

# Conjugando Modelagem e Analogia no Ensino de Equilíbrio Químico

## Combining Modelling and Analogy in the Teaching of Chemical Equilibrium

**Thais Alves Silva**

Universidade Federal de Ouro Preto  
thaisalves\_14@hotmail.com

**Nilmara Braga Mozzer**

Universidade Federal de Ouro Preto  
nilmarab@iceb.ufop.br

### Resumo

Neste trabalho analisamos as possíveis contribuições de uma sequência didática que conjuga ensino fundamentado em modelagem a partir da perspectiva de Justi e Gilbert (2002) e analogia na aprendizagem dos aspectos de reversibilidade, coexistência de reagentes e produtos e dinamicidade do equilíbrio químico. A aplicação dessa sequência foi realizada em escala piloto, sendo nossa amostra constituída de um graduando da área de Ciências Sociais e Aplicadas. Nossos resultados evidenciam que, ao ser inserido no processo de elaboração, crítica e reformulação de suas analogias, o aluno melhorou a compreensão de alguns dos aspectos que caracterizam o estado de equilíbrio químico de um sistema. Embora as atividades tenham se demonstrado favoráveis à aprendizagem da temática, apontamos para a necessidade de: solicitações explícitas de elaboração de representações no nível submicroscópico; auxílios constantes fornecidos pelo tutor ao aluno neste processo; discussões sobre esse tipo de atividade na formação de professores.

**Palavras chave:** modelagem, analogia e equilíbrio químico.

### Abstract

In this study, we have analyzed the possible contributions from a didactic sequence which combines teaching based on modeling from the perspective of Justi and Gilbert (2002) and analogy in the learning of aspects of reversibility, the coexistence of reactants and products and the dynamism of chemical equilibrium. This sequence was carried out on a pilot scale, and our sample was made up of one college student majoring in Applied Social Sciences. Our results showed evidence that, as he participated in the process of drawing up, reviewing and reformulating his own analogies, the student improved his understanding of aspects, which characterize the chemical equilibrium state of a system. Although the activities have shown themselves to be favorable to thematic learning, it

points out the need for: explicit requests in drawing up representations at the submicroscopic level; constant aid be given to the student by the tutor during this process; discussions about this type of activity in teacher training courses.

**Keywords:** modelling, analogy and chemical equilibrium.

## Introdução

As analogias são importantes instrumentos de comparação que visam estabelecer *relações* entre um domínio familiar, o *domínio análogo* (GLYNN, 1991) e um outro desconhecido chamado de *domínio alvo* (GENTNER, 1989).

De acordo com Gentner (1989), é necessário fazer a distinção entre as analogias e as demais comparações. Como discutido, as *analogias* são comparações a partir das quais são estabelecidas relações entre os domínios análogo e alvo. Comparações do tipo *similaridade literal* são aquelas em que se estabelecem correspondências de atributos de objetos<sup>1</sup> e de relações; já nas comparações de *mera aparência* são estabelecidas correspondências apenas de atributos de objetos.

Por sua natureza relacional, as analogias podem desempenhar dois papéis principais no ensino de Ciências: funcionar como ferramentas que mediam a transposição didática do conhecimento científico para o curricular (modelos de ensino); auxiliar na inserção do aluno em atividades que objetivam a produção do conhecimento curricular de maneira análoga aos processos ocorridos na ciência – quando utilizadas como ferramentas heurísticas (ARCHER; ARCÁ; SANMARTÍ, 2007).

No primeiro caso, a transposição acontece quando o professor elabora analogias que favoreçam a aprendizagem do novo (conhecimento científico) pelo aluno a partir do conhecimento que eles já possuem. No segundo caso, os alunos são inseridos em atividades nas quais elaboram, criticam e reformulam suas próprias analogias (modelagem analógica – MOZZER e JUSTI, 2009).

Em concordância com as ideias de autores como Clement (2008) e Wong (1993), acreditamos que o envolvimento dos alunos no processo de elaboração e revisão de suas próprias analogias pode contemplar um ensino de Ciências mais autêntico, o qual vai além de um foco quase que exclusivo nos conceitos científicos para incluir e realçar as práticas investigativas do fazer ciência, o desenvolvimento do raciocínio analógico, da criatividade e da imaginação dos alunos.

Uma maneira promissora de envolver os alunos na elaboração e revisão de suas próprias analogias é a conjugação entre esse processo e o ensino fundamentado em modelagem, o qual, na proposta de Justi e Gilbert (2002), envolve as seguintes etapas gerais: (i) elaboração e expressão do(s) modelo(s); (ii) teste(s) empírico e/ou mental do(s) modelo(s); (iii) avaliação da abrangência e das limitações do modelo. Tal conjugação foi proposta pelo Mozzer e Justi (2009).

