

<https://doi.org/10.56117/ReSBEEnQ.2024.v5.e052415>

O Juízo Estético na Química: contribuições da Filosofia e da Educação Química

Aesthetic judgment in Chemistry: Contributions from Philosophy and Chemical Education

El Juicio estético e Química: contribuciones de la Filosofía y la Educación Química

Raquel Elisama Brito Alcântara (alcantara-raquel@outlook.com)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
<https://orcid.org/0009-0008-7051-8813>

Carolina Santos Bonfim (carol.sb88@gmail.com)
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC-UnB)
<https://orcid.org/0000-0001-8271-4098>

Resumo

É consenso que falta diálogo entre a filosofia e a química, o que tem impactado o ensino dessa ciência. Esse descompasso representa uma lacuna em termos pedagógicos, visto que a filosofia da química é um importante fundamento para guiar e subsidiar práticas educacionais. Como forma de entrelaçar química e filosofia, destacamos a abordagem da estética no ensino, fortemente marcada por elementos visuais e linguísticos. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo compreender como o juízo estético tem sido abordado na química. Para isso, conduzimos um levantamento bibliográfico, de caráter exploratório, cujo *corpus* é constituído por revistas especializadas em filosofia da química e em periódicos centrados na educação química, a fim de articular ambas as áreas. Para a análise, seguimos princípios da Análise de Conteúdo de Bardin e adotamos as visões de estética discutidas por Immanuel Kant e Alfred North Whitehead. Como categorias, temos: 1) A importância do juízo estético na química; 2) A experiência estética na comunicação e na linguagem química; 3) Juízo estético nas representações químicas; 4) Química e arte: uma via para a estética no ensino de química; 5) A percepção da beleza em propostas e práticas de ensino. Embora a estética venha ganhando força no âmbito educacional, as contribuições no campo da filosofia da química têm sido mais significativas, necessitando



Este texto é licenciado pela Creative Commons Attribution 4.0 International License.

articulação com ensino. Diversos aspectos e conhecimentos são apontados como promissores para abordar a interseção química-estética, como simetria, representações moleculares, mudanças de coloração, metáforas e analogias. Assim, o apelo estético na química tem se manifestado mais em seus objetos e símbolos do que na experiência que podem causar no indivíduo. No mais, a química encontra-se diretamente atrelada à arte nos trabalhos analisados, algo que deve ser ainda mais explorado em práticas educacionais, principalmente no nível básico. Esperamos que as reflexões aqui apresentadas contribuam tanto para práticas que considerem o aspecto estético da química com intencionalidade pedagógica e epistemológica quanto para o fortalecimento da química enquanto ciência, uma vez que o juízo estético também influencia na produção de seu conhecimento.

Palavras-chave: Estética. Ensino de Química. Filosofia da Química. Educação em Ciência.

Abstract

There is a consensus that there is a lack of dialogue between philosophy and chemistry education, which has impacted the teaching of this science. This disconnection represents a pedagogical gap, as the philosophy of chemistry provides an essential foundation for guiding and supporting educational practices. To bridge chemistry and philosophy, we highlight the aesthetic approach to teaching, which is strongly characterized by visual and linguistic elements. Thus, this study aims to understand how aesthetic judgment has been addressed within the field of chemistry. To achieve this, we conducted an exploratory literature review, drawing from specialized journals on philosophy of chemistry and chemistry education to connect these two domains. For our analysis, we followed Bardin's Content Analysis principles and embraced the views on aesthetics discussed by Immanuel Kant and Alfred North Whitehead. The study categorized the exploration into the following themes: 1) The importance of aesthetic judgment in chemistry; 2) The aesthetic experience in chemical communication and language; 3) Aesthetic judgment in chemical representations; 4) Chemistry and art: a pathway to aesthetics in chemistry education; 5) The perception of beauty in teaching proposals and practices. While the concept of aesthetics has gained traction within educational settings, contributions within the philosophy of chemistry have been notably more significant, highlighting the need for integration with teaching practices. Various promising aspects and areas of knowledge have been identified to address the chemistry-aesthetics intersection, such as symmetry, molecular representations, color changes, metaphors, and analogies. Aesthetic appeal in chemistry, however, has been more prominently expressed through its objects and symbols rather than in the personal experience they may evoke in the individual. Furthermore, the direct link between chemistry and art in the works analyzed is a path that should be further explored in educational practices, especially at the foundational level, sparking curiosity and open-mindedness. We hope that the reflections presented

here will contribute both to practices that consider the aesthetic aspect of chemistry with pedagogical and epistemological intent and to strengthen chemistry as a science, given that aesthetic judgment also influences its knowledge production.

Keywords: Aesthetics. Chemistry Education. Philosophy of Chemistry. Science Education.

Resumen

Existe un consenso de que falta diálogo entre la filosofía y la química, lo cual ha impactado la enseñanza de esta ciencia. Esta desarmonía representa una laguna pedagógica, dado que la filosofía de la química es un fundamento importante para orientar y sustentar prácticas educativas. Como forma de entrelazar química y filosofía, destacamos el enfoque estético en la enseñanza, fuertemente marcado por elementos visuales y lingüísticos. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo comprender cómo se ha abordado el juicio estético en la química. Para ello, realizamos una revisión bibliográfica de carácter exploratorio, cuyo corpus está compuesto por revistas especializadas en filosofía de la química y publicaciones centradas en la educación química, con el fin de articular ambas áreas. Para el análisis, seguimos los principios del Análisis de Contenido de Bardin y adoptamos las visiones de estética discutidas por Immanuel Kant y Alfred North Whitehead. Las categorías definidas son: 1) La importancia del juicio estético en la química; 2) La experiencia estética en la comunicación y el lenguaje químico; 3) Juicio estético en las representaciones químicas; 4) Química y arte: una vía para la estética en la enseñanza de la química; 5) La percepción de la belleza en propuestas y prácticas de enseñanza. Aunque la estética ha ganado relevancia en el ámbito educativo, las contribuciones en el campo de la filosofía de la química han sido más significativas, necesitando una articulación con la enseñanza. Diversos aspectos y conocimientos son señalados como prometedores para abordar la intersección entre química y estética, tales como simetría, representaciones moleculares, cambios de coloración, metáforas y analogías. Así, el atractivo estético en la química se ha manifestado más en sus objetos y símbolos que en la experiencia que pueden causar en el individuo. Además, la química se encuentra directamente ligada al arte en los estudios analizados, algo que debe explorarse aún más en prácticas educativas, especialmente en el nivel básico. Esperamos que las reflexiones aquí presentadas contribuyan tanto para prácticas que consideren el aspecto estético de la química con intencionalidad pedagógica y epistemológica, como para el fortalecimiento de la química como ciencia, dado que el juicio estético también influye en la producción de su conocimiento.

Palabras clave: Estética. Enseñanza de la Química. Filosofía de la Química. Educación científica.

Introdução

O juízo estético compõe uma das muitas questões filosóficas que possibilitam uma articulação entre química e filosofia, pouco explorada ao longo do século XX (Ribeiro, 2016; Ribeiro, 2019). Levando em consideração que na filosofia o conceito de estética não se limita às propriedades exclusivas dos objetos ou das artes em geral, a palavra “estética” é aqui empregada para se referir ao conjunto de aspectos visuais e linguísticos da química. Esse termo não é utilizado de forma isolada, mas totalmente atrelado ao comportamento que um indivíduo manifesta em resposta ao que lhe é apresentado. O “juízo estético”, também conhecido como “juízo de gosto”, remete à capacidade, ato ou efeito de julgar diante do que se pode contemplar (Kant, 2008; Whitehead, 1929).

