

<https://doi.org/10.56117/ReSBEnQ.2024.v5.e052421>

Qual o lugar da Imaginação na Filosofia da Química? Implicações para o Ensino de Química

What is the place of Imagination in the Philosophy of Chemistry?

Implications for Chemistry Teaching

¿Cuál es el lugar de la Imaginación en la Filosofía de la Química?

Implicaciones para la Enseñanza de la Química

David Monteiro de Souza Junior (davd.prof.quimica@gmail.com)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-1219-7130>

Vinícius Carvalho da Silva (viniciusfilo@gmail.com)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-1061-2727>

Resumo

Parte da atividade do químico é lidar com os modelos e representações tanto para explicar fenômenos físico-químicos quanto para guiar a prática experimental em laboratório, seja de pesquisa, ensino ou na indústria. O uso de modelos, como os modelos moleculares por exemplo, ajuda o químico a compreender a distribuição espacial dos átomos em uma molécula, sua geometria e as interações químicas que ela realiza, assim como, suas propriedades físico-químicas, sua acidez e basicidade e as transformações que pode sofrer. Os modelos podem ser classificados como materiais ou abstratos, tendo também propriedades icônicas, analógicas e simbólicas. Os modelos também são instrumentos fundamentais no ensino de química. A questão que este trabalho coloca é, qual é o lugar da imaginação na filosofia da química? E também buscamos refletir sobre suas implicações para a formação do químico. Para responde-la recorreremos a epistemologia do conhecimento pessoal de Michael Polanyi (1891-1976) e a concepção de imaginação como construção metafórica de C. S. Lewis (1898-1963). Concluímos que o espaço onde o químico habita (seja em sala de aula ou no laboratório, de ensino ou pesquisa) é um espaço de criação de modelo, onde ele os manipula, interpreta, avalia e os testa numa dinâmica de construção explicativa. Ou seja, o *locus* da imaginação na filosofia da química é a representação imagética que a química faz do mundo, instituindo as bases da construção e articulação de um imaginário químico que orienta as relações simbólicas



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

dentro da comunidade dos químicos, no processo de ensino e aprendizagem em sala de aula e na formação de novos químicos e pesquisadores laboratoriais.

Palavras-chave: Filosofia da química. Imaginação. Epistemologia

Abstract

Part of the chemist's activity is dealing with models and representations both to explain physical-chemical phenomena and to guide experimental practice in the laboratory, whether in research, teaching or industry. The use of models, such as molecular models, for example, helps the chemist to understand the spatial distribution of atoms in a molecule, its geometry and the chemical interactions it performs, as well as its physicochemical properties, its acidity and basicity and the transformations it can undergo. Models can be classified as material or abstract, also having iconic, analogical and symbolic properties. Models are also fundamental tools in teaching chemistry. The question this work poses is, what is the place of imagination in the philosophy of chemistry? And we also seek to reflect on its implications for the training of chemists. To answer it, we will resort to the epistemology of personal knowledge by Michael Polanyi (1891-1976) and the conception of imagination as a metaphorical construction by C. S. Lewis (1898-1963). We conclude that the space where the chemist lives (whether in the classroom or laboratory, teaching or research) is a space for creating models, where he manipulates, interprets, evaluates and tests them in a dynamic of explanatory construction. In other words, the locus of imagination in the philosophy of chemistry is the imagery representation that chemistry makes of the world, establishing the bases for the construction and articulation of a chemical imaginary that guides symbolic relationships within the community of chemists, in the teaching and learning process. in the classroom and in the training of new chemists and laboratory researchers.

Keywords: Philosophy of Chemistry. Imagination. Epistemology.

Resumen

Parte de la actividad del químico consiste en trabajar con modelos y representaciones tanto para explicar fenómenos físico-químicos como para orientar la práctica experimental en el laboratorio, ya sea en la investigación, la docencia o la industria. El uso de modelos, como los moleculares, por ejemplo, ayuda al químico a comprender la distribución espacial de los átomos en una molécula, su geometría y las interacciones químicas que realiza, así como sus propiedades fisicoquímicas, su acidez y basicidad y las transformaciones. puede sufrir. Los modelos se pueden clasificar en materiales o abstractos, teniendo además propiedades icónicas, analógicas y simbólicas. Los modelos también son herramientas fundamentales en la enseñanza de la química. La pregunta que

plantea este trabajo es ¿cuál es el lugar de la imaginación en la filosofía de la química? Y también buscamos reflexionar sobre sus implicaciones para la formación de químicos. Para responderla recurriremos a la epistemología del conocimiento personal de Michael Polanyi (1891-1976) y a la concepción de la imaginación como construcción metafórica de C. S. Lewis (1898-1963). Concluimos que el espacio donde vive el químico (ya sea en el aula o en el laboratorio, en la docencia o en la investigación) es un espacio de creación de modelos, donde los manipula, interpreta, evalúa y prueba en una dinámica de construcción explicativa. En otras palabras, el locus de la imaginación en la filosofía de la química es la representación imaginaria que la química hace del mundo, estableciendo las bases para la construcción y articulación de un imaginario químico que orienta las relaciones simbólicas dentro de la comunidad de químicos, en la enseñanza y proceso de aprendizaje en el aula y en la formación de nuevos químicos e investigadores de laboratorio.

Palabras clave: Filosofía de la Química. Imaginación. Epistemología.

Introdução

O mundo nunca sofrerá com a falta de maravilhas, mas apenas com a incapacidade de se maravilhar.
G. K. Chesterton (2012, p. 19).

O que fazer para formar cientistas? É a questão posta por Poincaré (2008, p. 269), em seu célebre ensaio, *As Ciências e as Humanidades*, onde refletiu sobre o valor das letras e da filosofia para a formação científica. O autor aponta três aspectos da cultura humanística necessários à formação do cientista: (1) o espírito de análise, fruto do conhecimento das línguas; (2) o espírito de refinamento intelectual, produto da cultura literária e filosófica; (3) a humildade intelectual como uma virtude cultivada por meio do contato com a grande literatura.

Em resposta ao utilitarismo, Poincaré (2008) defende que a educação humanística deve descolar o cientista das vulgaridades da vida utilitária por meio da humildade intelectual (Poincaré, 2008, pp.262, 264, 266-268). Análogo à reflexão de Poincaré (2008), nosso objetivo, aqui, é refletir, a partir da filosofia da química, sobre o valor da

imaginação para a formação do químico, seja ele professor ou pesquisador laboratorial.¹ Qual papel da imaginação na construção do conhecimento químico e no entendimento sobre a natureza da química? De que maneira a imaginação química capacita o químico a desempenhar o seu papel como agente cultural e pensador público em uma sociedade que negligencia as bases do pensamento científico?

Compartilhamos da antropologia filosófica de Dorothy Sayers (1893-1957), escritora inglesa de romances policiais. A autora vê a humanidade como *Homo Creator* por excelência. A criatividade é um dos aspectos distintivos e definidores de nossa identidade. A criatividade é anterior ao saber, e de certo modo, sua condição. O *Homo Creator* precede o *Homo Sapiens*. “Ele”, o indivíduo, é “*Homo Ludens*, antes de ser racional”, como aponta Greggersen (Sayers, 2023, p. 8). “A experiência da imaginação criativa do homem ou da mulher comum e do artista é a única maneira pela qual podemos formular e entender o conceito de criação” (Sayers, 2023, p. 46).

A imaginação é a construção mesma do nosso entendimento sobre a realidade, fruto direto da nossa capacidade criativa na formulação de explicações, representações, teorias e modelos. Neste aspecto, Greggersen, defende que, Dorothy Sayers (2023) e C. S. Lewis (2012), estão em pleno acordo, pois ambos, enxergam, que a criatividade e a imaginação são fundamentais para a construção do entendimento humano (Sayers, 2023, p. 8).

Aqui tomamos a filosofia como o discurso crítico-analítico e reflexivo sobre as questões profundas da realidade – natural e humana (Ortega Y Gasset, 2016, pp. 111-112). A filosofia possui potencial para aprimorar o discurso químico sobre o mundo. A filosofia da química, então, seria a tentativa de refinamento do entendimento químico sobre a existência da dimensão material, a atividade científica e o impacto tecnológico que essa ciência possui na vida contemporânea.

Nesse sentido, a filosofia da química derivaria de um esforço exegético e hermenêutico sobre a realidade material e as transformações que a matéria sofre, em

¹ O que defendemos não é uma equivalência seja epistemológica, seja operacional entre as atividades de professores e pesquisadores de química, mas, que, a despeito das diferenças entre tais atores e suas atividades, a imaginação constitui importante ferramenta em ambos os casos. Ademais, sobre a relação entre professores e pesquisadores de química e os aspectos que demarcam a distinção entre fazer química, a prática do químico pesquisador, e ensinar química, a prática do químico professor, ver o capítulo de introdução em “Didática da Química: Fundamento e prática para o Ensino Médio” de Murilo Cruz Leal (2010, p. 7).

nível molecular, e sobre o impacto cultural que a química possui enquanto ciência da transformação.² O ponto central da nossa reflexão é a formação da imaginação científica tanto do químico professor quanto do químico pesquisador, e sobretudo como agente cultural de transformação de realidades e o lugar do imaginário social, oriundo da prática química na aprendizagem escolar, na relação professor aluno e na prática da pesquisa científica e formação de pesquisadores a partir da reflexão em filosofia da química, buscando construir pontes pedagógicas com potencial emergente de reflexão educacional.

Filosofia da Química e a Necessidade da Filosofia na Química

A emergência da mecânica quântica e da teoria da relatividade levou os cientistas, segundo Ortega Y Gasset (2016), a repensar as bases teóricas do conhecimento físico. Cientistas, e filósofos da ciência, como Poincaré, Mach, Planck, até Einstein, Weyl, Bohr, Heisenberg e Schrödinger participaram direta ou indiretamente dessa empreitada intelectual. O advento dessa revolução na física tomou a mentalidade da ciência e de sua filosofia no início do século XX, que somado ao pragmatismo e ao tecnicismo da química industrializada fizeram com que ela tenha sido negligenciada pela filosofia da ciência profissional (Schummer, 2003). Embora haja diferença considerável entre a Filosofia da Ciência em sentido geral e a Filosofia da Física em sentido estrito, fato é que a Filosofia da Ciência desde o século XIX, e sobretudo no século XX com a mecânica quântica, a relatividade e a cosmologia, tomou a Física como seu modelo, ocupando-se majoritariamente de suas questões.

A questão a qual queremos refletir é: o que constitui o ato filosófico? O filósofo faz do ato de abarcar intelectualmente o Universo a partir do princípio lógico e metodológico de suas ideias, a virtude da sua atividade (Ortega Y Gasset, 2016, pp. 51, 105).

