos relacionados à representação de aspectos da realidade como entendida na Ciência, e da epistemologia científica. No caso do modelo da Pilha de Daniell, vemos isso com bastante clareza, pois tal modelo representa o fenômeno eletroquímico de uma reação redox espontânea a partir de diversos compromissos realistas. Primeiro, assume-se a existência de uma série de entidades; segundo, por meio das localizações e das movimentações, explica-se o fenômeno em questão, unindo o nível submicroscópico e macroscópico; há, porém, um teor instrumental e prático nestas definições, o que se verifica, por exemplo, através do fato do modelo em questão ser, no nível macroscópico, um modelo de aparelho experimental/laboratorial. O que devemos entender aqui é que o entendimento do fenômeno eletroquímico proposto na Pilha de Daniell se localiza dentro de uma epistemologia científica específica, marcada por compromissos filosóficos e limitações que lhes são próprias. É por meio destas dimensões que o trabalho com modelos em sala de aula pode ser de grande utilidade para a promoção de um ensino de ciências menos ingênuo e mais crítico de suas próprias limitações e aplicações.

A importância de levar os modelos a um local privilegiado nos currículos de química vem sendo apontada por diversos trabalhos, como os de Justi (2006) e Gilbert (2004). Conforme explica este último autor, a construção de um ensino nestes moldes

---

requer mudanças bastante radicais no que diz respeito aos objetivos de aprendizado e às estratégias de ensino, e acaba, portanto, perpassando a questão da formação de professores. O profissional docente precisa ser capaz de compreender de maneira profunda os modelos a serem ensinados e a sua natureza. Mais do que isso, o professor também precisa ser capaz de conduzir atividades de modelagem com os alunos. Sobre tal ponto, defendemos que a compreensão do Realismo Químico e da espacialidade realista dos modelos químicos é imprescindível. Em uma revisão de literatura de artigos empíricos publicados na última década sobre práticas pedagógicas de modelagem em aulas de ciências, Carroll & Park (2024) fazem uma série de apontamentos convergentes a estas ideias. Segundo as autoras, a promoção de atividades pedagógicas que promovam uma modelagem multidimensional e significativa perpassa a atuação do professor, o qual precisa ser capaz de fazer um *scaffolding* adequado para que aspectos afetivos, emocionais, conceituais e epistemológicos possam se unir nos modelos apresentados e construídos em sala de aula. Especialmente em atividades abertas, em que se propõe que os alunos criem e avaliem seus próprios modelos para um dado fenômeno, a atuação do professor mostra-se ainda mais importante, pois, dado o grau de liberdade fornecido, é necessário conciliar a heterogeneidade de representações propostas pelos alunos com os modelos científicos históricos de fenômenos correlatos.

Acreditamos, portanto, que as conclusões do trabalho aqui apresentado podem contribuir com o ensino de Química oferecendo subsídios para a formação de professores. O ensino pode se beneficiar amplamente do uso de modelos, porém, para tal, é necessário que os professores e criadores de currículo demonstrem conhecimento profundo sobre aspectos filosóficos da Química. A dimensão realista da espacialidade dos modelos é um dos aspectos que devem ser considerados neste sentido, sendo a sua identificação e compreensão pelos professores necessária para que os modelos químicos possam ser trabalhados de maneira crítica em aula.

### **Considerações finais**

O RC é uma filosofia que apresenta um extenso debate (Baghramian, 2008; Bastianelli, 2021; Miller, 2016), e que assume formas bastante peculiares na Química (Hoffmann, 2007; Schummer, 2014). Assim sendo, é possível até mesmo falar em um

---

Realismo Químico próprio de tal ciência (Zaterka & Mocellin, 2023), o qual assinala diversos compromissos filosóficos para a Química, afetando a maneira como os químicos compreendem a realidade por meio de seus modelos e conceitos. Defendemos, aqui, que um dos aspectos que caracterizam o uso químico de modelos é a espacialidade realista como caracterizada por Bachelard (Bachelard, 2010), segundo a qual *existir é existir no espaço*. Os objetos químicos são caracterizados por localizações precisas e pela maneira como ocupam e se movimentam no espaço que os cerca. Essa espacialidade também cria uma continuidade entre os níveis macro e submicroscópico do espaço, unindo-os nas representações.

Neste trabalho, demonstramos como essa intuição realista do espaço está presente no modelo didático da pilha de Daniell, mas poderíamos identificar esse mesmo compromisso com o Realismo Químico em diversos outros modelos, o que poderá ser objeto de trabalhos futuros. Sendo assim, tomamos como evidente a importância das considerações aqui trazidas, uma vez que possibilitam explicitar, identificar e debater em termos filosóficos os compromissos que atravessam os modelos químicos e a interpretação que se faz da realidade por meio deles.