Da mesma forma, consideramos que a discussão sobre juízo estético na química é incipiente, apesar de ser uma ciência que apresenta diversos elementos dessa natureza. Exemplos que ilustram esse forte apelo estético incluem a organização e apresentação da tabela periódica, as reações químicas que resultam em mudanças de coloração, formação de chamas, cristais, complexos e precipitados, a liberação de gases e os mais diversos ícones que possibilitam a comunicação visual. Outros exemplos compreendem os vários tipos de modelos representativos de estruturas químicas. Mais um indício da relação entre química e estética é a linguagem (Schummer, 2014), que apresenta uma série de fatores de caráter estético, como a simetria, os padrões de repetição e regularidade, harmonia, metáforas, analogias e modelos. Tanto os aspectos visuais quanto os aspectos que compõem a linguagem química nos fornecem possibilidades para explorar a estética na química, principalmente em contextos de ensino.

Diante do exposto, surgem alguns questionamentos: qual é a importância atribuída à estética na filosofia da química? Em que aspectos a estética se destaca no desenvolvimento da química? Quais são suas contribuições para o ensino e aprendizagem dessa ciência, bem como para o fortalecimento do debate na filosofia da química? Com o intuito de responder essas perguntas, surge esta investigação, que objetiva compreender como o juízo estético vem sendo abordado na química.

Metodologicamente, o estudo consiste em um levantamento bibliográfico, cujo *corpus* é composto por revistas científicas destinadas à filosofia da química e a educação química. A intenção é favorecer um diálogo entre as contribuições da filosofia e da educação química. Consideramos que além de contribuir com a própria evolução da

química a partir de um olhar estético, o presente estudo pode fomentar a realização de práticas intencionalmente orientadas por um viés estético.

Juízo estético em Immanuel Kant

O juízo é tratado por Kant (1724-1804) de três formas diferentes: juízo lógico-cognitivo, juízo moral e juízo estético (Kant, 2008). O juízo lógico-cognitivo está relacionado às capacidades intelectuais que nos permitem adquirir conhecimentos, compreender conceitos e fundamentar ideias e pensamentos sobre o que está ao nosso redor. O juízo moral é pautado no seguimento de regras e condutas baseadas em um conjunto de aprendizados adquiridos.

O juízo estético está associado às faculdades humanas da intuição e do sentimento mediante aos elementos ou objetos que trazem consigo alguma beleza. Por isso, funciona como intermediário entre o entendimento e a razão teórica, sendo considerado uma solução para a dicotomia existente entre os dois (Kant, 2008). Tratam-se, portanto, de três tipos de juízos distintos que englobam problemas diferentes. Um não possui supremacia sobre o outro. Na abordagem do filósofo, eles ocupam lugares distintos, sem interferências entre si.

Na “Crítica da Faculdade do Juízo”, Kant descreve o belo como tudo aquilo que apraz desinteressadamente, alcançando o ser humano não pela racionalidade, mas pela imaginação. Na visão do autor, é desinteressado porque não envolve nenhum desejo de possuir ou usar o objeto, não há a intenção de tirar algum proveito pessoal ou prático dele. Por exemplo, é o simples ato de admirar uma bela obra sem querer comprá-la. Chama atenção que, para Kant, o conceito de belo implica numa separação entre racionalidade e imaginação, contudo mesmo na imaginação há elementos de racionalidade, principalmente se considerarmos a imaginação científica.

O sublime, segundo Kant, é “aquilo em comparação com o qual tudo o mais é pequeno” (Kant, 2008, p. 49). Trata-se da sensação causada por fenômenos extraordinariamente grandiosos, que limita até mesmo a capacidade de julgamento estético. O sentimento do sublime chega a ser “violento para a faculdade da imaginação” (Kant, 2008, p. 46).

No entanto, Kant (2008) não objetivou uma filosofia diretamente voltada às artes do belo, mas a experiência estética do indivíduo frente ao objeto, resultando no juízo

estético. Assim, pode-se tomar como exemplo, a vivência de quando nossos olhos contemplam um jardim florido e bem cuidado. A beleza do jardim propriamente dita não é o objeto em questão, mas sim a experiência que essa beleza proporciona no ser humano. Isso se explica pelo fato de que o juízo de gosto é estético, não lógico e seu fundamento é subjetivo, significando que o caráter estético de uma dada representação diz respeito ao sujeito.

De forma análoga, o juízo de gosto emitido a respeito da química é subjetivo. Contudo, como mencionado anteriormente, no âmbito do conhecimento, a objetividade não se anula em detrimento da subjetividade, mesmo que esta última exerça o seu protagonismo. A ciência necessita que o sujeito recorra à sua objetividade, para que ocorra a construção de conhecimentos.

De acordo com Kant (2008), “gosto” é a faculdade de julgar um objeto ou representação através de satisfação ou insatisfação. O objeto que gera um sentimento de satisfação é denominado “belo”. O belo é fundamentado em um prazer contemplativo e livre de segundas intenções. Esse prazer, proveniente da contemplação do belo, difere do prazer associado ao que é considerado bom ou agradável. O bom envolve a participação de um conceito, ou seja, para dizer se algo é bom ou não, é necessário conhecê-lo e saber do que se trata. O bom é alvo de reconhecimento e valorização na cultura de uma sociedade. Já o agradável está relacionado à fruição, a plenitude e ao prazer sensorial. Segundo, Kant (2008), para que algo seja reconhecido como puramente belo é necessário que a contemplação seja totalmente livre de interesses.

“Pode-se dizer que, entre todos estes modos de complacência, única e exclusivamente o do gosto pelo belo é uma complacência desinteressada e livre” (Kant, 2008, p. 27). Para exercitar nossa compreensão, imaginemos um cesto repleto de frutas bem apresentadas e com aroma atraente. Nesse contexto, não podemos atribuir a esse cesto o conceito de belo, pois o desejo de comê-las é despertado. O processo de julgar e constatar algo como belo nem sempre é imediato, como ocorre com o que é agradável. Quando comemos uma das frutas do cesto, o paladar é imediatamente agrado, o que não requer grande diligência por parte das faculdades de julgamento. O juízo de gosto frente ao belo, é uma atividade que depende de recursos como a imaginação e o entendimento.

Para Kant (2008), há uma comunicabilidade no juízo do gosto que o torna universal. Isso se refere à possibilidade de indivíduos diferentes sentirem a mesma sensação de prazer, desde que ambos estejam no mesmo modo de receptividade, alcançando um denominador comum: “X é belo”.

O juízo estético é uma experiência em que uma resposta emocional e não-cognitiva surge ao intuir o objeto, construindo sensações e trazendo imagens, cheiros, sons e memórias à tona. O prazer decorrente do juízo de gosto necessita de representações baseadas na experiência ou na observação. Ocorre, então, uma interação entre imaginação e entendimento que faz com que o indivíduo sinta contentamento e satisfação, encontrando-se pleno. Isso gera um sentimento de fruição que, segundo Kant (2008), é a própria manifestação do belo.

A estética e a educação científica em Alfred North Whitehead

Embora Whitehead (1861-1947) não tenha publicado obras diretamente voltadas à estética, muitas de suas discussões são suficientemente pertinentes para orientar um pensamento aplicado ao juízo estético. Seus escritos demonstram sensibilidade em relação à beleza, ao processo criativo, às descobertas, à percepção, à experiência e à cultura, descrevendo esta última como “atividade do pensamento e receptividade à beleza” (Whitehead, 1929, p. 13).

Na concepção de Whitehead (1929), a cultura é um pensamento em constante atividade, sempre aberto às percepções de beleza e ao sentimento humano. É por meio dela que um profissional consegue ter autonomia para enfrentar as mais diversas e complexas situações de vida. Para que isso ocorra no âmbito educacional, é indispensável buscar mecanismos que impulsionam a liberdade nos processos educativos, evitando cada vez mais uma educação que desencoraja qualquer tipo de inovação, revolução ou reflexão, em que tudo é mantido em um estado de total inércia. O autor afirma que a mente humana não é um depósito de ideias “inertes” – aquelas que não são praticadas, utilizadas ou experienciadas. Nesse sentido, há um paradoxo entre dois elementos que conflitam: cultura e ideias inertes. Enquanto a cultura é atributo daqueles que mantêm o pensamento continuamente ativo, as ideias inertes, em oposição, contribuem para um pensamento que não progride.