Para Ortega Y Gasset (2016), “a filosofia é um esforço intelectual por excelência” (Ortega Y Gasset, 2016, p. 93). Mas qual a necessidade da filosofia? Ela exerce alguma

² Apesar de recorrermos a herméutica e a exegese como recursos que se fazem necessários a construção do entendimento e conhecimento do mundo, não é nosso intuito inicial nos posicionarmos dentro de uma tradição ou escola que define ambas as áreas, mas antes de tudo, constatar uma necessidade a ser observada nos estudos da filosofia da química em diálogo com o ensino de química. Haja vista que nossos pressupostos, concepções filosóficas sobre a realidade e cosmovisão direcionam os modos como lemos e interpretamos o nosso entorno.

função na ciência? Qual o seu valor para a formação do cientista? Ortega Y Gasset argumenta que a ideia de necessidade, do útil, é relativa a seu fim. “A verdadeira necessidade é a que o ser sente de ser o que é” (Ortega Y Gasset, 2016, p. 94). O autor explica do seguinte modo:

A filosofia não brota por razão da utilidade, mas tampouco por sem-razão de capricho. É constitutivamente necessária ao intelecto. Por que? Sua marca radical era buscar tudo enquanto tudo, capturar o Universo... (Ortega Y Gasset, 2016, p. 94).

O propósito radical da filosofia, em Ortega Y Gasset (2016), é “trazer à superfície, declarar, descobrir o oculto ou o velado” (Ortega Y Gasset, 2016, p. 111). Filosofar é, em sua concepção, dizer explicitando o ser das coisas manifestas por meio da palavra – o *logos* – transparecendo a ontologia do mundo, do Todo, do qual somos diminutas partes (Ortega Y Gasset, 2016, pp. 111 e 112).

Deste modo, nas palavras de Popper (2013), a Filosofia não se reduz à análise lógico-semântica da linguagem ou à “epistemologia dura” voltada para a Teoria do Método. A Filosofia, bem como a ciência, deve ser “Cosmologia”:

Segundo entendo, toda ciência é Cosmologia e, para mim, o interesse que tem a Filosofia, assim como o que tem a Ciência, reside apenas nas contribuições que elas trazem para a Cosmologia. Tanto a Filosofia como a Ciência perderiam, a meu ver, todo atrativo, se abandonassem esse alvo (Popper, 2013, p. 429).

A Filosofia, portanto, enquanto não deixa de ser parte da Cosmologia, é capaz, segundo Popper (2014) de formular grandes questões que interessam à humanidade:

Creio que a filosofia deve retornar à cosmologia e a uma teoria simples do conhecimento. Há pelo menos um problema filosófico que interessa a todos os homens: o problema de compreender o mundo em que vivemos e, portanto, a nós mesmos (que somos partes do mundo) e nosso conhecimento acerca dele (Popper, 2014, p. 2).

Mas se a análise – e a criação – conceitual não é o fim da Cosmologia, em sentido popperiano, é parte importante de sua atividade investigativa. Labarca, *et al* (2013), vê a filosofia como uma disciplina que se ocupa da análise de conceitos, e nesse sentido, ajuda o químico a questionar sobre o objeto de estudo da química e as bases do seu conhecimento. Os autores apontam que o problema da fundamentação do objeto de estudo disciplinar da química ainda é uma questão aberta de natureza científico-filosófica:

toda investigação científica inclui *conceitos filosóficos* tais como aqueles de lei, verdade, hipótese, tempo, energia, entre outros. E em toda a investigação subjazem certos *postulados filosóficos* como os de realidade, de cognoscibilidade (ou seja, acerca daquilo

que pode ser conhecido) e de legalidade do mundo exterior. Isso pode ser dito de outra forma: *existe um mundo exterior independente da existência de um sujeito cognitivo e, em consequência, pode ser conhecido objetivamente, ainda que apenas parcial e gradualmente ou o universo funciona de acordo com as leis naturais* (Labarca *et al*, 2013, p. 1256).

Como defendem os autores, a química e a filosofia não apenas são miscíveis, mas, o trabalho cooperativo entre químicos professores, químicos pesquisadores, historiadores e filósofos da química é altamente desejável para produzirmos um entendimento esclarecido sobre a natureza da química e sobre seu impacto no ensino de química e na pesquisa em química laboratorial.

Ribeiro (2021) acrescenta a educação como objeto de reflexão dos filósofos da química. Apesar de não ser um foco privilegiado dentro da área de pesquisa, existe então uma sobreposição entre a reflexão educacional gerada no seio da filosofia da química e a reflexão filosófica emergente nos contextos educacionais (Ribeiro, 2021, pp. 116-118).

Barreto (2020) destaca a necessidade da reflexão educacional e filosófica sobre o uso de modelos no processo de ensino e aprendizagem da química. O uso de modelos é próprio do ensino de ciências em geral, mas muito particular no ensino de química, porque por meio deles construímos imagens de um mundo imaginário que temos acesso indireto apenas por meio de aparatos experimentais e instrumentos de análise:

Na química, os modelos podem ser utilizados para explicar os fenômenos do ponto de vista submicroscópico, que podem servir de apoio na interpretação dos resultados experimentais, elaboração de explicações e propostas de previsões. [...] Nas ciências, podemos afirmar que os modelos assumem um papel de suma importância na construção do conhecimento científico. [...] Proponho que o conhecimento científico, particularmente o conhecimento químico, é constituído por teorias, permitindo a elaboração de modelos (Barreto, 2020, p. 35).

A química, na visão de Labarca *et al* (2013), é uma disciplina que faz uso profundo de modelos como linguagem na construção da sua racionalidade e é por essa razão que o ensino de química possui um componente *imagético radical*, no sentido de partir da sua própria raiz disciplinar.³ Logo, professores e pesquisadores devem ser treinados a pensar

³ Autores como Laszlo (2001), Ribeiro (2014; 2016; 2017; 2021), Ribeiro e Bejarano (2012) destacam a interdependência entre as reflexões educacionais sobre o ensino de química e as reflexões filosóficas de especialistas em filosofia da química. Ribeiro (2021), argumenta em favor da vocação pedagógica da filosofia da química brasileira e seu papel fundamental para o ensino de química. Outros autores que trabalham para ampliar os debates sobre educação no meio da filosofia da química são: Schummer (1999), Scerri (2000, 2004, 2007a, 2007b), Erduran (2009) e Early (2004, 2012).

e construir justificativas e heurísticas de resolução de problemas a partir dos modelos e imagens estruturais, como a teoria estrutural da química orgânica, sem esquecer-se que está se comunicando a partir do uso de um modelo, “muitas vezes apresentando um modelo consensual como se ele fosse uma entidade real” (Labarca *et al*, 2013, p. 1263).

A reflexão filosófica deve fazer parte das aulas de química assim como os usuais recursos matemáticos e físicos. A argumentação filosófica e a problematização sobre os modos de entendimento de como a química concebe o mundo deve ser um aparato ferramental também a equipar os professores. Nesse sentido, Scerri (2001), argumenta o seguinte:

Não é suficiente treinar os educadores em química apenas no conteúdo dos cursos, e talvez oferecer alguma coisa de psicologia educativa. Os docentes de química necessitam ser introduzidos no estudo da própria natureza da química (Scerri, 2001, p. 165).

Avanços nas investigações dos vários tópicos em filosofia da química são necessários também para fazer avançar a área de formação de professores. Labarca, *et al* (2013), argumenta que alguns temas da filosofia da química são centrais na formação de professores, tais como: o problema do reducionismo e do *status* da química frente às outras ciências da natureza, com relação a sua autonomia; a discussão sobre a “ética na química” e os possíveis impactos da síntese de novos materiais; a relação da química com a sociedade e a formação de sua imagem pública; o uso de modelos químicos na construção de explicações químicas (Labarca, *et al*, 2013, pp. 1263-1264).

Entretanto para além dessas temáticas, adicionamos que, devido ao *caráter imagético* e a *linguagem simbólica, icônica e pictórica* da química, necessários na discussão sobre a construção de seus modelos explicativos, precisamos construir uma *epistemologia imaginativa* que dê conta de refletir sobre como se dá a construção do conhecimento químico, sua natureza heurística e contexto de justificativa além de sua comunicação por meio do ato de ensino e divulgação científica.

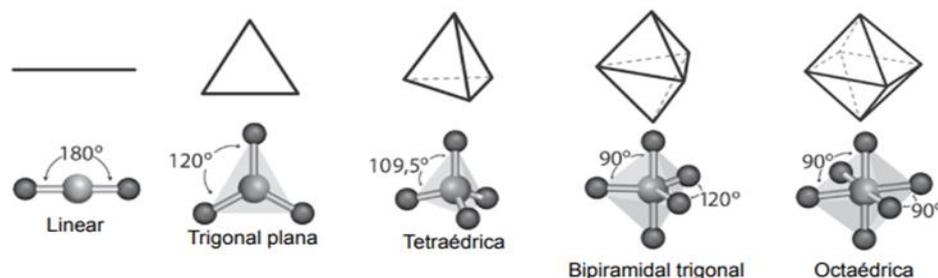
Porém, não apenas os professores se beneficiam dessa formação. Pesquisadores ao se apropriar do saber filosófico atuam na pesquisa orientados dentro de um quadro de referencial cultural que reconhece o negacionismo científico, a pós-verdade e o relativismo filosófico conscientemente. Desse modo, a pesquisa científica em geral, assim

como a pesquisa química em específico, deve envolver hermenêutica e crítica⁴ como aparatos intelectuais dos cientistas, que por sua vez devem ser conscientes de seus pressupostos e preconceitos. O cientista hoje deve ser um agente público de aproximação do leigo com a ciência, seja na formação de novos cientistas ou junto ao professor, na popularização do conhecimento científico especializado, construindo pontes entre a universidade e a comunidade mais ampla (Cupani, 2023, pp. 13-24).

Modelagem e o Papel da Imaginação na Química

Em química os modelos são construídos tanto para explicar quanto para guiar a prática experimental. O uso de modelos, tais como os modelos moleculares, nos ajudam a compreender a influência da geometria, a distribuição espacial dos átomos e as interações químicas no decurso de uma reação. As propriedades físico-químicas e o comportamento ácido-base das diversas substâncias são explicadas, também, através do uso de modelos, bem como o comportamento cinético e termodinâmico. O mecanismo das reações químicas resulta da modelagem feita por químicos (Justi & Gilbert, 1999). Deste modo, o uso de modelos, como veremos, é um instrumento fundamental no ensino de química, conforme mostra a figura 1, que apresenta como as imagens e os modelos estão presentes no cotidiano escolar, em exames de avaliação química em vestibulares e concursos e diversos níveis formativos.

