

## Ensino de Química: Por Um Enfoque Epistemológico e Argumentativo

**Renato J. Oliveira**

Este artigo focaliza a importância de um enfoque epistemológico e argumentativo no ensino médio de química. Parte das contribuições de Karl Popper e de Gaston Bachelard que, no século XX, teceram considerações relevantes para a construção do conhecimento nas ciências físicas. As duas abordagens defendem a concepção de racionalidade plural, não dogmática, considerada necessária ao desenvolvimento científico. Esse tipo de racionalidade é também defendido por Perelman e Olbrechts-Tyteca como pressuposto filosófico dos processos argumentativos. Os estudos feitos por esses dois filósofos vêm sendo focalizados por autores da área do ensino de ciências, que ressaltam a fecundidade de tais processos. Estes não são aqui apontados apenas como estratégias facilitadoras da aprendizagem, mas como finalidade própria de um ensino voltado para o redimensionamento da prática docente e para o desenvolvimento de uma visão crítica sobre a ciência química nos dias de hoje.

► epistemologia, argumentação, ensino de química ◀

Recebido em 04/02/2014, aceito em 13/12/2014

**N**os dias de hoje, o avanço tecnológico se incorpora cada vez mais rapidamente ao nosso cotidiano. Como a tecnologia que permite, por exemplo, produzir aparelhos eletrônicos sofisticados e materiais que buscam atender às mais diversas demandas do mundo atual só é possível graças aos notáveis avanços alcançados por ciências como a química e a física, parece paradoxal que na escola de ensino médio tais disciplinas sejam pouco atraentes para os estudantes.

Na condição de formador de professores em uma universidade pública, tenho há alguns anos me perguntado se o ensino de química e física se constitui em dor de cabeça para os docentes, sobretudo para os recém-formados, pois ouço frequentemente que mesmo quando os alunos demonstram ter domínio sobre os conteúdos ensinados, pouco sabem relacioná-los com o mundo em que vivem.

O problema não é novo. Lessa (1964) já apontava o descompasso existente nos anos 1960 no então ensino secundário brasileiro de física: os estudantes eram capazes

de discorrer com notável desenvoltura sobre o eletromagnetismo, mas desconheciam por completo o funcionamento de uma campainha. Hoje não é incomum encontrar alunos de química capazes de calcular com facilidade o tempo de meia vida do isótopo de um elemento radioativo qualquer sem, todavia, saber por que o enriquecimento do urânio é estratégico para a política energética de um país.

Considero que ensinar o estudante a repetir princípios e conceitos científicos e a aplicar corretamente fórmulas na resolução de exercícios corresponde a ministrar uma “ciência da escola” (Chassot, 2007, p. 29), que acaba por não lograr satisfatoriamente o objetivo de formar cidadãos capazes de fazer uma leitura científica crítica do mundo. Isso porque ter domínio instrumental sobre determinados conteúdos não implica ser capaz de compreender a

ciência como “linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural” (p. 30).

Buscar fazer com que estudantes do ensino médio se apropriem da linguagem por meio da qual a ciência química

*Considero que ensinar o estudante a repetir princípios e conceitos científicos e a aplicar corretamente fórmulas na resolução de exercícios corresponde a ministrar uma “ciência da escola” (Chassot, 2007, p. 29), que acaba por não lograr satisfatoriamente o objetivo de formar cidadãos capazes de fazer uma leitura científica crítica do mundo.*

interpreta o mundo e o transforma tem sido objeto de estudo de autores como Lopes (1997), Mortimer e Scott (2003), Fabião e Duarte (2006), Chassot (2007), Santos e Maldaner (2010), entre muitos outros. Neste artigo, pretendo mostrar que o objetivo acima buscado passa também por uma crítica epistemológica ao chamado realismo ingênuo (Bachelard, 1972; 1975; 1996) e à visão de ciência como produtora de conhecimentos verdadeiros (Popper, 1968). Articulando-se a essa crítica, situo a importância de desenvolver uma prática pedagógica argumentada, para a qual, as investigações de Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), no campo filosófico, e de autores como Rivelli (2012), Lemgruber e Oliveira (2011), Rocha (2007), Jimenez-Aleixandre e Bustamante (2003), no campo do ensino de ciências, são de grande valia.