Com base em Whitehead, compreendemos que o profissional que consegue desenvolver atributos e competências como sabedoria, valores, espírito inovador e investigativo, senso crítico e criatividade é aquele que, durante o processo formativo, realizou práticas habituais de apreensão estética. Isso permite ampliar seu campo de visão e assimilação diante de novos conhecimentos, além de exercitar sua capacidade de questionamento e análise.

O processo da educação, segundo Whitehead (1929), possui o seu próprio ritmo. Na música, o ritmo é fundamental, pois define a condução de uma canção, exercendo uma função crucial: a marcação do tempo. Analogamente, o ritmo que conduz a educação segue alinhado às etapas do desenvolvimento gradual por meio da aprendizagem. O autor parte da premissa de que é necessário exercitar diferentes modos de estudo no momento apropriado, estipulando, assim, ritmos na educação que são classificados em três estágios fundamentais: romance, precisão e generalização.

O primeiro estágio é o romance. Nomeação bastante oportuna, pois as emoções se fazem fortemente presentes no primeiro momento da experiência educacional. Esse momento é marcado por sensações de prazer, encanto e entusiasmo. Nessa etapa, a estética e a imaginação possibilitam a aquisição de novos conhecimentos, sendo esta última considerada por Whitehead (1929) um fator contribuinte para uma visão intelectual de um mundo novo. A associação entre imaginação e realidade é legitimada por ele, uma vez que o ato de imaginar é considerado uma forma de iluminar os fatos.

O estágio da precisão surge em contraste ao romance. Nele, o processo de sistematização das diferentes disciplinas, conteúdos, gramática e lógica geralmente substitui todo o frescor e fascínio da fase romântica. É o momento de adquirir domínios e habilidades dando continuidade e aperfeiçoamento aos conhecimentos obtidos na fase anterior. Tal etapa possui sua importância no processo educacional, porém, ao ser exercitada sem o incremento do romance, acaba demonstrando considerável deficiência, pois, como afirma Whitehead (1929), o aprendizado se resume apenas ao acúmulo de informações, ou seja, um foco na formação de ideias inertes.

Por último, chega-se ao estágio da generalização. Esse estágio pode ser descrito como uma junção entre romance e precisão, sendo o momento em que as facetas do romance ressurgem, agora acopladas a conhecimentos mais organizados e bem sintetizados. Para que a experiência educacional seja plena é crucial a união de todos os

três estágios da educação. O encantamento do romance, a meticulosidade da precisão e a completude do pensamento da generalização devem estar presentes nos três estágios rítmicos, dando maior sentido à formação.

A experiência estética se faz presente de forma muito marcante no romance e na generalização. Os conhecimentos vão sendo adquiridos a partir da participação ativa do juízo de valor, que todos são aptos a realizar. Esse juízo é moldado pela forma como cada indivíduo enxerga o mundo, o que depende do seu senso crítico e estético.

Para Whitehead, beleza e realidade estão conectadas: “na ausência de beleza, a verdade afunda na trivialidade. A verdade importa por causa da beleza” (Whitehead, 1933, p. 267). Do mesmo modo, a beleza não pode ser encarada como superficial, a ponto de ser resumida apenas a aparências, aspectos e formas físicas. Embora nos comunique fortemente sobre as interrelações dos diversos componentes da aparência, a beleza tem o poder de ir além disso, pois diz respeito às interrelações dos vários componentes da realidade. Nem mesmo o pensamento verbal é capaz de comunicar a verdade que reside na beleza.

Percurso metodológico

Para responder à pergunta da pesquisa: “Como a estética vem sendo abordada na química?”, optamos pela realização de um levantamento bibliográfico, de caráter exploratório, com foco em revistas voltadas à educação química em âmbito nacional. Dessa forma, selecionamos por meio da palavra-chave “estética”, 23 artigos publicados nas revistas: Química Nova na Escola (Qnesc), Química Nova (Q.N.), Revista Debates em Ensino de Química (REDEQUIM) e Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química (ReSBEnQ). De modo a ampliar a amostra, realizamos uma busca, usando as palavras-chave “*aesthetics*”, “*beauty of chemistry*” e “*beauty*” na revista *Journal of Chemical Education*, principal jornal de educação química no cenário internacional.

Com intuito de conectar filosofia à educação química, sabendo da incipiência de revistas voltadas à filosofia da química no cenário nacional, recorreremos a revista Hyle (*International Journal for Philosophy of Chemistry*), primeiro periódico a tratar especialmente de assuntos dessa área e a *Foundations of Chemistry*, revista tradicional destinada à química, que atua como um fórum interdisciplinar. Utilizamos o termo “*aesthetics*” como palavra-chave para a realização das buscas nos sites dos respectivos

periódicos e encontramos 10 artigos. Em seguida, realizamos a leitura das publicações na íntegra. Nos Quadros 1 e 2, estão dispostos os autores e títulos dos artigos.

Quadro 1 – *Estudos encontrados voltados à educação química.*

Autores (ano)	Título do estudo
Andrade e Francisco Junior (2024)	Poesia “comciência”: uma gota, o tempo, um químico “invisível” e um Machado
Benedetti Filho <i>et al.</i> (2019)	Um jogo didático para revisão de conceitos químicos e normas de segurança em laboratórios de química
Camargo <i>et al.</i> (2019)	Do ferreiro a magnetita: o vídeo educativo como alternativa para a implementação da Lei 10.639/03 ^a
Coleman (2004)	Sunscreens
Eichler <i>et al.</i> (2018)	Estética e ensinagem na perspectiva da físico-química
Galiazzi e Gonçalves (2004)	A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química
Gettys (1999)	Pushing the Rainbow: Frontiers in Color Chemistry; Light and Color in Chemistry
Harris (2006)	Elegant Solutions: Ten Beautiful Experiments in Chemistry
Klapper (1969)	Truth and Aesthetics in Chemistry
Lima <i>et al.</i> (2018)	Poemas no ensino de química: traçando rumos para um ensino associativo entre ciência e arte
Ling <i>et al.</i> (2020)	Integrating Aesthetics Education into Chemistry Education: Students Perceive, Appreciate, Explore, and Create the Beauty of Chemistry in Scientific Photography Activity
Mori (2018)	A psicologia da arte de Vigotski e algumas notas sobre o químico (e o) artista
Moura (2018)	Química & Arte: explorando caminhos criativos em um projeto com estudantes de ensino médio
Nonnenmacher <i>et al.</i> (2022)	Trilha do metano: uma proposta de jogo didático sobre saneamento básico e aproveitamento energético do esgoto sanitário para o ensino de química
Pagni (2006)	Synthetic World—Nature, Art and the Chemical Industry
Pinheiro e Soares (2018)	O jornal da química como etapa inicial de abordagem problematizadora: proposta para ensino e formação de professores
Pitombo e Lisbôa (2001)	Sobrevivência humana – um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no ensino médio
Spector (2003c)	Envisioning Science: The Design and Craft of the Science Image
Silva <i>et al.</i> (2006)	The Periodic Table: Contest and Exhibition
Silva <i>et al.</i> (2012)	A utilização de vídeos didáticos nas aulas de química do ensino médio para abordagem histórica e contextualizada do tema vidros
Solange e Cavalcanti (2018)	Supernova: um jogo didático que aborda a tabela periódica e os elementos químicos utilizando a astronomia

Sousa <i>et al.</i> (2023)	A filosofia na formação de professores de química em Minas Gerais: o que se mostra nos componentes curriculares de licenciaturas em química?
Toma (1997)	Ligação Química: abordagem clássica ou quântica?