Figura 1: Modelos moleculares e sólidos platônicos

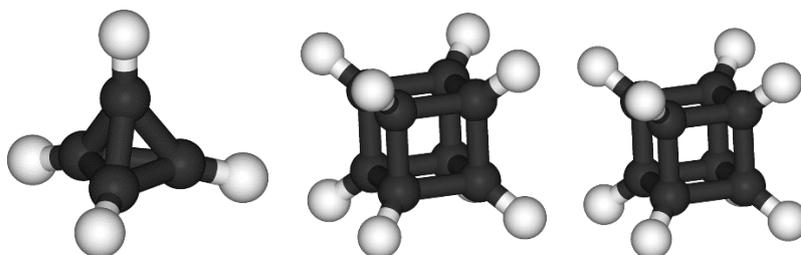


Fonte: FATEC 2023/1.

⁴ Não propomos aqui, a adoção de nenhuma hermenêutica específica, tampouco de uma definição particular de crítica. O que destacamos é que o exercício hermenêutico e crítico, isto é, a atenção minuciosa à interpretação e compreensão filosófica dos textos, e do mundo material da química, deve ser uma ferramenta de trabalho indispensável para a investigação e ensino de química, e, sobretudo, para a filosofia da ciência de modo geral, dada a alta complexidade que as ciências alcançaram e a diversidade de problemas filosóficos que levantam (Crease, 2012, p. 174). Ver: CREASE, Robert P. *Hermenêutica e Ciências Naturais: Introdução*. Ekstasis: **Revista de Hermenêutica e Fenomenologia**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 163–176, 2012.

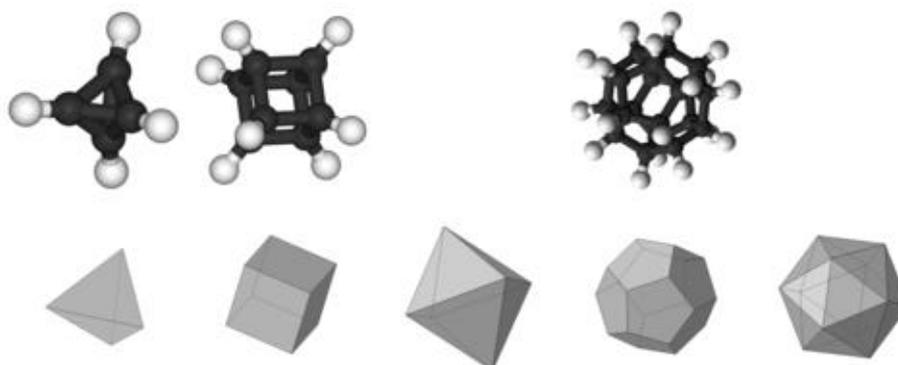
Outro exemplo são os hidrocarbonetos platônicos, apontados por Hopf Henning *Classics in Hydrocarbon Chemistry* (2000), como representações moleculares orientados geometricamente como sólidos platônicos:

Figura 2: Hidrocarbonetos platônicos. Da esquerda para a direita: Tetraedrano, cubano e dodecaedrano.



Fonte: wikimedia.org

Figura 3: Modelos de hidrocarbonetos e sólidos platônicos



Fonte: wikimedia.org

Tais representações, como os hidrocarbonetos, podem ser considerados modelos pictóricos de entidades físico-químicas. Segundo Labarca *et al* (2013) “a natureza dos modelos e das explicações em química é uma área de interesse crescente na filosofia da química contemporânea, uma vez que o mundo químico provê exemplos numerosos e variados aos filósofos da ciência interessados pelo tema” (Labarca *et al*, 2013, p. 1261). Os modelos são a base das explicações químicas. Refletir sobre sua natureza e a dinâmica epistêmica da sua construção é uma atividade essencial para entendermos seu impacto no ensino em nível médio e na formação da mentalidade do pesquisador laboratorial.

A filosofia da ciência ocupa-se também com o uso e construção de modelos científicos, seu impacto histórico e poder explicativo há muito tempo (Fischer, 2006). Existe interesse particular, entre os filósofos da química, devido ao papel que os modelos

químicos exercem na compreensão teórica e na prática científica. (Erduran, 2001). Entretanto, ainda há muita ambiguidade com relação ao uso do termo, modelo, e sua relação com o significado da teoria (Francoeur, 2000). Para Tomasi (1999), os modelos são classificados como ‘materiais’ ou ‘abstratos’, que por sua vez possuem subdivisões como modelos ‘icônicos’, ‘analógicos’ e ‘simbólicos’. O autor argumenta que existe uma hierarquia no uso dos modelos e que a pesquisa em química teórica faz uso da sobreposição de modelos para auxiliar no entendimento e na elucidação de aspectos da modelagem, aos quais um determinado modelo pode ser limitado. Nesse sentido, os modelos em química teórica se caracterizariam pela sua natureza interpretativa (Tomasi, 1999).

Para James C. Maxwell, a utilização de modelos, figuras, símbolos, metáforas e analogias era um poderoso recurso metodológico das ciências naturais, posto que tais elementos pareciam existir, eles mesmos, no “livro da natureza”:

Está claro, em face das coisas, que as analogias parecem existir, pois todas as parábolas, fábulas, símiles, metáforas, tropos e figuras de linguagem são analogias, naturais ou reveladas, artificiais ou ocultas. A questão é totalmente a respeito de sua realidade. (...) concluiremos que esses vários departamentos da natureza em que existem leis análogas possuem interdependência real; ou que sua relação é só aparente e deve-se às condições necessárias do pensamento humano? (Maxwell, 2017, p. 96).

Carlos Fils Puig (2017), nos lembra que “as ideias de Maxwell sobre as analogias são centrais” para compreendermos seu trabalho como cientista e filósofo da ciência. Puig destaca a crença ontológica de Maxwell de que “a natureza é de tal modo que existem analogias”. Apesar da dimensão metafísica do problema, o que mais nos interessa nessa ocasião é o uso metodológico de modelos e analogias: “Seu método de utilizar metáforas, analogias e modelos foi de tal modo influente para a Física que ele é considerado fundador de um modo de fazer ciência” (Puig Apud. Maxwell. 2017, p. 24).

Em *James Clerk Maxwell e o uso de metáforas e modelos na sua teoria do eletromagnetismo* Puig e Videira (2024), dizem que “o uso de modelos é algo difundido de modo generalizado em ciência hoje. Einstein atribuiu a Maxwell a inauguração desse modo de trabalhar” (Puig; Videira. 2024, p. 191)⁵. É bem possível que o uso de modelos

⁵ Em: Silva, V., Fonseca, S., Videira, A. A. P., Begalli, M. *Filosofia da Física: Problemas de ontologia e epistemologia da física moderna*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2024.

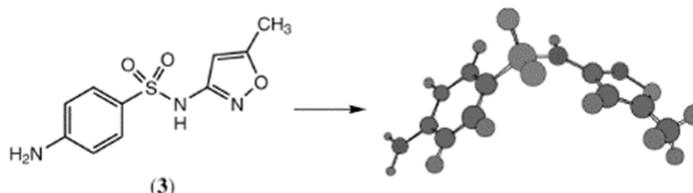
remonte a tempos ainda mais remotos, e o modelo astronômico aristotélico ptolomaico talvez seja o exemplo mais famoso.

Os modelos físicos ajudam o pesquisador tanto no contexto da heurística quanto no contexto da justificação. Capacitando sua compreensão e explicação do mundo, especialmente dos fenômenos que não são diretamente acessíveis pelos sentidos, ajudando a elucidar como eles ocorrem (Del Re, 2000). Sobre a dinâmica de adequação entre modelos e fenômeno, Labarca et al (2013), explica:

o significado da analogia é claro, as propriedades geométricas e mecânicas do modelo macroscópico são assumidas como correspondentes às propriedades da molécula real (Labarca et al, 2013, p. 1262).

Os modelos, em química, são usados em diversos casos, com o objetivo lúdico de ajudar a elucidar a estrutura tridimensional de uma molécula, auxiliando na exploração e construção do entendimento químico. Modelos físicos possuem papel de representação em química (Laszlo, 2000). Os modelos, teriam em ciência, um caráter representativo da realidade (Zeidler, 2000). Conforme expresso na figura 2, em que a imagem ilustra duas estruturas representativas do sulfametoxazol⁶.

Figura 4: Conversão de um modelo 2D (estrutura de sulfametoxazol) em 3D, com ligações cilíndricas (Chemdraw – Chem 3D).



Fonte: Carvalho; Pupo; Borges; Bernardes, (2003, p. 429).

Para Bhushan & Rosenfeld (1995) os modelos possuem caráter metafórico e lógico, revelando uma dupla função, sendo usados com dois objetivos específicos: primeiro, nos auxiliam a experimentar a natureza fundamental dos fenômenos, para em segundo lugar,

⁶ Medicamento antibiótico do grupo das sulfonamidas com atividade bacteriostática, atuam na inibição do crescimento das bactérias. É frequentemente associado com trimetoprima formando o SMX-TMP, amplamente utilizado para tratar infecções desde natureza respiratória as oportunistas. (Barbosa & De Pitaluga Vasconcelos, 1973).

nos ajudar a reproduzir, com o máximo de exatidão e precisão possível, os dados experimentais a fim de prever os próximos passos na investigação científica. (Bhushan, & Rosenfeld, 1995, p. 578).

O pensamento visual é marca registrada da atividade química. Os químicos precisam compreender e articular estruturas, modelos, representações e símbolos na pesquisa, no ensino e ao oferecer explicações sobre os fenômenos materiais. Podemos dizer que a imaginação é a ferramenta de trabalho dos cientistas em geral, mas é o lugar de habitação dos químicos. É nela que eles fundamentam sua comunicação. Por meio da imaginação, necessária ao pensamento visual, é que eles selecionam e organizam as suas informações ou encontram analogias para resolver problemas ou justificar o conhecimento construído. Segundo Labarca et al (2013), o vernáculo químico é icônico, é constituído por fórmulas e estruturas químicas. Sendo assim, rotineiramente, as explicações, que partem do inobservável para o observável, necessitam, por natureza, de um componente imagético essencial na prática química, admitindo assim, um caráter criativo e construtivo no processo de modelagem teórica na química (Hoffmann & Laszlo, 1991).

Por Uma Epistemologia da Imaginação

A questão posta daqui em diante, é: como se dá o processo epistêmico capaz de explicar a dimensão imaginativa da modelagem teórica e da construção de explicações em química? Para tentar responder à questão a fim de refletir tanto sobre o lugar da imaginação quanto o seu valor na filosofia da química recorreremos a epistemologia de Michael Polanyi (1891-1976) e a concepção de imaginação como construção metafórica de C. S. Lewis (1898-1963).

A epistemologia Polanyiana busca integrar as dimensões objetivas, pessoal e psicológica do conhecimento. Fundamentando uma compreensão ativa do ato de conhecer, sendo uma ação que exige competência e capacidades específicas (Polanyi, 2013, p. xiii). Mas, a participação pessoal no ato de conhecer não torna o conhecimento uma ação necessariamente subjetiva, e assim, inválida para a comunidade científica mais ampla? A resposta Polanyiana é, Não!