### **No contexto da ciência, que tipo de racionalidade aborda melhor o real e o verdadeiro?**

Segundo Bachelard (1996), a ciência só mostra efetividade quando promove mudanças qualitativas na forma de pensar do indivíduo, que passa a ler a realidade de outra maneira. Um exemplo simples pode ser extraído do desenvolvimento das técnicas de iluminação. Durante milênios, o homem admitiu que, para produzir luz, era necessário queimar algum combustível. A lâmpada elétrica, no entanto, como destaca Bachelard (1975), desfaz essa convicção à medida que gera luz justamente porque o filamento não se queima. Sua construção só foi possível a partir da busca de um novo fundamento racional (a relação entre intensidade de corrente e resistência) que respondesse de modo diferenciado ao problema prático de como iluminar.

No exemplo citado, a relação causal entre queima e produção de luz, tomada como absoluta, fica relativizada. É próprio do realismo ingênuo ou realismo da experiência primeira (Bachelard, 1996) atribuir uma razão única, de caráter absoluto, às convicções formadas acerca do mundo com base no testemunho dos sentidos, entre os quais a visão se coloca como privilegiada. A serenidade da observação se faz acompanhar pela serenidade da razão, que não encontra motivos para questionar o que se apresenta como evidente. A ciência, contudo, “procura revirar os problemas, variá-los, ligar uns aos outros, fazê-los proliferar. Para ser racionalizada, a experiência precisa ser inserida num jogo de razões múltiplas” (p. 51).

A pluralidade da razão é, por sua vez, solidária dos poréns, aos quais não se dá maior atenção quando o ensino científico se desenvolve no âmbito de uma ciência da escola. No ensino de química, um caso típico é o da atomística. O

modelo quântico não é normalmente focalizado como representação à qual se confere maior credibilidade em relação a outras que a antecederam, mas como descrição fiel do átomo. O fato de esse modelo ser bem-sucedido quando se trata de representar o átomo de hidrogênio faz com que ele seja estendido, sem qualquer ressalva, para átomos polieletrônicos. A aproximação de Born-Oppenheimer (que subsidia tal extrapolação), embora seja útil, tem limitações no que tange ao tratamento matemático desses sistemas. Se isso não é mencionado, o mapa acaba sendo tomado pelo território, o que compromete a própria noção de modelo como recurso explicativo. Entretanto, no contexto do ensino de química, por que tal confusão é problemática?

Sabemos que a mecânica quântica foi construída para estudar os fenômenos do mundo submicroscópico. Para ela, modelos são formulados com base em tratamentos matemáticos que satisfaçam a exigências estabelecidas pela comunidade científica e não com base em imagens que convertam o infinitamente pequeno em objetos familiares ao olho humano. Tal familiaridade pode, inicialmente, até trazer algum conforto para a mente do aprendiz, mas ao fim e ao cabo, torna-se desestimulante por não aguçar o desejo de investigação: “a primeira impressão concreta é finalmente uma prisão, uma prisão estreita onde o espírito perde sua liberdade, onde a experiência se priva da extensão necessária ao conhecimento mais acurado da realidade” (Bachelard, 1972, p. 15).

Conhecer a realidade de modo mais acurado não implica o estabelecimento de enunciados verificáveis. Segundo Popper (1968), existe uma assimetria lógica entre a verificação de algo e seu falseamento, já que enunciados do tipo *todas as aves voam* não podem ser verificados, mas podem ser falseados por uma única observação que indique a existência de alguma ave que não voe. Em vista disso, as teorias científicas (tomadas como conjuntos de enunciados que se articulam para explicar fenômenos) não podem ser afirmadas como verdadeiras, contudo é possível submetê-las a testes que busquem refutá-las.

No caso de a teoria resistir às tentativas de refutação, diz-se que ela fica mais corroborada, isto é, torna-se mais confiável ou com maior poder heurístico. Sem dúvida, o critério popperiano pode sofrer perturbações no nível metodológico, pois é sempre possível questionar o teste que promoveu a refutação de uma teoria bem aceita, alegando que houve erros experimentais ou que a interpretação dos resultados obtidos não é conclusiva. Existe também o expediente de introduzir hipóteses *ad hoc*, destinadas a absorver os impactos gerados por resultados experimentais

**Conhecer a realidade de modo mais acurado não implica o estabelecimento de enunciados verificáveis. Segundo Popper (1968), existe uma assimetria lógica entre a verificação de algo e seu falseamento, já que enunciados do tipo *todas as aves voam* não podem ser verificados, mas podem ser falseados por uma única observação que indique a existência de alguma ave que não voe. Em vista disso, as teorias científicas (tomadas como conjuntos de enunciados que se articulam para explicar fenômenos) não podem ser afirmadas como verdadeiras, contudo é possível submetê-las a testes que busquem refutá-las.**

anômalos e, desse modo, preservar a teoria. Essa visão foi apresentada por Lakatos (1979) na crítica que fez ao refutacionismo popperiano.