Neste trabalho optamos por conjugar essas perspectivas – modelagem e analogia - em atividades de ensino voltadas para se trabalhar as noções iniciais de equilíbrio químico,

---

<sup>1</sup> Atributos de objetos são as correspondências entre propriedades físicas (p. ex. cor, tamanho, forma etc.) dos objetos pertencentes a cada domínio comparado.

sob um enfoque qualitativo. A escolha da temática se deu com base na dificuldade de compreensão pelos alunos da educação básica, evidenciada pelas diferentes concepções alternativas relacionadas ao equilíbrio químico encontradas na literatura, como: (i) *a compartimentalização do equilíbrio* - os alunos acreditam que os sistemas em equilíbrio apresentam dois lados, o dos reagentes e o dos produtos; (ii) *igualdade de concentração de reagentes e produtos* - os alunos confundem o termo equilíbrio com igualdade; (iii) *o equilíbrio químico é estático* - os alunos acreditam que as mudanças macroscópicas cessam, porque as reações param de ocorrer; (iv) *o equilíbrio químico é como um pêndulo* - os alunos muitas vezes imaginam o equilíbrio químico como reações que ocorrem alternadamente; ora a reação direta, ora a reação inversa, semelhante ao movimento pendular (MACHADO; ARAGÃO, 1996).

Com base nessa proposta de Mozeer e Justi (2009) e no trabalho de Maia e Justi (2008), elaboramos uma sequência didática que conjuga analogia e modelagem para trabalhar aspectos qualitativos de equilíbrio químico (reversibilidade, coexistência de reagentes e produtos e dinamicidade). Neste trabalho, nos propomos a investigar as possíveis contribuições dessa sequência didática para a aprendizagem desses aspectos.

## Metodologia

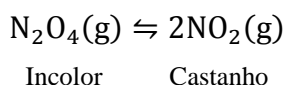
### Descrição das Atividades

Como discutido, a sequência didática elaborada foi baseada nos trabalhos de Maia e Justi (2008) e Mozeer e Justi (2009), aliada à consideração das informações disponíveis na literatura da área sobre as dificuldades dos alunos compreensão de alguns aspectos do equilíbrio químico como: a reversibilidade; a coexistência de reagentes e produtos; e o dinamismo.

A sequência didática constituiu-se de 3 atividades. A primeira delas, uma atividade introdutória sobre a analogia que tem como objetivo familiarizar o aluno com a diferença entre as comparações de mera aparência, similaridade literal e analogias. A segunda lidava com a noção de reversibilidade das reações; e a terceira com a coexistência de reagentes e produtos e a dinamicidade do estado de equilíbrio em dois sistemas diferentes.

A *atividade introdutória* sobre analogia traz o slogan de uma marca e transcrições de vídeos contendo comparações. A partir dessas, são explicitadas as correspondências entre os domínios análogo e alvo e discute-se com os alunos a distinção entre os principais tipos de comparação.

A *primeira atividade* sobre equilíbrio químico envolve o sistema de gases tetróxido de dinitrogênio ( $N_2O_4$ ) e dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ). Nesta atividade, é apresentada a equação representada a seguir, juntamente com informações sobre a coloração dos gases; incolor e castanho, respectivamente. A atividade é composta também de um vídeo no qual é demonstrado o comportamento do sistema sob resfriamento e aquecimento. O aluno é solicitado a explicar o fenômeno observado no vídeo e, em seguida, a elaborar modelos e analogias para facilitar a compreensão de um colega sobre o comportamento do sistema.





“Um ser humano pesa mais ou menos 10 milhões de vezes mais do que uma formiga, mas como há muito mais formigas que seres humanos no mundo, ambos pesam aproximadamente o mesmo tanto. E, enquanto temos apenas uma espécie de humanos, existem milhares de espécies de formigas.”

A partir dessa comparação, foram explicitadas as correspondências apresentadas na Tabela 1.

Análogo (Peso das formigas)	Correspondência	Alvo (Peso dos seres humanos)
Menor massa individual, mas maior quantidade de formigas.	↔	Maior massa individual, mas menor quantidade de seres humanos.
Igualdade de peso total.	↔	Igualdade de peso total.

Tabela 1: Correspondências da analogia entre o peso das formigas e o peso dos seres humanos<sup>2</sup>.