Compreender não é, nem um ato arbitrário. Nem uma experiência passiva, mas sim um ato responsável, que reclama uma validade universal. Tal ato de conhecer é, na realidade, objetivo, no sentido de estabelecer contato com uma realidade oculta; um contato que é definido como condição para antecipar uma gama indeterminada de implicações verdadeiras, mas ainda desconhecidas (e talvez mesmo ainda inconcebíveis) (Polanyi, 2013, p. xiv).

Assim, é razoável descrever a fusão entre pessoal e objetivo no ato de conhecer como conhecimento real sobre o mundo, mas, sem perder a dimensão pessoal do conhecimento. O autor conclui:

em todo o ato de conhecer entra uma contribuição apaixonada da pessoa que conhece aquilo que está a ser conhecido, e que este coeficiente não é mera imperfeição, mas sim uma componente vital do conhecimento (Polanyi, 2013, p. xiv).

Saiani (2004), argumenta que o maior mérito de Michael Polanyi foi enxergar o impacto da personalidade e das paixões intelectuais como a força motriz do cientista na construção do conhecimento científico (Saiani, 2004, p. 17). Para Naugle (2017), a epistemologia Polanyiana busca responder as implicações da cosmovisão científica majoritária em seu tempo, um modo de ver o mundo “enraizado numa concepção objetivista da ciência divorciada de uma base humana e moral” (Naugle, 2017, p. 246). Para isso Polanyi vai buscar ajuda na psicologia *Gestalt* (Naugle, 2017, pp. 246-247).

O debate objetivismo versus subjetivismo tem impacto direto sobre a proposta epistêmica de Polanyi. Porém, nosso objetivo é discutir sua epistemologia, de modo breve, com a finalidade de dar sentido a nossa exposição sobre o papel da imaginação na formação do químico. Faremos isso com base em sua obra principal, *Conhecimento Pessoal*, e com o auxílio da exposição de Saiani (2004) e Naugle (2017).

Para Polanyi, “o saber é uma compreensão humanamente ativa, hábil, das coisas” (Naugle, 2017, p. 249). O ato de conhecer ocorre em dois níveis de consciência: (1) o da consciência focal (distal) e (2) o da consciência subsidiária (proximal)⁷. E no processo, na mente do observador, ocorre uma integração intelectual que fornece ao conhecedor o

⁷ A consciência focal (ou distal) diz respeito a apreensão da totalidade do objeto percebido pelo observador. Ela está em uma dialética de percepção significativa com a consciência subsidiária (proximal), que se fixa nas partes do objeto observado. A relação de um pormenor subsidiário para o foco é determinada pelo ato de conhecer de uma pessoa que integra um ao outro, a consciência subsidiária à consciência focal estabelecendo o significado num referencial *de-para*, ou seja, das partes para o todo. E desaparece quando o conhecedor muda seu foco de atenção para os indícios subsidiários (SAIANI, 2004, p. 54).

quadro completo de significado sobre o objeto conhecido (Polanyi, 2013; Saiani, 2004; Naugle, 2017).

Todo conhecimento será, a partir disso, um ato pessoal de entendimento sobre a realidade, ou seja, conhecimento pessoal (Polanyi, 2013, p. xiv; 262). Logo, o ato de conhecer polanyiano, está enraizado na dimensão tácita do conhecimento. Como argumenta Naugle (2017), na perspectiva polanyiana, a dimensão tácita do conhecimento possui, “enorme influência na formação do processo do conhecimento” (Naugle, 2017, p. 248). Está presente na estrutura subjacente inobservada do processo de cognição e entendimento sobre a realidade. A usamos como base para o pensamento ao mesmo tempo que não somos plenamente conscientes ou explicitamos verbalmente todos os processos cognitivos. O conhecimento tácito é mais fundamental do que o conhecimento explícito, esse é o Paradoxo de Polanyi – ou a metáfora do iceberg – escreve o autor:

podemos conhecer mais do que conseguimos dizer, e não conseguimos dizer nada sem recorrer à nossa consciência de coisas que não somos capazes de dizer. [...] Coisas que conseguimos dizer, conhecemo-las pela sua observação; mas é vivendo nelas, ou habitando-as, que conhecemos as coisas que não conseguimos dizer. Toda a compreensão baseia-se em vivermos nos particulares daquilo que compreendemos. Tal interiorização é uma participação nossa na existência daquilo que compreendemos – é o “ser-no-mundo” de Heidegger. Interiorizar, ou habitar interiormente, é também o instrumento pelo qual conhecemos as entidades compreensivas do mundo (Polanyi, 2013, pp. xvi e xvii).

Mas o que caracteriza o conhecimento tácito? Segundo Polanyi (2010), o conhecimento tácito se identifica com “o entendimento da entidade abrangente construída pelo termo proximal e pelo distal” (Polanyi, 2010, p. 10). A visão do todo ou a formação de um quadro completo, onde devemos reconhecer as partes para que o todo seja percebido e se verifique, ao apreendermos o significado conjunto dos dois termos na percepção de um objeto através de suas características particulares, sem que sejam objeto de nossa atenção de maneira focal:

Habitamos ferramentas intelectuais oferecidas por um referencial interpretativo [...] nossos mecanismos perceptivos e as experiências contidas em nossa história pessoal influenciam-se mutuamente (Saiani, 2004, p. 55).

Necessitamos habitar o universo de nossos pressupostos, interiorizar a realidade por meio do ato de conhecer. O processo de interiorização opera em todos os níveis do ato de conhecer. Percebemos a resolução de problemas por meio de uma lógica particular e específica, a lógica do conhecimento tácito sofre uma expansão para uma “teoria do

conhecimento criativo, que por sua vez se identifica com a lógica da emergência evolutiva; então a nossa familiaridade com a interiorização ubíqua leva-nos à inquestionável aceitação do paradoxo” (Polanyi, 2013, p. xvii), conclui o autor:

Interiorizar [indwelling] é ser-no-mundo. Todo ato de conhecer tácito muda a nossa existência, redirecionando e reforçando a nossa participação no mundo (Polanyi, 2013, p. xvii).

Para Polanyi as ciências e as humanidades, como filosofia, literatura e as artes, são indissociáveis e necessárias na formação humana. O poder motivador do crescimento científico está no pensamento original do cientista, em suas paixões intelectuais, portanto “dentro de uma perspectiva de ordem cósmica com significado continuamente emergente. A ciência, entendida como a compreensão da natureza, une-se suavemente com as humanidades, que se debruçam sobre o conhecimento do homem e da grandeza humana.” (Polanyi, 2013, p. xvii). Polanyi, busca no ímpeto polimático da renascença a integração e síntese do conhecimento, reconhecendo a dimensão pessoal e tácita dentro do processo do ato de conhecer. Saiani (2004), comenta sobre as implicações da visão de Polanyi para a atividade científica:

Na verdade, a atividade do cientista pode ser vista como uma generalização do que ocorre com os processos perceptivos. Sempre que um cientista estrutura um todo a partir de suas partes ocorrem processos inefáveis, que não podem ser explicitados (Saiani, 2004, p. 55).

Como vimos acima, é justamente na consciência subsidiária que o termo proximal integra o significado, a percepção das partes com o todo. Com isso, destacamos que “os processos inefáveis”, comentados por Saiani (2004, p. 55), são definidos como *insight*, na perspectiva de Polanyi. Tais insights podem ser ou de caráter prático ou teórico, sendo produzidos pelo aparato intelectual do observador. Polanyi comenta que a significação realizada pela integração intelectual do termo proximal, capaz de produzir um insight, não pode ser feita sem o uso da imaginação, e ela estará fundamentada na dimensão tácita do conhecimento (Polanyi, 2010, p. 9).

Insight é definido, por Lalande (1996) como, uma visão súbita ou uma espécie de iluminação. É uma intuição que permite a problematização ou resolução de um problema (Lalande, 1996, p. 1275), se caracterizando por uma “visão direta e imediata de um objeto de pensamento atualmente presente ao espírito e apreendido na sua realidade individual”

onde “todo o conhecimento é dado de uma vez e sem conceitos” (Lalande, 1996, p. 591), é um tipo de conhecimento *sui generis*:

comparável ao instinto e ao senso artístico, que nos revela aquilo que os seres são em si próprios, por oposição ao conhecimento discursivo e analítico que no-los faz conhecer do exterior [...] plena clareza intelectual (Lalande, 1996, pp. 595-596).

O *insight* polanyiano é, na definição de Saiani (2004, pp. 61-62), a capacidade de vislumbrar um problema por conexões que não podem ser logicamente rastreadas ou verbalmente explicitadas. É uma espécie de “catar no ar” a visão de um quebra cabeça que ele terá que construir do zero. O cientista tem uma “apreensão antecipatória” de uma riqueza oculta tal qual um artista prefigura um tema. O cientista passa, então, a estabelecer um compromisso com a sua visão. Sendo assim, outro componente da epistemologia polanyiana é o compromisso fiduciário (Polanyi, 2013, p. 271), onde o cientista assume crer em seu vislumbre, em seu insight, em sua intuição, para aí, sim, conhecer, e para isso ele percorre caminhos imaginativos e criativos (Saiani, 2004, pp. 61-62).

Saiani (2004), comenta que, “a ciência, ao fim e ao cabo, é feita por um ser humano que se compromete com uma visão da realidade, na qual suspeita existirem riquezas ocultas.”. São as paixões intelectuais do cientista, ou seja, é a motivação humana, o seu amor por algo, a razão do compromisso do cientista com suas conjecturas, sendo a assim, suas “fontes de energia para o impulso de sua imaginação criativa: a beleza de uma descoberta prefigura, a emoção da conquista solitária, a ambição do sucesso profissional.” (Saiani, 2004, p. 64).

O *insight* ou intuição, segundo Saiani (2004), está presente na criação teórica da atividade científica, no ato de construir e aperfeiçoar teorias. Polanyi (2010), atribui a intuição (*insight*), a habilidade para “adivinhar, com razoável possibilidade de acerto, guiada por uma sensibilidade inata para a coerência”. Porém, se a intuição vislumbra as possibilidades, é na imaginação, segundo o autor, que se preenche as lacunas entre intenção e performance, “as conjecturas de um cientista em ação nascem da imaginação em busca da descoberta” (Polanyi, 2010, p. 77).

Essa dinâmica tem impacto, não apenas na teorização, mas também na experimentação. Para Saiani (2004), essa interação é responsável pelo processo de

descoberta, que está conectado também à criação de instrumentos e aparatos experimentais. Imaginação e intuição são, na perspectiva polanyiana, capacidades naturais do que constitui e caracteriza o humano. Operando no nível da consciência focal e subsidiária, a intuição forma as conjecturas por meio da visualização de um quadro completo, mas é a imaginação que lhe atribui significado por meio de um ato de integração intelectual. Para nosso comentarista, sendo a intuição:

espontânea e fora de nosso controle consciente, ela necessita da ajuda da imaginação, que é o uso consciente e deliberado da nossa mente para preencher as lacunas entre nossa intenção e nosso desempenho (Saiani, 2004, pp. 65-66).