Para evitar ou ao menos minimizar o emprego de tais expedientes, Popper (1968) propõe, contudo, que as teorias científicas atentem para o chamado princípio de economia: devem ser formuladas com base em enunciados claros, objetivos e o máximo possível isentos de ambiguidades. O autor reconhece, entretanto, que sendo a ciência uma linguagem que não pode desistir completamente de noções próprias da linguagem cotidiana, algum nível de ambiguidade sempre permanecerá.

Com relação à expectativa de que a ciência possa formular conhecimentos verdadeiros sobre a realidade, Popper (1968) opõe um racionalismo crítico, aberto, plural, que considera a verdade como horizonte balizador dos esforços cognoscentes humanos, sendo a tarefa destes a alcançar por aproximação à medida que as teorias formuladas logrem maior grau de comprovação. Assim sendo, não há como dizer, por exemplo, que a mecânica relativística proposta por Einstein descreva verdadeiramente os fenômenos físicos que ora explica. O que se pode afirmar é que se configura em aproximação muito mais satisfatória do que a mecânica de Newton quando se trata de investigar eventos que não se processam em escalas medianas de grandezas físicas. Fazendo suas as palavras do filósofo pré-socrático Xenófanes de Colofão (cerca de 570-528 a. C.), Popper (*apud* Magee, 1971, p. 78) assim sintetiza a visão epistemológica segundo a qual conhecer não é apropriar-se de verdades absolutas e eternas:

*Os deuses não revelaram inicialmente todas as coisas para nós; com o passar do tempo, porém, pela pesquisa, podemos saber mais acerca das coisas. Contudo, a verdade certa, jamais algum homem a conheceu, Nem virá a conhecer, tampouco os deuses, Nem mesmo acerca das coisas de que falo. Pois mesmo que, por acaso, viesse a dizer a verdade final, o próprio homem não o saberia: Pois tudo é somente de teia urdida de pressupostos.*

No que tange ao ensino, é importante mostrar aos alunos que a química, como aliás qualquer outra ciência, não desvela verdades, mas constrói conhecimentos acerca do mundo em que vivemos e do universo que nos cerca. As teorias e leis com que ela trabalha não são absolutas, constituindo-se em patamares provisórios que estimulam o pensamento a perguntar: parece ser assim, mas não poderia ser diferente?

Quando se depara com questões desse tipo, o professor experimenta certo desconforto porque, à primeira vista, elas podem estimular o estudante a desqualificar o conhecimento

químico socialmente legitimado, o que naturalmente não representa avanço pedagógico algum. Rivelli (2012) chama a atenção para o fato de que o modo como os alunos interpelem discursivamente os docentes provém das experiências cotidianas que vivenciam, as quais têm por suporte conhecimentos prévios que se afastam ou mesmo se chocam com conteúdos apresentados nas aulas.

Uma situação que ilustra esse fato foi presenciada por mim quando era estudante de licenciatura em química. Durante o acompanhamento de uma aula de laboratório, cujo propósito era mostrar que o aumento da superfície de contato aumenta

a velocidade das reações, um aluno não conseguiu admitir isso. A reação química escolhida foi a do zinco com uma solução de ácido clorídrico. O metal, na forma de pequenos grânulos e na forma de barra, foi colocado em contato com o ácido. No tubo de ensaio no qual foram postos os grânulos, foi observado, como era de se esperar, que a velocidade da reação (medida pela intensidade do desprendimento de gás hidrogênio) foi maior, contudo o aluno

não pôde aceitar que a superfície da barra fosse menor que a dos grânulos. A noção macroscópica de superfície, concebida como área visível, colocava-se como conhecimento prévio capaz de obstaculizar a compreensão de que, no nível atômico-molecular, a frequência das colisões (contato entre os reagentes) é maior quando o sólido está mais fragmentado.

Como lidar, então, com esse tipo de problema? O modo mais simples é recorrer ao chamado argumento de autoridade (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 2005), que normalmente afirma algo com o intuito de eliminar quaisquer dúvidas ou objeções. Tal argumento, seja ele a palavra do professor, a do livro didático ou ambas, é revestido de um “valor coercitivo, como se as autoridades invocadas houvessem sido infalíveis” (p. 348), o que pedagogicamente é ruim por não ensejar práticas dialógicas entre docentes e discentes.