Fonte: *Elaborado pelas autoras.*

Quadro 2 – *Artigos selecionados nas revistas Hyle e Foundations of Chemistry.*

Autores (ano)	Título do artigo
Fisher (2017)	Content, design, and representation in chemistry
Hoffmann (2003)	Thoughts on Aesthetics and Visualization in Chemistry
Kretzenbacher (2003)	The Aesthetics and Heuristics of Analogy Model and Metaphor in Chemical Communication
Laszlo (2003)	Foundations of Chemical Aesthetics
Marchese (2012)	Periodicity, visualization, and design
Root-Bernstein (2003)	Aesthetics and Visualization in Chemistry
Schummer (2003)	Aesthetics of Chemical Products Materials, Molecules, and Molecular Models
Schummer (2014)	Aesthetic values in chemistry
Schummer e Spector (2007)	The Visual Image of Chemistry Perspectives from the History of Art and Science
Spector (2003a)	The Molecular Aesthetics of Disease the Relationship of AIDS to the Scientific Imagination
Spector (2003b)	The Aesthetics of Molecular Representation: From the Empirical to the Constitutive

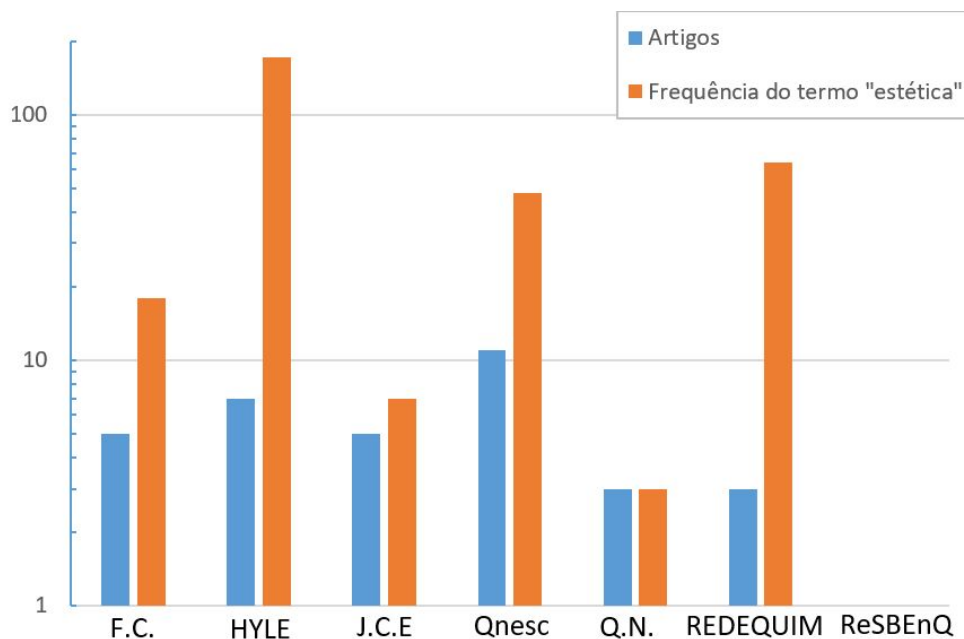
Fonte: *Elaborado pelas autoras.*

Para a análise do *corpus*, nos inspiramos em princípios da análise de conteúdo de Bardin (2011). Dessa forma, adotamos as etapas: a) exploração e categorização do material; b) tratamento e interpretação dos resultados. Nesse ínterim, as ideias centrais auxiliaram na etapa de categorização, emergindo assim as seguintes categorias: 1) A importância do juízo estético na química; 2) A experiência estética na comunicação e na linguagem química; 3) Juízo estético nas representações químicas; 4) Química e arte: uma via para a estética no ensino de química; 5) A percepção da beleza em propostas e práticas de ensino. A interpretação dos resultados se encontra a seguir.

Resultados e Discussão

O Gráfico (Figura 1) resume a quantidade de trabalhos encontrados que possuem alguma relação com a estética na química, abrangendo tanto a filosofia quanto a educação química na amostra analisada.

Figura 1 – Quantidade de artigos por revista e aparição do termo "aesthetics". Em azul, destacamos os artigos encontrados. Em laranja, a frequência com que o termo "estética" (em inglês e português) aparece nesses trabalhos.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Ainda que o número de artigos publicados nas revistas de educação seja maior, as contribuições no campo da filosofia são mais significativas, pois a estética é foco central nesses estudos. Ademais, é perceptível que há uma crescente preocupação em abordar a estética no ensino e aprendizagem de química nos últimos anos. Podemos inferir, com base na amostra, que apesar de a estética ocupar um lugar central como fundamento da produção do conhecimento químico, sua utilização no ensino tem ocorrido de forma instintiva e tácita no âmbito educacional.

Consideramos que a abordagem da estética entre os educadores deve ser repensada. Primeiramente, porque muitos deles têm uma noção de senso comum sobre a estética, limitando-a à aparência. Em segundo lugar, não é a beleza em si que deve ser o foco, mas o impacto que essa beleza causa nos estudantes. Ela os mobiliza para o aprendizado? Em que momento? Na realidade, muitos educadores não têm tido a

oportunidade de enxergar a estética sob outras perspectivas. Por essas razões, torna-se importante reforçar a necessidade de estabelecer um diálogo mais profícuo entre a filosofia e o ensino de química na formação de professores, de modo que a estética seja mais explorada de forma explícita e intencional, em todos os seus aspectos.

Da mesma forma, a ausência do termo “estética” em documentos curriculares relacionados às ciências da natureza (BNCC, DCNs) ratifica a incipiência de discussões de caráter filosófico nas propostas de ensino, o que também reforça a falta de diálogo entre a filosofia da química e o aparelho pedagógico da química, em consonância com Ribeiro (2014). Esse cenário nos leva a refletir sobre a urgência de construir um currículo que vá além dos interesses técnicos e práticos, atribuindo mais atenção aos aspectos que incentivam um olhar crítico e dialético sobre essa ciência (Habermas, 1982).

A importância do juízo estético na química

A química tem sido responsável por inúmeros avanços científicos e tecnológicos, contribuindo em diversos aspectos para a sociedade no decorrer da história. Nesse sentido, Schummer (2003) afirma que a estética desempenha um papel de grande relevância, podendo ser uma “força motriz” no desenvolvimento dessa ciência. O autor destaca o papel da cor, explorado por meio de pigmentos e corantes ao longo do tempo. Para ilustrar, ele destaca que o primeiro pigmento sintético à base de cobre (de cor azul) foi produzido por volta de 2650 a.C.

A produção de corantes, motivada pelo fascínio das pessoas pelas cores, foi um fator decisivo para o avanço da indústria química no século XIX, uma vez que propiciou significativa melhora no aspecto visual de diversos produtos, resultando em uma verdadeira “revolução estética” (Pagni, 2006; Schummer, 2003).

Outro exemplo da contribuição na estética na química é o plástico. Para os químicos, sem dúvida, é algo que revolucionou a história dos materiais. Schummer (2003) relata que o plástico surgiu, em muitos casos, substituindo os metais e a madeira que são considerados “naturais”. Isso deu início a uma espécie de confronto entre o natural e o sintético, resultando em um debate de valores também estéticos. A muitas pessoas não agrada nem um pouco a ideia de produtos artificiais substituindo materiais totalmente naturais, enquanto outras enxergam a síntese de materiais como o plástico com olhos

modernistas e futuristas. Esta última visão transparece uma perspectiva utópica de uma vida totalmente sustentada pela tecnologia e independente da natureza.