Segundo Beira (2015), a descoberta epistemológica de Polanyi, sobre os mecanismos não críticos (além da razão) para o estabelecimento do conhecimento, mostrou-se frutuosa. Sublinhando o papel da imaginação e da intuição no processo de construção do conhecimento.

Imaginação e Metáfora no Estabelecimento do Significado

Mas a pergunta que se segue, diante de nossos interesses é: o que é imaginação? Qual o seu papel no estabelecimento dos significados? Wunenburger e Araújo (2006), argumentam que o conceito de imaginação, compreende-se, como uma faculdade humana capaz de assumir e construir coerência por meio da tessitura e projeção de imagens, no ato de atribuir significado, essencialmente necessário a formação intelectual – na construção do imaginário, isto é, o conjunto de imagens que prefigura uma mentalidade ou *ethos* de uma sociedade, cultura ou civilização, sendo responsável, assim, pela organização da experiência humana. Por meio da imaginação atribuímos significado ao real, construindo imagens e símbolos para além da consciência sob controle da razão abstrata (Wunenburger & Araújo, 2006, pp. 11-25). A imaginação se caracterizaria como uma virtude epistemológica, necessária ao cultivo da estudiosidade, o caráter do estudioso, segundo Sertillanges (Sertillanges, 2010, pp. 36-39).

Outro autor, George MacDonald (1867) define imaginação como a capacidade de dar forma ao pensamento por meio de imagens. Tendo lastro na realidade as imagens nos ajudam a vislumbrar verdades, mas, se falsas, não passam de fantasia (MacDonald, 1867, p. 2). Influenciado por MacDonald, C. S. Lewis, reconhece a imaginação como “um processo

ou capacidade de fazer imagens” designando assim, “nossa capacidade mental de criar imagens ou figuras das coisas” (Vanhoozer, 2017, p. 118).

A imaginação e o imaginário são produtos antropológicos. Para Wunenburger & Araújo (2006), os processos cognitivos e práticos têm raiz na imaginação, essencialmente reprodutiva, que usa como substrato as experiências perceptivas que constituem a memória dos indivíduos. Ela também auxilia os processos cognitivos mais abstratos. Como vimos no argumento polanyiano. Para os autores, “a racionalidade recorre efetivamente a *schèmes* figurativos”, como os modelos pictóricos em geometria molecular, “que preparam as grandes ordenações da inteligência do real” (Wunenburger & Araújo, 2006, pp. 16 e 17).

Essa faceta é inerente a atividade do químico, tanto nas construções teóricas, nas explicações quanto na experimentação e também como linguagem no processo de ensino e aprendizagem. Assim, tanto para Lewis quanto para Wunenburger & Araújo:

Toda imagem visual (uma reprodução ou um símbolo materializado) é a representação de um referente num modo sensível, quer seja espacial, no caso da imagem material, que seja narrativo com o seu acompanhamento retórico, emocional e onírico, para a imagem verbalizada. Toda a imagem é a imagem de qualquer coisa ou de alguém e existe apenas na medida em que tanto é semelhante como diferente do seu original (Wunenburger & Araújo, 2006, p. 19).

Em um ensaio crítico sobre metáforas e o uso da imaginação poética, C. S. Lewis (1969), destaca que a capacidade da imaginação de produzir novas metáforas ou reviver metáforas antigas, é uma condição epistêmica necessária para estabelecer o ato de conhecer, ou seja, o conhecimento se dá mediante a cooperação entre razão e imaginação, como sendo condição para o que é verdade:

a razão é o órgão natural da verdade; mas a imaginação é o órgão do sentido. A imaginação, produzindo novas metáforas ou reavivando antigas, não é a causa da verdade, mas sua condição (Lewis, 1969, p. 265).

O autor de *As crônicas de Nárnia* (2009) e a *Trilogia Cósmica* (2022), admite as implicações metafísicas de sua posição, assumindo um realismo, que abarca a correlação entre aquilo que construímos imaginativamente, como metáfora da realidade, com a própria experiência direta com o mundo, como sendo um instrumento de cálculo proximal entre a imagem e a realidade em si. Segue-se, a partir daí, que, se essas equações originais, como explica Lewis (1969), “foram desde o início arbitrárias e fantasiosas – se não há, de

fato, uma espécie de paralelismo psicofísico (ou mais) no universo –, então todo o nosso pensamento é absurdo.” (Lewis, 1969, p. 265). O argumento de Lewis (1969, p. 265) converge com a posição de Polanyi (2010, p. 77), assim, como Saiani (2004, pp. 65-66) e Wunenburger & Araújo, (2006, p. 19), seguem a esteira de ambos.

A imaginação então, tem por finalidade descobrir padrões e sintetizar a percepção em ideias representadas por imagens. Vanhoozer (2017), escreve, “a imaginação percebe o todo do qual os pedaços fazem parte”, ela, sendo o órgão da verdade, “discerne padrões significativos. É o poder da percepção, o momento ‘eureka’ em que todas as partes se encaixam, transformando a desordem anterior e incoerente no todo com significado.” (Vanhoozer, 2017, p. 120). Lewis admite que sua visão está fundamentada em uma posição veritista, onde, se uma metáfora é verdadeira, ela deve apontar para aspectos coerentes da realidade:

confesso, inegável que tal visão implica indiretamente uma espécie de verdade ou retidão na própria imaginação. Eu disse no início que a verdade que conquistamos pela metáfora não poderia ser maior do que a verdade da metáfora em si; e vimos desde então que toda a nossa verdade, ou todos os fragmentos, são conquistados pela metáfora. E então, confesso, segue-se que, se nosso pensamento é sempre verdadeiro, então as metáforas pelas quais pensamos devem ter sido boas metáforas (Lewis, 1969, p. 265).

A metáfora nos remete ao funcionamento da imaginação como materiais verbais ou visuais. Ela nos ajuda a nos aproximarmos daquilo que é desconhecido por meio dos paralelos estabelecidos com o que é conhecido, gerando significado e poder. As metáforas são como estruturas interpretativas que nos ajudam no estabelecimento do conhecimento. Imaginação é também experiência. “As metáforas ministram conhecimento mediante a formação de associações significativas” (Vanhoozer, 2017, p. 121).

A aprendizagem científica, segundo Hadzigeorgiou (2019), deve refletir a natureza da ciência como uma atividade imaginativa e criadora. Para o autor a imaginação é central nos processos cognitivos de construção do pensamento, ela exerce o papel indutivo do pensamento crítico, atribuições de significado, dedução e reflexão abstrata sendo instrumento necessário no ensino e aprendizagem da ciência e em sua prática de pesquisa em geral (Hadzigeorgiou, 2019), além de ser, como observamos anteriormente, fundante para a química, em particular, devido sua linguagem simbólica e iconográfica.

A imaginação, como aponta Hadzigeorgiou (2019), é necessária não apenas porque os alunos podem lidar com entidades não observáveis, fenômenos que não podem ser observados diretamente e até mesmo construções imagísticas inteiramente imaginárias, mas também porque eles têm que resolver problemas, projetar experimentos, interpretar dados observacionais e experimentais e propor teorias que expliquem fenômenos exercitando assim as possibilidades do uso de experimentos mentais como ferramentas de ensino/aprendizagem – como instrumento de expansão da imaginação dos alunos – proporcionando assim um maior engajamento dos alunos com a ciência por meio do uso da imaginação e do imaginário como instrumento estético em sala de aula (Hadzigeorgiou, 2019). Abrindo espaço inclusive para uma maior integração interdisciplinar ou transdisciplinar, entre ciência e literatura por meio da ficção científica.⁸

Diante disso, seguindo a interpretação de Vanhoozer (2017), Lewis vê que a razão e a imaginação possuem vocações cognitivas próprias. “A razão é a capacidade de análise que procura a objetividade, examina as coisas e então divide os componentes em uma atitude reducionista” (Vanhoozer, 2017, p. 118). A razão permanece afastada, ela se distancia criticamente, como ilustra a metáfora do feixe de luz, em que Lewis (2017), contrasta a atitude de olhar para, com o ato de olhar ao longo do feixe luminoso. O ato analítico é o ato de observar distante e friamente, buscando uma visão objetiva, do mundo, entretanto, a imaginação nos direciona para a realidade como um participante de sua estrutura (Lewis, 2017).

Para Lewis (2020), “a imaginação não pode produzir o ‘algo mais’, sem antes estabelecer contato com a realidade, o que está realmente implícito na imaginação é a afirmação hipotética” (Lewis, 2020, p. 48). Logo, toda afirmação produzida metaforicamente pela imaginação é uma afirmação hipotética sobre a realidade. Ele conclui, “Aristóteles estava certo. A poesia apresenta (οἷα ἄν γένοιτο) coisas que poderiam ser - ela recombina elementos que pertencem ao real, e apreciar a poesia envolve a cada momento um conhecimento desses elementos e, portanto, do real” (Lewis, 2020, p. 50). A ideia lewiseana sobre como a imaginação e a razão cooperarem na construção do conhecimento encontra eco na concepção polanyiana, em que o pessoal e

⁸ Uma temática que não teremos espaço para desenvolver no presente artigo, mas que trabalharemos para próximas publicações.

o objetivo estão fundidos na dimensão tácita do conhecimento pessoal (Polanyi, 2013, p. xiv).

Como vimos acima, a intuição fornece, segundo Saiani (2004), indícios subsidiários para a atuação focal da imaginação. A interação entre intuição e imaginação permite o intelecto avançar mais longe permitindo saltos criativos, seja em propostas teóricas ou em resolução de problemas. Segundo o autor, Polanyi faz críticas duras às tradições falsificacionistas e verificacionistas na filosofia da ciência e argumenta que o cientista deve se preocupar com a origem das hipóteses. Os grandes cientistas têm por objetivos desvendar novos aspectos da realidade, “Não simplesmente as correlações lógicas mais elegantes entre os dados e os fenômenos” (Saiani, 2004, p. 59).

O Lugar da Imaginação na Filosofia da Química: À guisa de conclusão, implicações para o ensino de química

Para Thomas Kuhn (2012), a educação científica tem por finalidade “semear” a mentalidade estabelecida pela comunidade científica em seus iniciantes, gerando “uma adesão profunda a uma maneira particular de ver o mundo e praticar ciência” (Kuhn, 2012, p. 25). A adesão induzida pela educação científica é o que garante a manutenção das regras do jogo científico. O cientista, segundo Kuhn (2012), “adquire pela educação um conjunto de padrões, instrumentos e técnicas que mais tarde usam no seu trabalho criativo”. (Kuhn, 2012, p. 26).

O intuito dessa prática é produzir no aprendiz, o mais rápido possível, “quadros mentais” capazes de orientá-lo na resolução de problemas. De acordo com o autor, nas ciências, a “educação científica continua a ser uma iniciação relativamente dogmática” a tradição de “resolver problemas” (Kuhn, 2012, p. 28).