Se o diálogo, no entanto, é considerado importante nos processos de aprendizagem, a apresentação de argumentos, que possam estimular a discussão ao invés de buscar encerrá-la, torna-se fundamental, conforme discutirei a seguir.

### **Argumentação no ensino de química: o que se pretende?**

A partir de estudos desenvolvidos entre 1950 e 1958, Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005) formularam uma teoria da argumentação cujo pressuposto filosófico principal é o recurso à racionalidade plural, que busca sustentar concepções acerca do mundo de modo consistente, porém não dogmático. Existe aí notável convergência com as concepções de racionalidade defendidas tanto por Bachelard quanto por Popper. Foram definidas, então, algumas categorias-chave como *orador*, *auditório* e *discurso*:

**No que tange ao ensino, é importante mostrar aos alunos que a química, como aliás qualquer outra ciência, não desvela verdades, mas constrói conhecimentos acerca do mundo em que vivemos e do universo que nos cerca. As teorias e leis com que ela trabalha não são absolutas, constituindo-se em patamares provisórios que estimulam o pensamento a perguntar: parece ser assim, mas não poderia ser diferente?**

[...] quando utilizarmos os termos “discurso”, “orador” e “auditório”, entenderemos com isso a argumentação, aquela que a apresenta e aqueles a quem ela se dirige, sem nos determos no fato de que se trata de uma apresentação pela palavra ou pela escrita, sem distinguir discurso em forma e expressão fragmentária do pensamento. (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 2005, p. 7)

Um aspecto importante a frisar, na abordagem desses autores, é que o auditório não corresponde a um público passivo, mas em instância que pondera sobre os argumentos apresentados pelo orador. A persuasão é o processo por meio do qual o orador ganha a adesão do auditório visado, mas esta não ocorre, conforme é salientado, de forma incondicional e homogênea. Isso porque quem argumenta o faz normalmente com base em valores (morais, estéticos, políticos, científicos etc.) tomados como objetos de acordo inicialmente aceitos, mas que podem se alterar no curso da própria argumentação:

*Estar de acordo acerca de um valor é admitir que um objeto, um ser ou um ideal deve exercer sobre a ação e às disposições à ação uma influência determinada, que se pode alegar numa argumentação, sem se considerar, porém, que esse ponto de vista se impõe a todos. A existência dos valores, como objetos de acordo que possibilitam uma comunhão sobre modos particulares de agir, é vinculada à multiplicidade dos grupos.* (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 2005, p. 84)

Para que um discurso tenha poder de persuasão, é necessário atentar para as técnicas argumentativas que emprega. O estudo minucioso destas, feito por Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), não cabe ser apresentado no presente artigo, contudo vale mencionar que são divididas em dois grupos: o das técnicas de ligação e o das de dissociação. No primeiro caso, o orador tem por objetivo aproximar elementos que considera separados ou dispersos, chamando a atenção do auditório para relações (ligações) que este talvez não estabeleça diretamente. No segundo, determinada noção é desmembrada com o propósito de mostrar que não é adequada e, por isso, leva a conclusões errôneas ou inconsistentes acerca do tema focalizado.

Como exemplo do primeiro tipo de técnica, pode-se citar o argumento de reciprocidade, cuja estrutura básica é: o que é aplicável a **m** é também aplicável a **n**. Assim, o que é louvável ensinar é também louvável de aprender. Outro exemplo é o argumento de autoridade, comentado no tópico anterior, cujo emprego invoca algum tipo de relação hierárquica (líder/liderado, professor/aluno etc.) que o auditório geralmente não questiona.

Com respeito às técnicas de dissociação, cabe destacar que a referência básica é o par filosófico (Perelman; Olbrechts-Tyteca, 2005) aparência/realidade. Uma noção **x**,

digamos educação, pode ser dissociada em aparente (à qual se atribuem determinados aspectos) e real (à qual se atribuem outros bem diferentes), de modo a persuadir o auditório de que aquilo que é admitido como realidade tem maior valor em relação ao que consiste tão somente em aparência. As duas técnicas possuem caráter complementar, de maneira que o orador dificilmente emprega apenas uma delas no transcorrer do discurso. Vale dizer ainda que, com respeito às abordagens epistemológicas aqui referidas, defendo, com apoio em Bachelard, que a compreensão da realidade proporcionada pelas primeiras observações e experiências com o mundo é ingênua, portanto aparente quando confrontada com concepções que exigem da razão maior esforço de abstração no processo de conhecimento.