Para Laszlo (2003), a ideia do “natural como mais belo” sugere que tudo aquilo que é criado por Deus é superior ao que é criado pelo ser humano: o artificial. Porém, com o surgimento da alquimia, essa limitação foi substituída pelo desejo de emular as belezas da natureza por meio da química. Do mesmo modo, o autor argumenta que a ideia de que o “artificial é mais bonito” pode estar relacionada a determinadas circunstâncias em que o ser humano se coloca como o centro de tudo, considerando-se o *criador por excelência*. Laszlo considera perigoso o caminho de *idolatria do artificial*, que “leva a uma proliferação inescrupulosa de produtos químicos, que mais cedo ou mais tarde, vão poluir o meio ambiente” (Laszlo, 2003, p.15). Previsão essa que tem se confirmado. Ao mesmo tempo, podemos dizer que a química raramente é associada à beleza no imaginário social. Pelo contrário, à química é associada ao perigo e à toxicidade. Nesse contexto, é função do ensino fazer com que os alunos compreendam que a química se encontra também no “natural”.

Corantes, plásticos e uma infinidade de materiais são frutos da evolução da experimentação na química. De acordo com Schummer (2014), a estética exerce função intermediária na experimentação, moldando os estilos particulares sob a forma de virtudes experimentais. Muitas vezes, esses valores possibilitam o sucesso experimental, assumindo provisoriamente, mesmo que de início, um valor instrumental ou epistêmico. Segundo o autor, o sucesso dessa orientação estética a longo prazo pode levar à incorporação dos valores estéticos na metodologia padrão da disciplina, tornando-se assim valores instrumentais ou epistêmicos.

Sobre os valores instrumentais, Laszlo (2003) faz menção a uma superestimação de dados de natureza instrumental em detrimento de evidências e indicativos sensoriais. O autor reivindica que a química deixou de ser uma ciência que explora frequentemente as sensações humanas, se tornando uma ciência de espectros e cromatogramas, que também julgamos carregar um certo caráter estético.

Podemos afirmar que Laszlo (2003), de alguma forma, compartilha da visão de Kant ao valorizar a experiência proporcionada pelas sensações no prazer estético. O mesmo ocorre com Root-Bernstein (2003). Para ele, a química se traduz em beleza e elegância. Prazer emocional e sensual são sensações que podem descrever parte da

experiência com essa ciência. Tais adjetivos e sensações são ingredientes principais do *insight* e não produtos secundários na produção do conhecimento.

Os aspectos estéticos da química são a principal motivação para a pesquisa, pontua Root-Bernstein (2003). Nessa linha, o autor chama a atenção da comunidade para a necessidade de colocar em evidência a beleza da química: “precisamos promover esse belo rosto da ciência. A dimensão estética é o que torna a ciência valiosa, atraente e fornece a resistência emocional para realizar uma vida inteira de trabalho” (Root-Bernstein, 2003, p.47). Não podemos afirmar categoricamente que a estética seria o principal combustível para o empreendimento químico, embora certamente seja um fator de forte influência.

De modo mais amplo, preferências estéticas podem ter ascendência sobre escolhas teóricas. Nessa linha, Eichler et al. (2018), ancorados em trabalhos anteriores de Root-Bernstein, afirmam que a preferência por determinada teoria científica tem forte influência estética, assumindo um “viés conservador”, uma vez que a beleza e a elegância de uma teoria são julgadas pelo seu tempo de vigência.

A experiência estética na comunicação e na linguagem química

Os seres humanos, afirma Kretzenbacher (2003), utilizam a linguagem não apenas como meio de comunicação, mas também como um modelo para determinadas estratégias que fazem sentido tanto para si mesmos quanto para outros indivíduos, por meio de sistemas de signos. O autor pressupõe que certas ideias podem ser muito difíceis de comunicar e acabam exigindo o uso da linguagem na forma semiótica. Um exemplo disso é a analogia, uma das formas de semiose mais empregadas na explicação de conceitos científicos.

Segundo Kretzenbacher (2003), os químicos frequentemente lidam com representações na forma de abreviações, assim como fazem matemáticos e linguistas. O autor considera um “axioma semiótico” a ideia de que um signo só se pode ter valor significativo dentro de um sistema específico e determinado. A exemplo, tem-se as cores do semáforo. A luz vermelha do semáforo assume um significado específico dentro deste contexto, comunicando a ideia de “pare”, mesmo que uma luz vermelha possa assumir outros significados em diferentes situações.

Hoffmann (2003) se refere à chegada a esse processo da visualização como um corolário inevitável do movimento macro/micro. Com isso, as representações icônicas e simbólicas de moléculas vêm sendo usadas para intermediar a compreensão dos mais diversos fenômenos químicos. O autor defende o valor da comunicação na química com o auxílio do pensamento voltado à essência arquetônica das moléculas.

A prática de imaginar as estruturas moleculares com o intuito de construir uma representação nos impulsiona em direção à visualização. Com forte apelo estético, uma das formas de representar a relação macro-micro-linguagem na química se dá pelo Triângulo de Johnstone, que resume “os níveis de compreensão do conhecimento químico” (Bonfim, Amaral-Filho, 2018, p. 60).

Além dos aspectos visuais (que também incluem os processos imaginativos), a linguagem química também faz parte de sua estética. Regularidade, repetição, simetria, harmonia, estrutura e arquitetura são alguns exemplos. Os padrões de regularidade e a simetria são considerados objetos de fascínio para os químicos (Schummer, 2014). A simetria, além de remeter à perfeição, muitas vezes é considerada um fator decisivo na aparência das moléculas, pois possibilita encontrar explicações a respeito de diversas propriedades químicas, tais como quiralidade, estruturas eletrônicas e vibração molecular. Na simetria, encontramos uma associação entre beleza e utilidade. Ideia que difere da concepção de Kant, que afirma que o julgamento do belo deve ser desinteressado.

As metáforas, os modelos, as analogias e a escrita poética também são elementos constituintes da linguagem química e podem ser utilizados como instrumentos para aproximar os conhecimentos químicos dos modelos de realidade que habitualmente fazem parte do nosso universo, facilitando a compreensão dos fenômenos com o auxílio da imaginação e criatividade.

Os modelos são parte da evolução da química e têm sido marcantes na construção do conhecimento acerca da estrutura atômica. Nesse contexto, não podemos deixar de mencionar o modelo atômico de Dalton, comparado a uma “bola de bilhar”, o modelo atômico de “Thomson”, comparado a um “pudim de passas” e o modelo de Rutherford, comparado ao “sistema solar”. As analogias já são utilizadas desde muito tempo por grandes cientistas (Boltzmann, Kekulé, Maxwell e Lewis), como fontes heurísticas capazes de auxiliar na compreensão e comunicação de ideias e conceitos científicos.

Consideramos que, na visão kantiana, a linguagem constitui um meio para que as pessoas compartilhem suas experiências estéticas, uma vez que o filósofo assume que existe uma certa comunicabilidade nos julgamentos estéticos, apesar de apresentarem certa subjetividade, possibilitando que sejam universalizados. Por outro lado, Whitehead ancora a beleza em sentimentos profundos perante a realidade. Sentimentos esses que não podem ser expressos pela linguagem, visto que mesmo a verbalização é incapaz de transmitir as sensações provadas pela beleza.

Juízo estético nas representações químicas

A infinidade de representações visuais na química, como pontua Marchese (2012), indica a constante busca por uma organização coerente, completa e sistemática da informação química. O autor destaca a tabela periódica como exemplo mais utilizado para expor informações químicas, em virtude, entre outras razões, de seu design e usabilidade.

A estética das representações moleculares é tratada por Schummer (2014) como uma ferramenta que tem contribuído crescentemente para a popularização da química, tornando-a mais atraente para estudantes, profissionais e o público em geral. A diversidade das representações moleculares é também apontada pelo autor como um importante recurso visual que auxilia no empreendimento científico, desde a formulação de perguntas até a resolução de problemas, constantemente estimulados pelas experiências estéticas. Os campos da química supramolecular e da nanotecnologia molecular resultam do estímulo dessas experiências estéticas.