O mundo da ciência está envolto no máximo de esforço para produzir consensos no domínio público, que deve estar ligados e sustentados pela crença em uma harmonia mental preexistente compartilhada por um conjunto de indivíduos que possuem interesses em comum (Ziman, 1996). Nesse contexto, o candidato a cientista deve:

primeiro aprender seu “tema”. Não basta ter capacidade técnica em áreas como manipulação algébrica ou circuitos eletrônicos. É preciso também estar plenamente familiarizado com os fundamentos conceituais da pesquisa no momento, e aprender os

paradigmas contemporâneos de uma disciplina. [...] Aprender a “pensa cientificamente” [...] é um processo longo e complexo. (Ziman, 1996, p. 170).

Entretanto, como reflete Ribeiro (2021), a grande heterogeneidade de saberes produzidos pela tecnociência, torna quase que impossível o domínio completo de uma área de conhecimento, o que dizer da sua transferência entre áreas. Para o autor, “as inovações tecnológicas são dependentes dos contextos nos quais os problemas se tornam relevantes e tem um caráter tácito, localizado e cultural” (Ribeiro, 2021, p. 21). Para isso:

não basta à Educação Científica uma transmissão algorítmica, é necessário o contato com *experts*, a convivência, o aprender fazendo, o desenvolvimento de habilidades e competências em uma rede coletiva e cooperativa de seus atores. Essa prática faz com que a relação entre ciência e cultura volte a ser um elemento central na educação científica (Ribeiro, 2021, p. 21).

O conhecimento científico só pode ser cognoscível a mente humana quando traduzido por representações imagéticas que constituem as analogias ou metáforas da realidade aplicadas aos modelos. Os modelos ampliam nossa capacidade de percepção sobre os fenômenos no mundo, bem como a definir nossos paradigmas na atividade científica (Ziman, 1996):

A formação de paradigmas é fundamental na ciência como processo social. Sem o compromisso pessoal dos cientistas individuais com a mesma imagem do mundo, não haveria comunicação, nem base, para a crítica, nem critérios para a consensualidade. A ideação mental de imagens [...] é uma habilidade humana imensamente poderosa, essencial para o progresso científico. (Ziman, 1996, p. 122).

A meta da educação científica, em geral, e da formação química em específico, deve ser “desenvolver a capacidade de estar à vontade com o consenso científico de sua época” (Ziman, 1996, p. 123). Tornar-se um cientista, seja em qual área for, é ser capaz de articular o mundo imagético dos paradigmas vigentes em seu campo, ser professor significa dominar as estruturas sintáticas e substantivas na formação científica, e seu processo de ensino e aprendizagem (Ribeiro, 2021, p. 36). Ou seja, tornar-se um cientista é desenvolver uma imaginação científica robusta e perspicaz capaz de escrutinar a realidade por meio dos modelos de seu campo de conhecimento científico, bem como, ser professor implica em dominar o imaginário científico para tornar-se um especialista da didática e ensino da sua especialidade (Ribeiro, 2021, p. 37).

A orientação e a função da imaginação na atividade científica do químico têm suas peculiaridades. Os modos como os químicos orientam sua imaginação em um laboratório

não deveriam ser tratados como sendo a mesma coisa que um professor de química faz em sala de aula. A imaginação de um químico em um laboratório, ou indústria, tem função operativa voltada para os processos a serem realizados, as técnicas e as operações instrumentais, enquanto um professor em sala de aula, tem a sua imaginação mais voltada à linguagem e a transmissão de significados com o objetivo de ajudar os alunos a construir seu entendimento sobre o corpo teórico da química. Em suma, o que Galison afirma para os físicos, aqui endossamos em relação aos pesquisadores em química: O laboratório possui uma cultura material (e imaterial) própria (Galison, 1997). É a imaginação que faz a articulação entre o laboratório e a sala de aula, manifestando-se de modo peculiar em cada espaço.

Para Granger (1998), a imaginação poética, ligada ao sensível e aos sentimentos e afetos, constituiria um imaginário, de conteúdo estético, inseparável das paixões humanas, enquanto a imaginação em ciência estaria ligada às representações dos objetos no mundo real, a fim de coordenar os fenômenos (Granger, 1998).

Defendemos que a imaginação científica é o *locus* das representações que a ciência faz do mundo, instituindo, assim, as bases para a construção e articulação de um imaginário científico socialmente compartilhado capaz de orientar as relações simbólicas dentro da comunidade científica, de um laboratório de pesquisa, e da comunicação pública dos centros de produção científica, exercendo um papel social mais amplo tanto na divulgação quanto no ensino de ciências.

O imaginário é a esfera psíquica coletiva onde imagens adquirem formas e sentido devido à sua natureza simbólica, ele olha as imagens como metáforas, símbolos e mitos, enquanto modelos valorativos do pensamento e da práxis humana. A imaginação será o operador das mediações dentro do imaginário, encadeando o referencial significativo por meio de relações analógicas (Wunenburger & Araújo, 2006, pp. 11-12, 20). Em outro texto, Wunenburger (2007), define o imaginário como:

um conjunto de produções, mentais ou materializadas em obras, com base em imagens visuais (quadros, desenho, fotografia) e linguísticas (metáforas, símbolos, relato), formando conjuntos correntes e dinâmicos, referentes a uma função simbólica no sentido de um ajuste de sentidos próprios e figurados. (Wunenburger, 2007, p. 11).

A química enquanto ciência, resulta, diante de sua atividade de pesquisa laboratorial, em um conjunto de produções, que são mentais na medida que partilham de

um arcabouço teórico simbólico, iconográfico e matematizável – aí está sua função imaginativa. Ao construirmos modelos para explicar os fenômenos naturais, materializados em obras, os artefatos e instrumentos laboratoriais necessários à experimentação, como fundamentos práticos da pesquisa, encontramos a orientação heurística da imaginação em química. Ambas, função imaginativa e orientação heurística, se baseiam em imagens visuais e linguísticas formando um conjunto de “correntes e dinâmicas”, ao articularem seus modelos para explicar a realidade ou como fundamento para a construção e planejamento de aparatos experimentais. A química construirá seu discurso a partir do sentido da função simbólica, nos ajustes semânticos por meio de metáforas e analogias para entender a relação entre o mundo visível e o inobservável.

Segundo Hoffmann & Laszlo (1991) a capacidade que um químico orgânico possui para compreender um conjunto de símbolos, modelos estruturais e conformações envolve dois tipos de habilidades: A imaginação, que é a capacidade de percepção visual das estruturas químicas, bem como o pensamento visual, que se constitui pela articulação imagética das estruturas químicas percebidas pela imaginação. Os diversos modos de representação estrutural em química, se caracterizam pelo domínio de uma linguagem simbólica e icônica que funcionam como ferramentas interpretativas e de articulação de ideias e conceitos. Segundo os autores, existe um componente linguístico nos processos de pensamento dos químicos que constituem as representações estruturais de seu pensamento (Hoffmann & Laszlo, 1991).

Para os autores uma fórmula química é ao mesmo tempo uma metáfora, no sentido de um modelo tecno-diagramático, e uma construção teórica:

A fórmula química é em parte pura imaginação, em parte inferência. Isto é uma tentativa de representar o real através da manipulação de símbolos, assim como a linguagem nos permite falar sobre o mundo e sobre nós mesmos combinando declarações arbitrárias. (Hoffmann & Laszlo, 1991, p. 11).

A analogia linguística, entre linguagem natural e linguagem química, é válida, mas segundo os autores, possuem limitações. Assim, ambas as linguagens, “testemunham uma evolução do significado, entre as declarações chamadas absurdas e as declarações altamente significativas” (Hoffmann & Laszlo, 1991, p. 12). Mesmo que não construa com base em palavras conhecidas, necessitando, em vez disso, inventar novas palavras, para dar conta do sentido das explicações científicas, a imaginação do químico, por meio do

processo dialético entre a imagética e a realidade, busca diversas associações. A química, por sua natureza, na tentativa de representar e intervir na realidade, necessita de uma linguagem inventada porque seus produtos, além de possuírem origem natural e suas entidades estarem no âmbito do inobservável, são, também, materiais sintetizados (artificiais), inventados, gerados por meio de um ato de imaginação criativa, como é o fundamento do argumento de Granger (1998). Eles não estavam na terra antes, foram feitos.

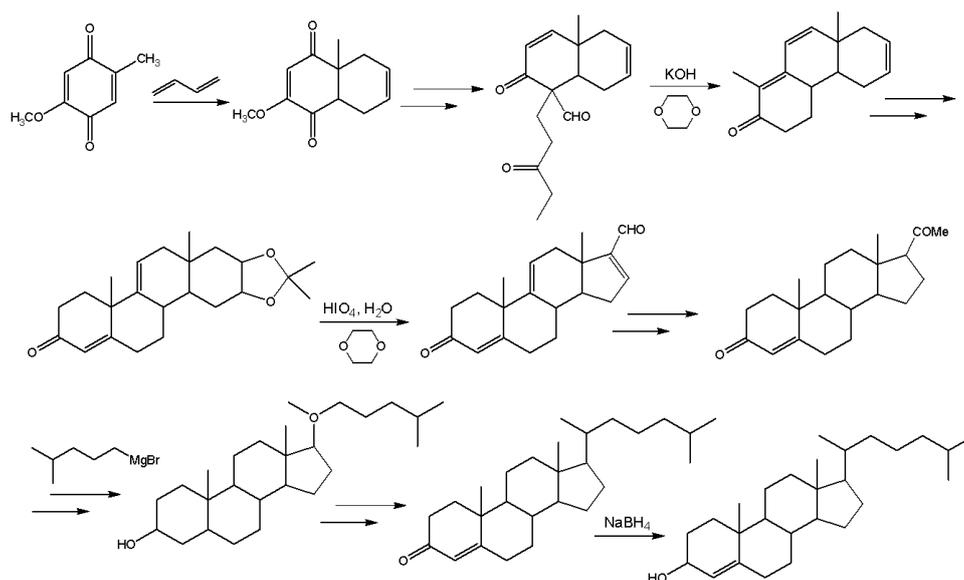
A química partilha com a poesia a noção de elegância. Hoffmann & Laszlo (1991), argumentam que a missão da química é descobrir novas relações entre objetos. A elegância, assim, é um pressuposto estético necessário à atividade química. Os autores exemplificam a partir da atividade do químico orgânico sintético:

um passo fundamental numa série de transformações químicas está enraizado na percepção de uma conexão não óbvia entre partes do objeto molecular. De modo mais geral, recompensaria o estudante de psicologia a invenção para examinar de perto os fluxogramas, a sequência de moléculas produzidas e transformadas, na síntese de produtos naturais (Hoffmann & Laszlo, 1991, p. 13).