Embora Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005) tenham apontado a relevância dos processos argumentativos em muitas áreas do conhecimento, tais como a filosofia, o direito, as ciências sociais, entre outras, não se detiveram a investigar como podem contribuir para a melhoria da educação escolar. Para os autores, o professor se constitui em um tipo de orador privilegiado, que não precisa ganhar a adesão de seu auditório porque a instituição escolar já lhe garante o prestígio necessário ao trabalho, que pode se limitar à exposição dos conhecimentos relativos à sua disciplina sem necessidade de argumentação.

Tal visão, de certo modo aceitável em uma época na qual a palavra do professor, como argumento de autoridade, podia ser considerada inquestionável, não cabe, entretanto, nos dias atuais. Sobre isso, Lemgruber e Oliveira (2011) assinalam que os alunos de hoje, em seu processo formativo, são fortemente influenciados por oradores como a família, o grupo religioso e/ou os espaços recreativos que frequentam. Esses autores perguntam então: “Como garantir, *a priori*, que a orientação escolar será a escolhida? Quem – o professor, o líder comunitário, o ídolo do futebol, ou mesmo o traficante – fornecerá o modelo de conduta a ser adotado?” (Lemgruber; Oliveira, 2011, p. 39).

Em face dessa questão, fica claro que se o docente não atentar para a importância dos discursos que disputam, com o seu próprio discurso, a adesão dos alunos, dificilmente terá êxito na tarefa de ensinar os conteúdos da disciplina que ministra. Lemgruber e Oliveira (2011) chamam, então, a atenção para o fato de que a racionalidade dialógica se opõe a uma visão educacional clássica que se ancora na transmissão/recepção de conhecimentos, a qual tende a converter os estudantes em tábuas rasas. Concordam, portanto, com Freire (1987), quando denomina esse tipo de educação de *educação bancária*. Tal metáfora freireana é, sem dúvida, rica por expressar o quanto o *depósito* mecânico de conteúdos torna a mente do aluno acrílica e passiva, desestimulando o interesse pela investigação e travando seu raciocínio.

Jimenez-Aleixandre e Bustamante (2003) destacam, por sua vez, a relação de reciprocidade existente entre a capacidade argumentativa e o raciocínio. Para eles, raciocinar

**Para que um discurso tenha poder de persuasão, é necessário atentar para as técnicas argumentativas que emprega.**

nada mais é do que promover um diálogo consigo mesmo, que pode ser chamado *discurso interior*, o qual confronta conceitos abstratos com a experiência empírica e concreta, não importando que nesse processo tal discurso inicialmente se mostre incorreto do ponto de vista do conhecimento socialmente legitimado:

*Ainda que a lógica formal possa ser usada para representar ou analisar o conhecimento estabelecido, não é um meio adequado para interpretar o discurso nas situações em que se está produzindo conhecimento novo. No discurso espontâneo, em situações, por exemplo, em que se está resolvendo um problema na classe de Ciências ou no laboratório, podem ser formulados enunciados que não são totalmente corretos ou que inclusive são falsos pelo prisma da lógica formal, mas que ao mesmo tempo configuram passos frutíferos na construção do conhecimento.* (Jimenez-Aleixandre; Bustamante, 2003, p. 3)

Nessa perspectiva, as práticas dialógicas e argumentativas merecem ser vistas como algo que vai além de uma simples estratégia pedagógica facilitadora da aprendizagem. É claro que conteúdos considerados pelos alunos como incompreensíveis não despertarão interesse, portanto, empregar recursos didáticos que facilitem sua abordagem é importante. No entanto, é preciso mais. Quando argumenta, o professor pode se deparar com situações que o levem a perceber o que muitas vezes não é percebido: as razões pelas quais o estudante não compreende os assuntos focalizados.

A não percepção da incompreensão discente constitui o que Bachelard (1996) chama de *obstáculo pedagógico* e sua superação se coloca como necessidade quando o que está em jogo é proporcionar aos discentes a aquisição efetiva de conhecimentos e não apenas o domínio instrumental destes. Ao não atentar para esse tipo de obstáculo, o docente tece um discurso que ao fim e ao cabo se acha voltado para ele mesmo e não para o auditório ao qual se dirige. Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005) salientam que não considerar o auditório, suas aspirações, resistências e interesses, é um dos principais erros de qualquer orador. Como, então, evitá-lo?