Hoffman (1991) afirma que diversas propriedades podem tornar uma molécula bonita e atrativa aos olhos dos químicos. O arranjo tridimensional de determinadas moléculas é desafiador, em termos de síntese e obtenção. Para ilustrar seu ponto, o autor cita três exemplos (Figura 2): 1) dodecaedro; 2) biciclo[3.3.3]undecano; 3) superfano. Essas três moléculas são simples e simétricas, no entanto, obtê-las é extremamente difícil.

Figura 2 – 1) *Dodecaedro*. 2) *biciclo[3.3.3]undecan*. 3) *superfano*.



Fonte: Hoffman (1991).

Devido às suas formas e simetria, muitas são as moléculas que geram encantamento, como os fulerenos, calixarenos e as moléculas da classe dos NanoPutians, que aproximam o trabalho dos químicos ao dos arquitetos (Mori, 2018). Essas características podem despertar nos alunos uma nova visão estética sobre o mundo (Toma, 1997). Além das formas das moléculas, Hoffman (1991) sugere que elas podem ser belas por causa de seus maravilhosos movimentos quantizados, sendo “verdadeiramente uma música tocada em tons, harmonias e sobretons que nossos [...] instrumentos de medição ouvem” (Hoffman, 1991, p. 201).

Fisher (2017) argumenta que na química, assim como na bioquímica, há muitos exemplos de pequenas mudanças em representações que afetam significativamente a transmissão de informações. Isso reflete justamente a prioridade cognitiva dessas áreas, expressa na determinação de quais informações devem estar presentes nas representações.

As formas moleculares simuladas do vírus HIV se tornaram objetos de pesquisa atrativos para os cientistas, o que resultou na busca por explicações para seus mecanismos patológicos, aponta Spector (2003a). Além disso, houve grande interesse pela estética dos modelos deste vírus e componentes moleculares envolvidos. O autor utiliza a expressão “elegância molecular e biomolecular” para definir mecanismos que envolvem representações estruturais de moléculas que provocam admiração. Essa sensação de admiração é explicada, segundo Spector (2003b), pela tendência do ser humano em desejar compreender a grandiosidade e complexidade da natureza, refletindo no que Kant chama de sublime.

Por uma questão também estética, os símbolos atômicos propostos por Dalton (1766-1844) não foram bem recebidos pela comunidade, embora se passe uma falsa impressão de que esses símbolos teriam sido aceitos pelos cientistas à época. Na realidade, apenas o químico Thomas Thomson (1773-1862) demonstrou estar de acordo com Dalton tanto no que diz respeito à sua teoria atômica, quanto à forma que propôs para representar os símbolos atômicos (Spector, 2003c).

Existe alguma beleza nas representações gráficas, porém essa beleza parece ser condicionada ao belo útil, afirma Laszlo (2003). Segundo ele, muitas das visualizações que os químicos usam para traduzir as entidades invisíveis podem ser traiçoeiras, devido a exageros nas simplificações, principalmente por desconsiderar características essenciais

das moléculas. Laszlo (2003) reforça a importância de se apreender a realidade química por meio de ferramentas sensoriais, colocando em posição de destaque a parte visual.

Química e arte: uma via para a estética no ensino de química

A abordagem da estética entre os educadores é marcada pela ligação entre química e arte, vista como uma forma de ampliar experiências e formas de pensar o mundo. Nessa linha, Eichler et al. (2018) reconhecem que a estética permite que os alunos compreendam como tem se dado o desenvolvimento da química. Faz parte disso entender que muitos cientistas comparam a química a uma arte.

No contexto educacional, destacamos o conceito de estética apresentado por Pitombo e Lisbôa (2001, p. 31) por se aproximar das visões de Kant e Whitehead: “sentir, reconhecer, diferenciar e julgar manifestações artísticas dentro do critério da beleza, variável através dos tempos e das culturas”. Da mesma forma, Mori (2018) salienta que o foco da beleza não está no objeto em si, mas na reação estética, fruto das emoções geradas pela apreciação estética, se aproximando das ideias de Kant. Na reação estética, conceito discutido por Vigotski, não há uma harmonia entre forma e conteúdo, como Kant e muitos acreditam, mas uma contradição dialética entre eles.

Schummer (2003) lista algumas características comuns entre química e arte: são frutos de atividades humanas e compreendidas como parte da cultura, envolvem criatividade e são dotadas de uma forte capacidade para gerar inovações, que são um sinal bastante favorável para o estabelecimento de um notório padrão de qualidade. Essas características também são enfatizadas por Moura (2018). Em contrapartida, Mori (2018) ressalta que apesar das semelhanças, química e arte possuem distinções. A exemplo, o autor relata que a estética é crucial na arte e a técnica secundária, enquanto na ciência ocorre o oposto. A recepção pública é distinta, com a arte visando um amplo público e a ciência necessitando de mediação do ensino e da divulgação científica para alcançar leigos.

Como potencialidades da articulação química-arte, tem-se: i) aproximar ciências exatas das humanidades; ii) gerar interesse pela química; iii) auxiliar na formulação e resolução de problemas; iv) estimular a criatividade e o pensamento crítico; v) possibilitar às pessoas uma combinação de vivências pessoais com a fruição de produtos culturais, ampliando suas percepções.

As abordagens que associam química e arte podem estimular discussões que entrelaçam química e estética. No ensino dessa ciência, as tradições históricas e estéticas têm sido negligenciadas (Sousa et al., 2019). Para Klapper (1969), a estética no ensino de química possibilita que os estudantes não se desenvolvem de maneira limitada, tendo apenas a concepção superficial do conhecimento científico.

A percepção da beleza em propostas e práticas de ensino

Na amostra analisada, poucos são os estudos voltados à sala de aula, que se subdividem entre propostas e práticas, disponibilizados no Quadro 3. Em nenhuma das práticas há um momento para discutir especificamente a estética. Do mesmo modo, a maioria dos estudos não apresenta aprofundamentos teóricos sobre a estética, com exceção das propostas de Andrade e Francisco Junior (2024) e Mori (2018), ambas ancoradas na Teoria Histórico-Cultural. Em consonância com a percepção de Whitehead, os autores indicam interseções entre linguagem e estética através de poemas, como formas de aprofundar a compreensão de conceitos científicos.

Refletindo a tendência geral da amostra, a relação entre química e arte, por meio da estética, é explorada na maioria dos trabalhos voltados à sala de aula. Em alguns de forma mais direta, como Andrade e Francisco Junior (2024), Mori (2018), Moura (2018) e Ling et al. (2020). Neles, diferentes recursos, como poesia, música, desenho, fotografia e teatro são apresentados como possibilidades para explorar, entre outras questões, a dimensão estética. Em outros, a relação é explorada indiretamente, como Camargo et al. (2019), Silva et al. (2012) e Solange e Cavalcanti (2023), em que a estética é utilizada como critério para elaboração e seleção de vídeos.

Quadro 3 – Propostas e práticas relacionadas com a estética no ensino de química.