A elaboração de uma rota sintética para estruturas químicas complexas, oferece ao químico orgânico sintético vislumbres fascinantes sobre o processo criativo, no ato criativo de fazer química. Os autores comentam, “Nas mãos de um mestre artesão como R. B. Woodward, fragmentos estruturais experimentam o que é para a mente – tanto do concebedor quanto do leitor – as mudanças da *Gestalt* genuína, de uma parte da síntese para outra.” (Hoffmann & Laszlo, 1991, p. 13). Como vemos abaixo no esquema da rota sintética de Woodward para a síntese total do colesterol⁹.

⁹ A síntese do colesterol é uma das grandes conquistas da química orgânica sintética no século XX. Porém, sua obtenção foi relatada quase simultaneamente por dois dos maiores grupos de pesquisa da época. O grupo de Robinson em Oxford e de Woodward em Harvard. Mulheim (2000) descreve a corrida entre esses dois grupos para obterem sucesso na proposta da primeira rota sintética para a síntese total do colesterol (Mulheim, 2000, pp. 107-110).

Figura 5: Rota sintética proposta por Woodward para a síntese do Colesterol ($C_{27}H_{46}O$).



Fontes: Química Nova Interativa, acesso em, 23/05/2024. (qnint.s bq.org.br).

Ao estudar as sínteses de Woodward em detalhes (Woodward, *et al*, 1951; Woodward, *et al*, 1952), percebemos o ato imaginativo e o pensamento visual atuar quando manipulamos mentalmente as estruturas moleculares representadas no esquema da rota sintética, visualizando seus elementos de simetria por novos ângulos, seus sítios ativos e conformações possíveis para sua existência tridimensional. Exemplificando assim o uso da imaginação e da intuição na construção do entendimento químico por meio da teorização.

As mudanças estruturais no ato de construção do entendimento sobre a estrutura tridimensional de uma molécula são metáforas, fruto da criatividade imaginativa onde o químico explora o pluralismo semântico da diversidade de significados incorporados em uma estrutura química. Este ato é um ato com elevada complexidade. Trata-se de se aproximar da imaginação criativa em ação (Hoffmann & Laszlo, 1991). Aqui está um dos grandes desafios no processo de ensino e aprendizagem, e o ponto central tanto na formação do professor de química quanto na construção da autonomia intelectual de químicos pesquisadores. Como construir uma imaginação química capaz de articular a aquisição de conhecimento teórico, individual e formativo, necessária a professores e pesquisadores na química, com o ambiente de um imaginário químico coletivo que pode tanto caracterizar uma sala de aula quanto um laboratório?

A guisa de conclusão. Compreendemos que o estudo da imaginação encontra seu lugar na filosofia da química ao nos atentarmos para a dinâmica epistemológica de construção dos modelos e explicações em química assim como no ato de comunicar e construir modelos por meio do processo de ensino e aprendizagem, em sala de aula ou em laboratórios de pesquisa na formação de cientistas.

Vemos o espaço do laboratório como um espaço de criação, onde parte considerável do fazer química é: criar, operar, interpretar, avaliar e testar modelos. A dinâmica interna do químico está plenamente voltada ao ato criativo da imaginação. Enquanto em sala de aula, temos um espaço de transmissão de conhecimento químico onde ocorre a tradução do conhecimento especializado para a linguagem do leigo.¹⁰

O processo de formação do pesquisador ou do professor, se inicia na mais tenra idade, em sua formação escolar. É na escola, e aqui está a importância do professor, que o imaginário social da química começa a ser construído. Taylor (2010), assinala:

A relação entre as práticas e a compreensão de fundo por trás delas não é, por tanto, unilateral. Se o entendimento torna a prática possível, também é verdade que é a prática que em grande parte, carrega o entendimento. A qualquer momento, podemos falar do “repertório” de ações coletivas à disposição de determinado grupo da sociedade (Taylor, 2010, p. 23).

Smith (2022), argumenta que nossas práticas moldam e ajudam a transmitir nosso imaginário social, e “Nosso imaginário social compartilhado torna possíveis nossas práticas e as mantém em movimento” porque nos oferece um roteiro implícito a seguir, “ele é extraído do nosso imaginário social, de nossas práticas compartilhadas e herdadas, bem como das histórias sobre quem somos que elas encarnam” (Smith, 2022, p. 129).

Nesse sentido, C. S. Lewis (2012), escreve que a verdadeira educação é uma espécie de propagação, onde vemos homens “transmitindo humanidade para outros homens” (Lewis, 2012, p. 21). Greggersen (2020), argumenta que para Lewis educação é formar o ser humano

¹⁰ Aqui nossa visão não destoia da posição que enxerga o professor como tradutor e interprete no processo educativo, como defendido por De Sousa & Do Carmo Galiazzi (2018), apenas ressignificamos o termo “transmissão”, não como uma *transferência unilateral de informação*, mas como, a *transmissão de um caráter* ou *natureza* que modela e forma o humano no sentido de *Bildung*, como defendido adiante no texto. Estamos mais próximos da tradição alemã dos “romances de formação” e da *educação do imaginário* do que de uma visão tradicionalista de educação, em que o professor é o único responsável por inculcar no aluno toneladas de informação e conteúdo.

no sentido de *Bildung*, que se caracteriza por ser a formação a partir de uma imagem, uso da imaginação, de um modelo, de um padrão externo. Cujo, objetivo, é integrar: razão, emoção e imaginação em torno do ser. Educar significa, nas palavras da autora, “envolver o sujeito em uma integralidade, incluindo a mente, o coração e o espírito” e a “função do professor não é transmitir informações. A função dele é de coordenar o aprendizado e mediar a educação.” (Greggrsen, 2020, p. 156). Isso possui implicações para a formação de alunos em todos os níveis, desde a educação básica até o ensino superior. Bem como nos aponta a necessidade de repensarmos, nesses termos, a formação de novos cientistas e pesquisadores por meio da iniciação científica, mestrado e doutorado.

Dois autores, filósofos da química, que refletem sobre a formação no sentido de *Bildung*, são: Eriksen (2002) e Sjöström (2013). Para Eriksen (2002) o conceito de *Bildung* é visto como o objetivo ideal da química universitária e o processo educativo, à luz dos desafios da sociedade contemporânea, destaca o papel da ética e das virtudes intelectuais, e epistêmicas, necessárias a formação dos químicos, professores e pesquisadores (Eriksen, 2002, pp. 40 a 43). Sjöström (2013), trata o ensino de química orientado pela *Bildung*, como uma necessidade para a construção de um discurso reflexivo e crítico sobre a formação dos químicos, pesquisadores ou professores. Sua perspectiva vê a educação em química incluindo, não apenas o conhecimento do conteúdo em química, mas também conhecimentos sobre química, sua natureza e seu papel na sociedade. Com isso, a identidade profissional do professor de química orientado para *Bildung* difere daquela do professor químico puro (tecnólogo) e é informado por áreas de pesquisa como filosofia da química, filosofia da ciência e estudos de tecnologia e educação ambiental (Sjöström, 2013, pp. 1883-1886).

Analisando o contexto atual de pós-verdade, Lapsley & Chaloner (2020, p. 133), relatam a distinção entre dois ambientes de confusão epistêmica, as bolhas epistêmicas e as câmaras de eco, e a necessidade de uma educação científica (e geral) robustas. O conceito de virtudes intelectuais de Aristóteles (Lapsley & Chaloner, 2020, p. 135) é fundamental para a internalização da identidade científica (Lapsley & Chaloner, 2020, p. 136). Nossa visão educacional encontra eco na pedagogia aristotélica, na formação moral e na Teoria da Autodeterminação destacada pelos autores ((Lapsley & Chaloner, 2020).

Como defende Naugle (2017), em Polanyi (2013), a tese do conhecimento pessoal possui implicações pedagógicas. O conhecimento pessoal, assim como a educação para Lewis (2012),

se transmite numa interação mestre-aprendiz ou numa relação discipular (Saiani, 2004). Assim como uma arte não pode ser transmitida por prescrição, ela só pode ser transmitida para alguém que está em um longo processo de aprendizagem pela experiência, experimentação e vivência. (Polanyi, 2013, p. 55).

A relação professor-aluno, em Polanyi (2013), é aprofundada com o ideal de transmissão do imaginário social em Taylor (2004), assim como entendemos o grau de transmissão de humanidade a partir de Lewis (2013). Essa relação, respeitando suas devidas proporções, está presente em sala de aula e também no âmbito da pesquisa laboratorial, na formação de novos pesquisadores e alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado.

Porém, esse processo só ocorre se tivermos “coeficientes cívicos das nossas paixões intelectuais”, por meio do apoio e cultivo de uma sociedade que respeita e promove as paixões intelectuais, as quais proporcionam uma rica vida cultural para a sociedade (Polanyi, 2013, p. 56). A tese de Polanyi (2013) encontra voz no passado recente do Brasil, na figura de Pedro Américo. Segundo Da Silva (2021). “Filósofos, cientistas e artistas não se produzem apenas por si próprios, eles precisam, em grande medida, das condições sociais propícias para se formar” (Da Silva, 2021, p. 219). A sociedade deve servir de substrato para o florescimento intelectual adequado, é a estufa cultural para o crescimento de uma nação:

o instinto das massas e as aspirações da época determinam tanto a marcha do gênio, como a pressão de sua própria natureza [...] O homem nada produz se a ação coletiva dos outros homens. É a cooperação da sociedade, que lhe infiltra nas veias o calor necessário para as grandes criações (Melo, 2006, pp. 195, 197).

Como argumenta Da Silva (2021), as considerações, de Pedro Américo, sobre a natureza coletiva, social e histórica das ciências, artes e letras, se caracterizam por ser uma crítica sutil a sociedade brasileira de sua época. Mas é válida ainda hoje. Se queremos cientistas, intelectuais, professores capazes de transmitir bem o conhecimento de sua área e formar as próximas gerações, necessitamos imprescindivelmente, fomentar uma imaginação e um imaginário robusto que cativa o coração e mente das próximas gerações. “A própria sociedade deve amadurecer, tornar-se o solo fértil para que gênio de sua gente disponha dos nutrientes sociais e históricos necessários para germinar” (Da Silva, 2021, p. 232).

Por fim, vemos que o intuito da sala de aula é construir um imaginário social amplo a partir da imaginação científica da química. Professores e pesquisadores são cocriadores

do mundo científico da química, sendo, assim, autores da criação de uma cultura científica que pretende ser responsiva às demandas do mundo contemporâneo.