Na *primeira atividade* sobre o equilíbrio químico  $N_2O_4/NO_2$ , o aluno explicou que com o fornecimento de energia as moléculas ficam mais agitadas, quebrando as ligações entre os átomos e formando o dobro da quantidade das moléculas iniciais. Esclareceu que o contrário acontece quando se resfria o sistema, ou seja, as moléculas de  $NO_2$  se transformam em  $N_2O_4$ . Afirmou que temos a transformação de uma substância na outra, já que ocorrem mudanças entre as cores incolor e castanho com o aquecimento e o resfriamento. Após fornecer essa explicação, o aluno expressou suas ideias através do desenho da figura 1. Naquele momento ele apresentou a ideia de equilíbrio químico como pendular - ora acontece à reação em um sentido, ora acontece à reação no outro sentido. Tal ideia foi evidenciada pelo fato de que em sua representação todas as partículas de reagente ( $N_2O_4$ ) foram transformadas em produto  $NO_2$ , na proporção de 1:2.

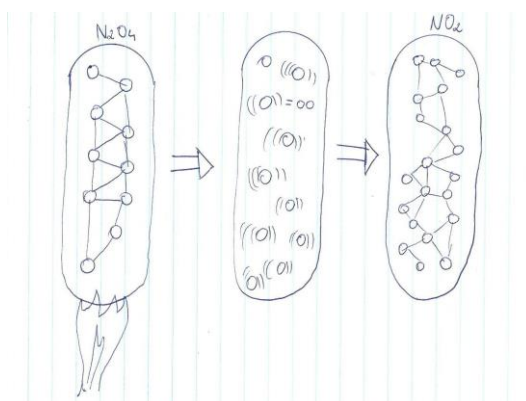


Figura 1- Representação para o comportamento do sistema sob aquecimento.

Quando foi solicitado, o aluno elaborou uma *analogia*, na qual colocou em correspondência a relação entre as variações de temperatura em ambos os sistemas e as mudanças físicas (de cor e de estado físico) consequentes dessas variações; e a relação entre a reversibilidade do estado físico da solda e a reversibilidade da coloração do sistema  $NO_2/N_2O_4$  com a variação da temperatura. Nas palavras do aluno:

<sup>2</sup>Neste caso de analogia, a distinção entre domínio análogo e alvo são dependentes do objetivo a ser trabalhado.

“Um fio de solda quando você esquentar ele, ele é tipo um arame e fica líquido, aí você solta, deixa ele esfriar ele fica com a outra forma dele, sólido de novo. Toda vez que você aquece e esfria isso acontece.”

Por meio da expressão de sua comparação o aluno parece entender a reversibilidade das reações porém, novamente, expressou a ideia de que todo o reagente se transforma em produto e vice-versa.

Na *segunda atividade* em que foi apresentado o vídeo referente ao sistema cromato/dicromato o aluno pôde observar os efeitos da adição de bário a esse sistema e foi solicitado a explicar o que estava ocorrendo no tubo de coloração amarela e no tubo de coloração laranja. Naquele momento, ele apresentou dificuldade em fornecer explicações porque, no tubo de ensaio onde inicialmente ele acreditava haver apenas dicromato (tubo laranja), houve a precipitação do cromato de bário. Esta foi evidenciada pela formação da mesma névoa branca que havia se formado no tubo onde ele acreditava conter apenas cromato (tubo amarelo). Nessa etapa, o aluno foi auxiliado pela pesquisadora na interpretação da evidência experimental.

Após auxiliar o aluno na compreensão de que, em cada um dos tubos, reagentes e produtos coexistiam, a pesquisadora prosseguiu com a solicitação de elaboração de uma nova comparação para explicar o comportamento do sistema. Ele estabeleceu a seguinte:

“Visualmente conseguimos ver uma cor só por causa da concentração maior de uma das substâncias, cromato ou dicromato. E se você adiciona o ácido ele vira dicromato, e se adiciona base, ele vira cromato. Quando misturamos café com leite, temos as duas substâncias no mesmo recipiente. A coloração esbranquiçada ou amarronzada vai depender da substância que estiver em maior quantidade.”

O aluno foi capaz de elaborar uma nova *analogia* na qual relacionou a cor predominante em um sistema com a concentração de seus componentes e a coexistência dos reagentes e produtos na reação com a presença de ambos, café e leite, na mistura.

No momento seguinte, o aluno foi solicitado a conjugar, em uma mesma comparação, os aspectos de reversibilidade, coexistência de reagentes e produtos e da dinamicidade do estado de equilíbrio (este último foi explicado pela pesquisadora no momento anterior a essa solicitação). O aluno elaborou a seguinte comparação:

“Ao tocarmos o interruptor para acender a luz, a velocidade com que a luz acende é a mesma com que a luz apaga quando tocamos novamente o interruptor para apagá-la. Da mesma forma que as velocidades que reagente vira produto e produto vira reagente são iguais.”