Um dos meios de desenvolver processos argumentativos no ensino das diferentes ciências é, como tem sido bastante estudado, o emprego de analogias. Cachapuz (1989), Fabião e Duarte (2006), Rocha (2007), Justi e Mendonça (2008), Rivelli (2012), entre outros, têm trazido importantes contribuições quanto a isso, contudo ultrapassa os limites deste trabalho examinar os pontos de contato e as divergências entre tais abordagens. De todo modo, considero oportuno mencionar que Rocha (2007) e Rivelli (2012) desenvolveram seus estudos com suporte em Perelman e Olbrechts-Tyteca e

**A não percepção da incompreensão discente constitui o que Bachelard (1996) chama de *obstáculo pedagógico* e sua superação se coloca como necessidade quando o que está em jogo é proporcionar aos discentes a aquisição efetiva de conhecimentos e não apenas o domínio instrumental destes.**

em Bachelard, autores que também tomo como referências.

Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005) classificam as analogias como argumentos que pertencem ao grupo das técnicas de ligação, enquadrando-as no subgrupo dos argumentos que fundamentam a estrutura do real. Tais argumentos são assim denominados porque dão fundamento a conhecimentos novos a partir de conhecimentos já existentes. No caso das analogias, geralmente o que já é conhecido constitui o foro (termos C e D), que dá sustentação ao tema (termos A e B) pelo fato de o orador invocar relações de similitude entre ambos. O esquema básico de uma analogia é: C está para D assim como A está para B.

Bachelard (1996), por sua vez, vê com muitas ressalvas o emprego de analogias, assim como de metáforas no ensino das ciências, pois considera que retêm o pensamento do estudante no nível do concreto, obstaculizando o aprendizado dos conceitos abstratos que buscam explicar. Não obstante, ressalta que existem *boas* e *más* analogias, sendo as primeiras úteis aos propósitos pedagógicos. Partindo dessa diferenciação, empregarei os termos *adequada* e *inadequada* para me referir às analogias que podem, no primeiro caso, contribuir para o ensino de química (assim como para o de outras ciências) e que, no segundo, devem ser evitadas.

Para ilustrar o que foi dito, remeto-me inicialmente a uma analogia apontada por Rocha (2007) para o ensino de cinética química. Tomando-se uma reação em etapas, é possível usar como foro a velocidade de atendimento na fila de um restaurante tipo bandejão e, como tema, a velocidade da reação. A velocidade do atendimento prestado

pelos restaurantes pode ser medida pelo número de pessoas servidas por minuto, como a velocidade da reação, em mols por minuto. Se cada um dos funcionários que coloca comida servir vinte pessoas nessa unidade de tempo, a fila do bandejão se deslocará com a velocidade de 20 pessoas/min. Entretanto, se um dos colocadores só conseguir servir 5 pessoas/min,

a fila do bandejão caminhará com essa velocidade, não importando que os outros sejam mais rápidos, pois terão que esperar pelo serviço do mais lento. Analogamente, se uma reação química possuir uma etapa mais lenta que as demais, esta controlará a velocidade do processo. Esquemáticamente, tem-se que: a velocidade do funcionário mais lento (C) está para a velocidade do processo de atendimento (D) assim como a velocidade da etapa mais lenta (A) está para a velocidade da reação (B).

A adequação dessa analogia reside, sobretudo, no fato de que tanto no foro quanto no tema a noção central é a de velocidade, expressa pela razão com que os diferentes eventos se processam na unidade de tempo escolhida. Não há referência a noções auxiliares que possam, como frisa Bachelard (1996), fazer com que o pensamento do estudante se desvie do foco pedagógico (no exemplo citado, compreender que

a etapa lenta controla a velocidade da reação), substituindo a aprendizagem dos conceitos abstratos por imagens simplificadas e grosseiras destes. Isso, no entanto, é passível de ocorrer quando são empregadas as analogias inadequadas, conforme comentarei a seguir.

Segundo presenciei, ainda na condição de estudante de licenciatura em química que acompanhava uma aula introdutória sobre o tema ligações iônicas *versus* ligações covalentes, foi empregada uma analogia na qual o foro fazia distinções entre o casamento por amor e o casamento por conveniência. No primeiro caso, a ligação entre as pessoas seria mais forte porque cada um dos cônjuges estaria fortemente atraído pelo outro; já no segundo, a ligação seria mais fraca porque haveria apenas a conciliação de interesses. A partir dos estudos sobre argumentação que venho realizando, posso dizer que o esquema analógico foi o seguinte: o tipo de casamento, por amor ou por conveniência (C), está para a força da ligação conjugal (D) assim como o tipo de ligação, iônica ou covalente (A), está para a força de ligação química (B). A atração eletrostática, nas ligações iônicas, foi então apresentada como análoga da atração passional, enquanto o compartilhamento de elétrons, nas ligações covalentes, como análogo da conciliação de interesses.