Agradecimentos

Agradecemos ao corpo editorial da ReSBEnQ pela realização do presente Dossiê, que, sem dúvida, ampliará os horizontes da pesquisa sobre filosofia da química e suas implicações para o ensino de química no Brasil. Somos gratos também pelo apoio dos membros dos grupos de pesquisa em história e filosofia da física e cosmologia, Physikós e GPEECT – Grupo de Pesquisa Em Epistemologia e Ensino de Ciência e Tecnologia – e seus respectivos coordenadores, Vinícius Carvalho da Silva e Wellington Pereira de Queiros, pela possibilidade de debater sobre filosofia da química, educação e imaginação dentro da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Além da gratidão pela leitura atenta e observações perspicazes do professor Onofre Salgado Siqueira (InQui-UFMS). E também pelo apoio de nossos familiares e amigos, que nos fortalece nas horas mais difíceis nos fazendo perseverar.

Referencial Bibliográfico

- Barbosa, W., & de Pitaluga Vasconcelos, W. M. (1973). Ação da sulfametoxazol associada ao trimetoprim na terapêutica da blastomicose sul-americana. *Revista de Patologia Tropical/Journal of Tropical Pathology*, 2(3).
- Barreto, U. R. (2020). *Modelos em Química: ensino, pesquisa e linguagem*. Appris Editora.
- Beira, E. (2015). Michael Polanyi: perspectiva e atualidade. In: Org. Beira, E. & Heitor, M. (2015). *Ciência, sociedade e tecnologia: Ensaio sobre Michael Polanyi*. Inovatec.
- Bhushan, N., & Rosenfeld, S. (1995). Metaphorical models in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72(7), 578. <https://doi.org/10.1021/ED072P578>
- Carvalho *et al.* (2003). Introdução a modelagem molecular de fármacos no curso experimental de química farmacêutica. *Química Nova*, 26(3), 428–438. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300023>
- Chesterton, G. K. (2012). *Tremendas trivialidades*. Ecclesiae.
- Crease, R. P. *Hermenêutica e Ciências Naturais: Introdução*. *Ekstasis: Revista de Hermenêutica e Fenomenologia*, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 163–176, 2012.
-

- Cupani, A. (2023). *Arrogância e desconfiança: sobre o valor da ciência*. In Org. Gurgel, I. (2023). *Por que confiar nas ciências? Epistemologias para o nosso tempo*. Editora Livraria da Física.
- Da Silva, V. C. Ciência, liberdade e criação no pensamento de Pedro Américo. *Argumentos Revistas de Filosofia*. Fortaleza, ano 13, n.º 25-Jan.-Jun. 2021. DOI: 1036517/Argumentos.25.13.
- De Sousa, R. S., & Do Carmo Galiazzi, M. (2018). A tradição de linguagem em Gadamer e o professor de química como tradutor-intérprete. *ACTIO: Docência em Ciências*, 3(1), 268-285. <http://periodicos.utfpr.edu.br/actio>
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6(1), 5-15.
- Earley, J. E. (2004). Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis?. *Foundations of chemistry*, 6(3), 137-160.
- _____. (2012). A new 'idea of nature' for chemical education. *Science & Education*, 22, 1775-1786. [10.1007/s11191-012-9525-x](https://doi.org/10.1007/s11191-012-9525-x)
- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10, 581-593. <https://doi.org/10.1023/A:1017564604949>.
- Eriksen, K. K. (2002). The Future of tertiary chemical education—A Bildung focus. *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 8(1), 35-48.
- _____. (2009). Beyond Philosophical Confusion: establishing the Role of Philosophy of Chemistry in Chemical. *Journal of Baltic Science Education*, 8(1).
- Fisher, G. (2006). The autonomy of models and explanation: anomalous molecular rearrangements in early twentieth-century physical organic chemistry. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 37(4), 562-584. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2006.09.009>.
- Francoeur, E. (2000). Beyond dematerialization and inscription. *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6(1), 63-84.
- Freitas, J. B., Colesterol, *Química Nova Interativa*. Acesso em, 23/05/2024. Disponível: <<https://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=LavKhfg35Cl4

- MpzVEKEvpV2nrcaNhaK2dmz5u1XXovuprEGTzHIVIPE2MxPrYo4q80hnSBzqRC
ODmXBOcStzlg>>
- Galison, P. (1997). *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. The University of Chicago Press.
- Granger, G. G. (1998). Imaginação Poética, Imaginação Científica. In: *Discurso*. n.29. Discurso Editorial.
- Greggersen, G. (2020). Irrigando desertos: educação e imaginação em CS Lewis. *Caminhando*, 25(3), 141-160.
- Hadzigeorgiou, Y. (2019). *Imaginative Science Education*. Springer.
- Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 30(1), 1-16. <https://doi.org/10.1177/039219218903714702>.
- Hopf, H. (2000). *Classics in hydrocarbon chemistry: syntheses, concepts, perspectives*. Wiley-VCH.
- Kuhn, T. (2012). *A função do dogma na investigação científica*. SCHLA.
- Justi, R., & Gilbert, J. (1999). A cause of ahistorical science teaching: Use of hybrid models. *Science Education*, 83(2), 163-177. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(199903\)83:2<163::aid-sce5>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(199903)83:2<163::aid-sce5>3.0.co;2-i).
- Labarca, et al. (2013). Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. *Química nova*, 36, 1256-1266. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000800027>.
- Lapsley, D., & Chaloner, D. (2020). Post-truth and science identity: A virtue-based approach to science education. *Educational Psychologist*, 55(3), 132-143.
- Laszlo, P. (2000). Playing with molecular models. *Hyle*, 6(1), 85-97.
- _____. (2001). A Sketc of a Program, *Foundations Of Chemistry*, 3: 269-271.
- Lalande, A. (1996). *Vocabulário Técnico e Crítico da Filosofia*. Martins Fontes.
- Leal, M. C. (2010). Didática da Química: fundamentos e práticas para o ensino. Dimensão.
- Lewis, C. S. (1939). Bluspels and Flalansferes: A Semantic Nightmare. In: Hooper, W. (1969). *Selected Literary Essays*. Cambridge university Press.
- _____. (1945). Sentir é melhor que explicar. In: Lewis, C. S. (2017). *Ética para viver melhor*. Pórtico.
- _____. (2009). *As Crônicas de Nárnia*. Martins Fontes.
-

- _____. (2012). *A Abolição do homem*. Martins Fontes.
- _____. (2020). Image and imagination. In: Hooper, W. (2020). *Image and imagination*. Cambridge University Press.
- _____. (2022). *A Trilogia Cósmica*. Thomas Nelson Brasil.
- MacDonald. (1867). *The imagination: its function its culture*. Acessado em, 25/04/2024.
Disponível: << <https://victorianweb.org/authors/gm/imagination.html>>>
- Maxwell, J. C. (2017). *Textos Seleccionados*. Trad. Carlos Fils Puig. Eduerj.
- Melo, P. A. D. F. (2006). *Considerações filosóficas sobre as belas-artes entre os antigos*. Editora Universitária UFPB.
- Mulheirn, G. (2000). *Robinson, Woodward and the synthesis of cholesterol*. Endeavour, 24(3), 107-110. [https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(00\)01310-7](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(00)01310-7)
- Naugle, D. K. (2017). *Cosmovisão*. Monergismo.
- Ortega Y Gasset, J. (2016). *O que é filosofia?*. Vide editorial.
- Poincaré, H. (2008). *Ensaio fundamentais*. Contraponto.
- Polanyi, M. (2010). *Dimensão Tácita*. Inovatec.
- _____. (2013). *Conhecimento pessoal*. Inovatec.
- _____. (2014). *Ciência, fé e sociedade*. Inovatec.
- Popper, K. (2013). *A Lógica da Pesquisa Científica*. Cultrix
- _____. (2014). *O mundo de Parmênides*. Unesp.
- Ribeiro, M. A. P., Bejarano, N. R. R., & dos Santos, J. A. (2012). Filosofia da Química como fundamento do ensino de Química. *XVI ENEQ/X EDUQUI*.
- Ribeiro, M. A. P. (2014). *Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores: contributos para uma filosofia do ensino*. <http://hdl.handle.net/10451/12152>
- _____. (2016). A emergência da Filosofia da Química como campo disciplinar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 215-236. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4373>
- _____. (2017). Panorama histórico da relação entre Filosofia e Química. *Educação Química em Punto de Vista*, 1(2). <https://doi.org/10.30705/eqpv.v1i2.977>
- _____. (2021). *Filosofia da Química: estrutura, história e contribuições formativas*. Edições UESB.
-

- Saiani, C. (2004). *O valor do conhecimento tácito*. Escrituras.
- Sayers, D. (2015). *A mente do criador*. É Realizações.
- Sertillanges, A.-D. (2010). *A vida intelectual*. É Realizações.
- Scerri, E. R. (2000). The failure of reduction and how to resist disunity of the sciences in the context of chemical education. *Science & Education*.
- _____. (2001). The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), p. 165-170. <https://doi.org/10.1039/B1RP90016A>
- _____. (2004). Philosophical confusion in chemical education research. *Journal of Chemical Education*, 80(5), 468.
- _____. (2007). Reduction and emergence in chemistry—two recent approaches. *Philosophy of Science*, 74(5), 920-931. <http://www.jstor.org/stable/10.1086/525633>
- _____. (2007b). *The periodic table: its story and its significance*. Oxford University Press.
- Schummer, J. (1999). Copying with the growth of chemical knowledge. Challenges of chemistry documentation, education, and working chemists. *Educación química*, 10(2), 92-101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1999.2.66491>
- _____. (2003). The Philosophy of Chemistry, *Endeavour* Vol.27 No.1 March 2003. [https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(03\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(03)00004-8)
- Silva, V. et al. (2024) *Filosofia da Física: Problemas de ontologia e epistemologia da física moderna*. Editora Livraria da Física.
- Sjöström, J. (2013). Towards Bildung-oriented chemistry education. *Science & Education*, 22, 1873-1890. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9401-0>.
- Smith, D. I. (2022). *Pedagogia cristã*. Thomas Nelson Brasil.
- Taylor, C. (2010). *Uma Era Secular*. Editora Unisinos.
- Tomasi, J. (1999). Towards “chemical congruence” of the models in theoretical Chemistry. *International Journal for Philosophy of chemistry*, 5(2), 79-115.
- Vanhoozer, K. (2017). Em sombras brilhantes. In: Org. Piper, J. & Mathis, D. (2017). *O racionalista romântico*. Monergismo.
-

Woodward *et al* (1951). The total synthesis of cholesterol. *Journal of the American Chemical Society*, 73(7), 3548-3548. <https://doi.org/10.1021/ja01151a555>.

Woodward *et al* (1952). The total synthesis of steroids¹. *Journal of the American Chemical Society*, 74(17), 4223-4251. <https://doi.org/10.1021/ja01137a001>.

Wunenburger, J. & Araújo, A. F. (2006). *Educação e imaginário*. Cortez editora.

_____. (2007). *O Imaginário*. Edições Loyola.

Ziman, J. (1996). *O conhecimento confiável*. Papirus.

Zeidler, P. (2000). The epistemological status of theoretical models of molecular structure. *Hyle*, 6, 17-34.3548-3548.

Submetido em: 03/06/2024 **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/).