Autor	Temática	Referencial	Recurso estético
<i>Propostas</i>			
Andrade e Francisco Junior (2024)	Química e poesia	Teoria histórico-cultural	Poesia
Camargo et al. (2019)	Forja do ferro	Educação para Relações étnico-raciais	Vídeos
Coleman (2004)	Protetores solar	Experimentação	Reações químicas
Mori (2018)	Química e arte	Teoria histórico-cultural	Poesia, música e pintura
Nonnenmacher et al. (2022)	Saneamento básico	Ludicidade	Jogo didático

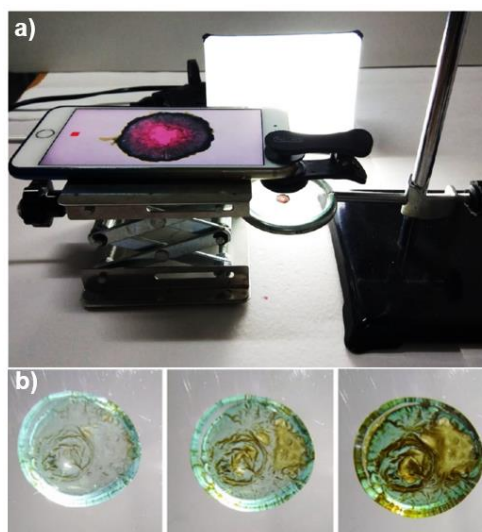
<i>Práticas</i>			
Benedetti Filho <i>et al.</i> (2020)	8 erros em um laboratório	Ludicidade	Jogo didático
Ling <i>et al.</i> (2020)	Fotografia científica	Experimentação	Fotografias de reações
Moura (2018)	Química e arte	História da ciência	Música, teatro e desenho
Pinheiro e Soares (2019)	Jornal da Química	Contextualização e interdisciplinaridade	Jornal
Silva <i>et al.</i> (2012)	Vidros	História da ciência	Vídeos
Solange e Cavalcanti (2023)	Astronomia	Ludicidade	Jogo didático

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A linguagem audiovisual, por sua natureza multimodal, não apenas atrai a atenção, mas também facilita a compreensão de conceitos complexos (Silva et al., 2012). Isso se alinha à ideia de que um ensino mais estético e sensorial pode ajudar a transformar a percepção dos alunos sobre a química, tornando-a mais acessível e relevante em suas vidas cotidianas.

Além de trabalharem na interseção química-arte, Ling et al. (2020) integram a experimentação em sua prática. A atividade, aplicada em todos os níveis de ensino, consiste em fotografar experimentos de reações de precipitação, utilizando um smartphone, de modo a promover uma combinação entre a investigação experimental e a criação artística. Essa atividade possibilita o estímulo da percepção da beleza da química além da apreciação. A partir de um olhar artístico, os estudantes podem compreender, apreciar e avaliar a beleza da reação obtida através do experimento, bem como explorar a compreensão do fenômeno químico, teorias e leis envolvidas. A Figura 3 exibe o dispositivo usado para a realização das fotografias e alguns dos resultados obtidos para uma reação de precipitação.

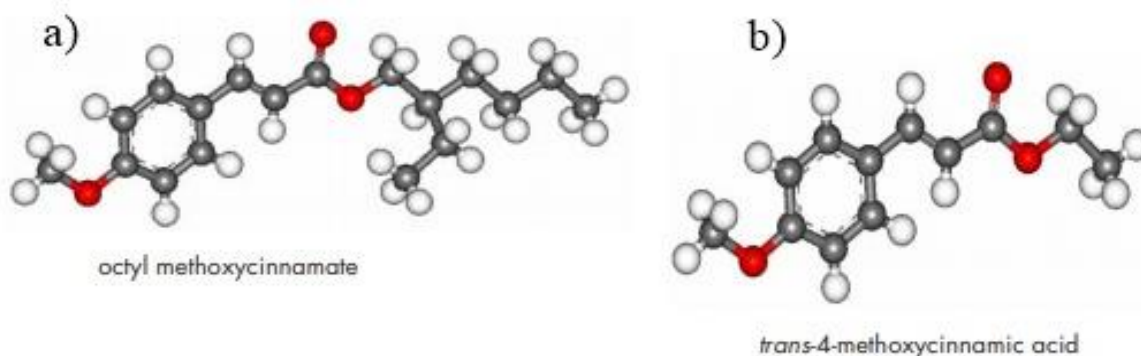
Figura 3 – a) dispositivo usado para fotografias em microescala; b) reação de precipitação da solução de sulfato ferroso e hidróxido de sódio. Imagem do mesmo experimento em três momentos diferentes.



Fonte: Ling et al. (2020).

Como proposta de experimento de apelo estético para o nível superior, Coleman (2014) sugere a síntese de ésteres de cinamato para a fabricação de produtos de proteção solar (Figura 4). Para expandir a discussão, tornando-a ainda mais produtiva, o autor propõe a inclusão de mais corantes deslocalizados. Gettys (1999) aponta a cor como uma ferramenta ideal para divulgação ao público, justamente por ser algo de fácil compreensão para a maioria das pessoas, enfatizando a importância de os educadores usarem itens como cor, luz e tecnologia a fim de proporcionar aulas mais interessantes e acessíveis aos alunos de química.

Figura 4 – a) Octil Metoxinamato, um dos filtros solares mais usados mundialmente. b) ácido *trans*-4-metoxinâmico, derivado de ácido cinâmico, utilizado para proteção da pele contra radiação UV-A e UV-B.



Fonte: Coleman (2004).

A estética é um elemento que pode ser integrado às atividades experimentais, segundo Galiuzzi e Gonçalves (2004). Contudo, os autores defendem veementemente a importância de agregar aspectos capazes de enriquecer sua abordagem, de modo a ir além da mágica, da beleza e do show.

Outra vinculação com a estética, mesmo que de maneira implícita, se dá por meio da ludicidade. Isso é corroborado por Benedetti et al. (2020), Nonnenmacher et al. (2022) e Solange e Cavalcanti (2023), ao afirmarem que a estética deve ser considerada para a elaboração de determinado jogo ou atividade lúdica. A confecção e a distribuição de um jornal sobre conhecimentos químicos, além de apresentar certo caráter lúdico, tem na estética um fator primordial, visto que ela pode influenciar na percepção negativa ou positiva do leitor sobre a publicação (Pinheiro & Soares, 2019). A importância dada à estética nesses exemplos reflete a concepção kantiana, que enfatiza as emoções resultantes da contemplação estética.

Considerações finais

A partir das reflexões aqui traçadas, podemos perceber que o juízo estético se faz presente no desenvolvimento da química. Dessa forma, sua influência é refletida na formulação de problemas, investigação, experimentação e preferências teóricas.

Repleta de aspectos visuais e linguísticos, a química pode ser associada à arte para explorar sua estética. Nesse contexto, destacamos as evidências de reação química (mudanças de coloração, formação de chamas, cristais, complexos e precipitados, liberação de gases), a harmoniosa organização da tabela periódica, a perfeição e simetria das moléculas, além das diversas formas de representações químicas (resultados de investigações, experimentações, criatividade e imaginação) com evidente apelo estético. Ainda, há certa beleza, não explorada na amostra analisada, em sistemas de atividades experimentais como destilações, extrações e técnicas de separação.

Vimos assim que, ao contrário do que é advogado por Kant, a beleza da química está mais centrada em seus objetos e símbolos do que na experiência que eles podem causar nos indivíduos. Ainda em dissonância com a ideia kantiana de admiração desinteressada, a estética na química está fortemente relacionada à utilidade de seus processos e produtos.

É frequente, na amostra analisada, um paralelo entre a linguagem química e sua beleza, reverberando a ideia de que o compartilhamento de experiências estéticas pode ser universalizado, conforme discutido por Kant. A concepção de Whitehead, em contraste, enfatiza que os intensos sentimentos provocados pela beleza não podem ser verbalizados.

De acordo com a amostra analisada, a preocupação com a estética vem ganhando espaço no ensino de química, mesmo que de forma tímida e tácita. A estética, enquanto elemento filosófico, pode ser abordada explicitamente na formação de professores, uma vez que, além de estreitar os enlaces entre filosofia e educação química, é capaz de promover o entendimento da química enquanto ciência, motivar os alunos, além de fomentar o pensamento crítico e criativo. Tomando como base as propostas e práticas analisadas, há várias formas de explorar a estética por meio de interseções com a química, tais como: ludicidade, experimentação, uso de vídeos, fotografias, poesia e jornalismo. Ainda, é possível notar que a estética é mais explorada nas fases de romantização e generalização, conforme Whitehead.

Esperamos que as discussões realizadas neste estudo impulsionem reflexões mais profundas sobre novas maneiras de ensinar e aprender química, buscando trazer abordagens que contribuam para o desenvolvimento de hábitos de apreensão estética.