O inconveniente de uma analogia desse tipo, além da forte conotação animista, é fixar a atenção do estudante em noções auxiliares como amor, conveniência e conciliação de interesses, as quais podem motivar inúmeras discussões paralelas, perdendo-se então o foco pedagógico buscado: comparar genericamente a força de diferentes tipos de ligação química. Poder-se-ia objetar que sendo uma aula introdutória, a posterior inserção de conceitos mais aprofundados como os de energia de ligação, eletronegatividade, afinidade eletrônica e percentual de caráter iônico viria a compensar a ligeireza da abordagem analógica inicial, empregada como estratégia argumentativa para despertar o interesse dos alunos por meio de um primeiro contato, uma primeira experiência familiar com o desconhecido que se deseja focalizar. Contra essa visão, Bachelard (1996, p. 29) adverte:

*Na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pôde intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura. [...] desejamos, desde já, mostrar nossa nítida oposição a essa filosofia que se apóia no sensualismo mais ou menos declarado, mais ou menos romanceado, e que afirma receber suas lições diretamente do dado claro, nítido, seguro,*

*constante, sempre ao alcance do espírito totalmente aberto.*

Seria importante perguntar ao professor que empregou a referida analogia, caso não tivesse falecido, se os resultados pedagógicos por ele alcançados justificaram e ainda hoje justificariam seu uso. No meu entendimento, cultivar um espírito aberto que fomente discussões não implica deixar que estas girem em torno de quaisquer aspectos, como é próprio e muitas vezes oportuno, nas discussões sobre temas da vida cotidiana. A finalidade maior dos procedimentos argumentativos se concretiza justamente quando eles levam professores e alunos a refletir sobre os próprios pensamentos e convicções. No primeiro caso, revendo as ações educativas de modo a enfrentar sem receios os obstáculos pedagógicos; no segundo, encarando o conhecimento químico como construção humana importante para o desenvolvimento de uma visão mais alargada do mundo que se busca compreender e transformar.

### Considerações finais

Neste artigo, procurei mostrar que um enfoque epistemológico e argumentativo pode trazer contribuições relevantes para o ensino de química no nível médio. Sem dúvida, o campo da epistemologia das ciências físicas é bastante amplo e cercado por polêmicas desenvolvidas a partir de abordagens divergentes, portanto, ao me reportar a Bachelard e a Popper, não tive a intenção de esgotar, mas, ao contrário, de alimentar um debate que ganhou corpo no cenário educacional brasileiro a partir dos anos 1980.

Os dois epistemólogos focalizados têm em comum a valorização de uma racionalidade aberta, a qual se coloca como crítica das visões que abraçam concepções da realidade ancoradas em conhecimentos científicos que não aceitam ser submetidos a testes que possam refutá-los (Popper) ou em concepções que se aferram às aparências, configurando o que Bachelard chamou de realismo ingênuo. Na visão popperiana, destaca-se ainda o afastamento das concepções que entendem ser o discurso científico a descrição de um algo absolutamente verdadeiro que cabe aos homens de ciência encontrar. A estes, compete urdir a teia de pressupostos na perspectiva de buscar a maior aproximação possível do que metafisicamente representaria as verdades de conhecimento, sem, no entanto, confiar cegamente que sejam definitivas.

Bachelard, por seu lado, além de combater a racionalidade dogmática, mostrou-se particularmente preocupado com o ensino de ciências como a química e a física, destacando a importância de o estudante superar determinados desafios que se colocam no caminho da aprendizagem. Como a

superação deles não é trabalho passível de ser conduzido unilateralmente, a pedagogia bachelardiana chama a atenção para o papel do professor, que tem diante de si a tarefa de superar o obstáculo pedagógico, o qual o impede de compreender porque o aluno não compreende o que é ensinado.