No ensino, o debate filosófico do Realismo Científico e do Realismo Químico podem ser de grande contribuição, seja de maneira explícita, isto é, sendo levados para discussão em sala, seja de maneira implícita, por meio do desenvolvimento dos conteúdos promovido pelo professor (Oki & Moradillo, 2008). Seja de uma maneira ou outra, é necessário que a formação de professores forneça subsídios filosóficos para o trabalho em sala. Neste contexto, o uso de modelos é de especial interesse, pois tais representações são marcadas pelos compromissos filosóficos da comunidade científica que as originou e ratificou. Sendo este o caso, a identificação da intuição realista do espaço nos modelos químicos pode se mostrar uma importante ferramenta de reflexão e trabalho em sala de aula, permitindo um ensino crítico e filosoficamente aprofundado dos modelos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo #2013/07937-8 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo #312017/2021-9.

---

## Referências

- Bachelard, G. (2010). *A experiência do espaço na física contemporânea* (1º ed). Contraponto.
- Bachelard, G. (2018). *Atomistic Intuitions: an essay on classification* (D. Pettigrew & F. Raffoul, Orgs.; 1º ed). State University of New York Press.
- Baghramian, M. (2008). "From Realism Back to Realism": Putnam's Long Journey. *Philosophical Topics*, 36(1), 17–35. <https://www.jstor.org/stable/43154515>
- Bastianelli, M. (2021). Putnam's no Miracles Argument. *European Journal of Pragmatism and American Philosophy*, XIII(2). <https://doi.org/10.4000/ejppap.2524>
- Carroll, G., & Park, S. (2024). Towards expansive model-based teaching: A systematic synthesis of modelling pedagogies in science education literature. *Studies in Science Education*, 1–39. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2417157>
- Chang, H. (2012). *Is Water H2O?* (Vol. 293). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-3932-1>
- Comte, A. (1978). Curso de filosofia positiva. Em *Os Pensadores: Comte* (1º ed, p. 3–39). Abril Cultural.
- Costa, M. C. da S., & Porto, P. A. (2021). A pilha de Daniell: um estudo de caso histórico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(3), 1650–1673. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e82360>
- Daniell, J. F. (1843). *An introduction to the study of chemical philosophy: being a preparatory view to the forces which concur to the production of chemical phenomena* (second edition). Marryson & Company Printers.
- Del Re, G. (1998). Ontological Status of Molecular Structure. *Hyle - An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 4, 81–103.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6, 5–15.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Hoffmann, R. (2007). What might philosophy of science look like if chemists built it? *Synthese*, 155(3), 321–336. <https://doi.org/10.1007/s11229-006-9118-9>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2).
- Kuhn, T. S. (2018). *A Estrutura das Revoluções Científicas* (13º ed). Perspectiva.
- Laszlo, P. (1998). Chemical Analysis as Dematerialization. *HYLE - An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 4, 29–38.
- Lemes, A. F. G., & Porto, P. A. (2013). Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 121–147.
- Miller, B. (2016). What is Hacking's argument for entity realism? *Synthese*, 193(3), 991–1006. <https://doi.org/10.1007/s11229-015-0789-y>
-



- Oki, M. da C. M., & Moradillo, E. F. de. (2008). O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14(1), 67–88. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000100005>
- Psillos, S. (2009). *Knowing the Structure of Nature*. Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1057/9780230234666>
- Putnam, H. (1997). A Half Century of Philosophy, Viewed from Within. *Daedalus*, 126(1), 175–208.
- Schummer, J. (2004). Why Do Chemists Perform Experiments? Em D. Sobczynska, P. Zeidler, & E. Zielonacka-Lis (Orgs.), *Chemistry in the Philosophical Melting Pot* (p. 395–410). Peter Lang.
- Schummer, J. (2006). The Philosophy of Chemistry: From Infancy Toward Maturity. Em D. Baird, E. Scerri, & L. McIntyre (Orgs.), *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline* (p. 19–39). Springer Dordrecht. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/1-4020-3261->
- Schummer, J. (2010). The Philosophy of Chemistry. Em F. Allhoff (Org.), *Philosophies of the Sciences* (p. 163–183). Wiley-Blackwell.
- Schummer, J. (2014). The Methodological Pluralism of Chemistry and Its Philosophical Implications. Em E. Scerri (Org.), *Philosophy of Chemistry: Review of a Current Discipline*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-017-9364-3>
- Vihalemm, R. (2011). The autonomy of chemistry: Old and new problems. *Foundations of Chemistry*, 13(2), 97–107. <https://doi.org/10.1007/s10698-010-9094-5>
- Zaterka, L., & Mocellin, R. C. (2023). O Realismo Químico e as duas faces de Janus. *INSTANTE*, 5(3). <https://doi.org/10.29327/2194248.5.3-20>
- Zeidler, P. (2000). The Epistemological Status of Theoretical Models of Molecular Structure. *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6, 17–34.

**Submetido em:** 01/06/2024    **Aceito em:** 08/12/2024    **Publicado em:** 30/12/2024

Periódico organizado pela Sociedade Brasileira de Ensino de Química – SBEnQ



Este texto é licenciado pela [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).