Agradecimentos

As autoras agradecem profundamente ao professor Dr. Marcos Ribeiro e ao Grupo de Pesquisa Investigações em Filosofia, Química e Currículo pelo apoio e colaboração, essenciais para a realização desta pesquisa.

Referências

- Andrade, D. R., & Francisco Junior, W. E. (2024). Poesia “comciência”: uma gota, o tempo, um químico “invisível” e um Machado. *Química Nova na Escola*, 46(3), 166–175. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160369>
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Benedetti Filho, E., Cavagis, A. D. M., & Benedetti, L. P. S. (2019). Um jogo didático para revisão de conceitos químicos e normas de segurança em laboratórios de química. *Química Nova na Escola*, 42(1), p. 37–44. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160187>

- Bonfim, C. S., & Amaral-Filho, J. J. (2018). Explorando atividades lúdicas, experimentos e modelagem: solução para o ensino e aprendizagem de soluções? *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 2(2), 57–70.
<https://doi.org/10.30691/relus.v2i2.1500>
- Camargo, M. J. R., Vargas, R. N., Silva, J. R., Benite, C. R. M., & Benite, A. M. C. (2019). Do Ferro a Magnetita: o Vídeo Educativo como Alternativa para a Implementação da Lei 10.639/03^a. *Química Nova na Escola*, 41(3), p. 224–232.
<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160166>
- Carvalho, M. V. C. (2010). O surgimento da estética: algumas considerações sobre seu primeiro entrincheiramento dinâmico. *PAIDÉIA*, 7(9), 73-74.
- Coleman, W. F. (2004). Sunscreens. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1491.
<https://doi.org/10.1021/ed081p1819>
- Eichler, M. L., Eichler, T. Z. N., & Del Pino, J. C. (2018). Estética e ensinagem na perspectiva da físico-química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 174–93.
- Fisher, G. (2017). Content, design, and representation in chemistry. *Foundations of Chemistry*, 19(2), 17–28. <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9275-6>
- Galiazzi, M. do C., & Gonçalves, F. P. (2004). A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, 27(2)326-331.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>
- Gettys, N. C. (1999). Pushing the Rainbow: Frontiers in Color Chemistry; Light and Color in Chemistry- Report on Two American Chemical Society Presidential Events. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 737. <https://doi.org/10.1021/ed076p737>
- Habermas, I. (1982). Conhecimento e interesse. Rio de Janeiro: Zahar.
- Hoffmann, R. Molecular Beauty. (1991). *Interdisciplinary Science Reviews*, 4, 301–312.
<https://doi.org/10.1179/isr.1991.16.4.301>
- Hoffmann, R. (2003). Thoughts on Aesthetics and Visualization in Chemistry. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 7–10.
- Kant, I. (2008). *Crítica da Faculdade do Juízo* (1790). 2.^a Ed. (Valério Rohden e Antônio Marques, Trads.). Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Klapper, M. H. (1969). Truth and aesthetics in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 46(9), 577–579. <https://doi.org/10.1021/ed046p577>
- Kretzenbacher, H.L. (2003). The Aesthetics and Heuristics of Analogy: Model and Metaphor in Chemical Communication, *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(2), 191–218.
- Laszlo, P. (2003). Foundations of Chemical Aesthetics. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 11–32.
- Lima, N. P. M., Ferreira, G. W., Lupinetti, J. M., & Ramos, E. S. (2018). Poemas no ensino de química: traçando rumos para um ensino associativo entre ciência e arte. *Química Nova na Escola*, 44(4), 418–427. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160336>
-

- Ling, Y., Xiang, J., Chen, K., Zhang, J., & Ren, H. (2020). Integrating Aesthetics Education into Chemistry Education: Students Perceive, Appreciate, Explore, and Create the Beauty of Chemistry in Scientific Photography Activity. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 1–10. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00857>.
- Marchese, F. T. (2012). Periodicity, visualization, and design. *Foundations of Chemistry*, 15, 31–55. <https://doi.org/10.1007/s10698-012-9154-0>
- Mori, R. C. (2018). A Psicologia da Arte de Vigotski e Algumas Notas Sobre o Químico (e o) Artista. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 21–50.
- Moura, C. B. de. (2018). Química & Arte: Explorando Caminhos Criativos em um Projeto com Estudantes de Ensino Médio. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 118–132.
- Nonnenmacher, E. et al. (2023). Trilha do metano: uma proposta de jogo didático sobre saneamento básico e aproveitamento energético do esgoto sanitário para o ensino de química. *Quím. nova esc.*, 45(1)5-13. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160291>.
- Pagni, R. (2006). Synthetic World—Nature, Art and the Chemical Industry (Leslie, Esther). *Journal of Chemical Education*, 83(9), 1294. <https://doi.org/10.1021/ed083p1294>
- Pinheiro, R. S. G., & Soares, M. H. F. (2019). O jornal da química como etapa inicial de abordagem problematizadora: proposta para ensino e formação de professores. *Quím. nova esc.*, 41(2), 139–147. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160134>.
- Pitombo, L. R. M., & Lisbôa, J. C. F. (2001). Sobrevivência humana – um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no ensino médio. *Quím. nova esc.*, 14.
- Ribeiro, M. A. P. (2014). *Integração da Filosofia da Química no Currículo de Formação Inicial de Professores*. Contributos Para uma Filosofia do Ensino [Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa].
- Ribeiro, M. A. P. (2016). A emergência da Filosofia da Química como campo disciplinar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação Em Ciências*, 16(2), 215–236.
- Ribeiro, M. A. P. (2019). Whitehead e os elementos condicionantes de uma práxis pedagógica autêntica em ciências. *Scientia Naturalis*, 3(1), 309–325,
- Root-Bernstein, R. (2003). Sensual Chemistry: Aesthetics as a Motivation for Research, *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 33–50.
- Schummer, J. (2003). Aesthetics of Chemical Products. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 73-104.
- Schummer, J. (2014). Aesthetic Values in Chemistry. *Rendiconti Lincei*, 25, 317-325. <https://doi.org/10.1007/s12210-014-0306-0>
- Schummer, J., & Spector. T. (2007). The Visual Image of Chemistry: Perspectives from the History of Art and Science. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 13(1), 3–41.

- Silva, J. L. (2012). A utilização de vídeos didáticos nas aulas de química do ensino médio para abordagem histórica e contextualizada do tema vidros. *Quím. nova esc.*, 34(4), 89–200.
- Solange, M. S., & Cavalcanti, M. L. B. (2023). Supernova: um jogo didático que aborda a tabela periódica e os elementos químicos utilizando a astronomia. *Quím. nova esc.*, 45(3), 187-194. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160337>.
- Sousa, R. S., dos Santos, A. R., & Galiazzi, M. C. (2023). A filosofia na formação de professores de química em Minas Gerais: o que se mostra nos componentes curriculares de licenciaturas em química? *Quím. nova esc.*, 41(4), 399–413. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160181>.
- Spector, T. I. (2003a). The Molecular Aesthetics of Disease. The Relationship of AIDS to the Scientific Imagination. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 51–71.
- Spector (2003b). The Aesthetics of Molecular Representation: From the Empirical to the Constitutive. *Foundations of Chemistry*, 5(3), 215–236. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025692518934>.
- Spector (2003c). Envisioning Science: The Design and Craft of the Science Image (Frankel, Felice). *Journal of Chemical Education*, 80(3), 264.
- Toma, H. E. (1997). Ligação Química: abordagem clássica ou quântica? *Química Nova na Escola*, 6(2), 8–12.
- Whitehead, A. N. (1967). *The aims of education and other essays*. Nova York: Free Press
- Whitehead, A. N. (1933). *Adventures of ideas*. Nova York: Free Press.

Submetido em: 20/08/2024

Aceito em: 05/12/2024

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.