Perelman e Olbrechts-Tyteca, adeptos como Bachelard e Popper, de uma racionalidade plural e não dogmática, embora não tenham abordado os fenômenos educativos, desenvolveram estudos que se colocam como referência para os educadores que defendem a adoção de práticas dialógicas e argumentativas. Trabalhando nessa perspectiva e tendo focalizado particularmente o ensino científico, Rivelli (2012), Lemgruber e Oliveira (2011), Rocha (2007), Jimenez-Aleixandre e Bustamante (2003) fornecem suportes consistentes para que a argumentação seja considerada não apenas uma estratégia facilitadora da aprendizagem, mas

prática humano-social, cuja finalidade maior é fazer com que orador e auditório reflitam, vindo a redimensionar, quando necessário, as visões de como ensinam química, por um lado, e de por que a aprendem, por outro.

Para usar uma metáfora, recurso argumentativo que, a exemplo das analogias, fundamenta estruturas do real pensado e vivido pelos homens, as situações de ensino aqui focalizadas são apenas a ponta de um grande iceberg. Este coloca para mim o desafio de, como formador de professores, compartilhar inquietações vivenciadas e reflexões tecidas ao longo de alguns anos, as quais poderão gerar, espero, novas perplexidades, ponderações e perguntas.

---

**Renato J. Oliveira** (rj-oliveira1958@uol.com.br), licenciatura plena em Química pela UERJ, é doutor em Educação pela PUC-RJ. Rio de Janeiro, RJ – BR.

## Referências

BACHELARD, G. *L'engagement rationaliste*. Paris: Presses Universitaires de France, 1972.

\_\_\_\_\_. *Le rationalisme appliqué*. Paris: Presses Universitaires de France, 1975.

\_\_\_\_\_. *A formação do espírito científico*. Trad. E.S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

CACHAPUZ, A. Linguagem metafórica e o ensino das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 2, n. 3, p. 117-129, 1989.

CHASSOT, A. *Educação conCiência*. 2. ed. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2007.

FABIÃO, L.M.; DUARTE, M.C. As analogias no ensino de química: um estudo do tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. In: NARD, R.; ALMEIDA, M.J.P.M. *Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência: a sala de aula em estudo*. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 29-44.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 28. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P.; BUSTAMANTE, J.D. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P.C.C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. *Educación Química*, v. 1, p. 24-29, 2008.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. Trad. O.M. Cajado. São Paulo: Cultrix, 1979, p. 109-243.

LEMGRUBER, M.S.; OLIVEIRA, R.J. Argumentação e educação: da ágora às nuvens. In: \_\_\_\_\_. (Orgs.). *Teoria da argumentação e educação*. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2011, p. 23-56.

LESSA, G. O ensino de ciências no secundário. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 41, n. 94, p. 252-259, 1964.

LOPES, A.R.C. Conhecimento escolar em química - processo de mediação didática da ciência. *Química Nova*, v. 20, p. 563-568, 1997.

MAGEE, B. (Org.). *Modern British philosophy*. London: Secker & Warburg, 1971.

MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press, 2003.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. *Tratado da argumentação: a nova retórica*. 2. ed. Trad. M.E.G. Pereira. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

POPPER, K.R. *The logic of scientific discovery*. 2. ed. London: Hutchinson, 1968.

RIVELLI, H. *Argumentação no ensino de ciências: o uso de analogias como recurso para a construção do conhecimento*. 2012. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

ROCHA, A.A.N. *Metáforas-andaime: as analogias como recurso argumentativo no ensino de química – uma perspectiva perelmaniana*. 2007. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

SANTOS, W.L.P.; MALDANER, O.A. *Ensino de química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

## Para saber mais

BULCÃO, M. *O racionalismo da ciência contemporânea*. Uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard. Rio de Janeiro: Antares, 1981.

MAGEE, B. *As ideias de Popper*. Trad. L. Hegenberg e O.S. da Mota. São Paulo: Cultrix, 1974.

**Abstract:** *Chemistry Education: an epistemological and argumentative approach.* This article focuses the importance of an epistemological and argumentative approach in high school chemistry. It first discusses the contributions of Karl Popper and of Gaston Bachelard, who in the 20th century made relevant considerations for the construction of knowledge in the physical sciences. Both approaches defend the conception of pluralistic rationality, not dogmatic, which is considered as necessary for scientific development. This kind of rationality is also defended by Perelman and Olbrechts-Tyteca as a philosophical assumption of the argumentative processes. The studies done by these two philosophers are being focused by authors of science education, which highlight the fruitfulness of such processes. These are not here pointed only as facilitators of learning strategies, but as the purpose of an education geared to the resizing of the teaching practice and the development of a critical view about chemical science these days.

**Keywords:** epistemology, argument, chemistry education.