Naquele momento o aluno elaborou uma *similaridade literal*. Ele relacionou a reversibilidade dos processos de acender e apagar a luz com a reversibilidade das reações direta e inversa em um sistema em equilíbrio. Por outro lado, estabeleceu uma correspondência entre a igualdade de velocidade de processos não simultâneos (o acender e o apagar da luz) e a igualdade de velocidade de processos que ocorrem simultaneamente no sistema em equilíbrio (a transformação de reagentes em produtos e vice-versa); algo que podemos considerar como uma característica superficial.

Nessa comparação ele não foi capaz de abordar o dinamismo do equilíbrio químico e a coexistência dos reagentes e produtos. Ao ser questionado sobre esse fato, o aluno disse que conjugando as explicações possibilitadas pela por essa última comparação com a anterior (entre a cor de uma mistura de café com leite e a cor do sistema

cromato/dicromato) seria possível explicar a reversibilidade, a igualdade de velocidades e coexistência de reagentes e produtos em um sistema em equilíbrio. Isso nos parece relevante, uma vez que pode indicar que o aluno percebe as limitações das comparações elaboradas. Algo destacado por Harrison (2008), como uma noção importante sobre ciência: a de que as relações analógicas não esgotam o domínio alvo representado.

O fato de o aluno não ter conseguido abordar o aspecto dinâmico do equilíbrio químico em sua comparação nos leva a supor uma incompreensão de sua parte do processo no nível submicroscópico. Isso porque, em quase todo o processo (exceto na representação inicial do sistema, figura 1), o aluno só foi capaz de fornecer explicações no nível macroscópico. Essa falha pode ser atribuída à necessidade de solicitações mais explícitas nas atividades propostas e direcionadas pelo tutor para que as representações sejam elaboradas e expressas nesse nível de representação.

## **Conclusão**

A sequência didática foi planejada com o objetivo de investigar as possíveis contribuições da conjugação entre modelagem e analogia na aprendizagem de alguns aspectos qualitativos de equilíbrio químico como: a reversibilidade, a coexistência de reagentes e produtos e a dinamicidade.

Os resultados deste estudo piloto nos fornecem evidências de que, o aluno conseguiu compreender os aspectos da reversibilidade e da coexistência de reagentes e produtos, uma vez que ele foi capaz de estabelecer relação entre a mudança de estado físico da liga de solda com o aquecimento e o resfriamento e a reversibilidade de produtos e reagentes no equilíbrio químico; e entre a coexistência de café e leite nas bebidas com a coexistência de cromato/dicromato no sistema em equilíbrio. Além disso, uma contribuição que parece ter advindo do processo de modelagem foi o fato de o aluno ter sido capaz de reconhecer as limitações de suas comparações, noção importante sobre ciência, de acordo com Harrison (2008).

Apesar disso, o aluno não apresentou um resultado satisfatório quanto à compreensão do aspecto dinâmico do equilíbrio químico, uma vez que não conseguiu elaborar uma comparação para explicar esse aspecto. Acreditamos que essa incompreensão possa ser atribuída, principalmente, à falta de questionamentos explícitos nas instruções da atividade e orientados pela pesquisadora que guiassem a representação e discussão dos fenômenos para o nível submicroscópico, uma vez que o aluno elaborou, predominantemente, representações macroscópicas dos processos investigados.

Finalmente, concluímos que a conjugação do ensino fundamentado em modelagem e a elaboração e crítica de analogias pelos alunos pode fornecer boas oportunidades para a construção de conhecimentos químicos e sobre ciência. Para isso, no entanto, torna-se fundamental que a elaboração, a aplicação e discussão de atividades dessa natureza sejam vivenciadas pelos professores de Ciências em formação inicial e continuada. Isso porque, para que os professores possam guiar adequadamente seus alunos nessas atividades, é importante que eles desenvolvam conhecimento necessário e vivenciem as dificuldades e desafios do processo.

## **Agradecimentos e apoio**

CNPq, FAPEMIG e UFOP

## Referências bibliográficas

- ACHER, A.; ARCÁ, M.; SANMARTÍ, N. Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in primary education. **Science Education**. v. 91, n. 3, 2007, p. 398-418.
- CLEMENT, J. Case study of a student who counters and improves his own misconception by generating a chain of analogies. In: J. Clement (Ed), **Creative Model Construction in Scientists and Students: the role of imagery, analogy and mental simulations**. Dordrecht: Springer, 2008, p.127-137.
- GENTNER, D. The mechanisms of analogical learning In: S. Vosniadou; A. Ortony (Eds.), **Similarity and Analogical Reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989, p.199-241.
- GLYNN, S. M. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In: S. M. Glynn; R. H. Yearny; B. K. Britton (Eds.), **The Psychology of Learning Science**. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum, 1991, p. 219-240.
- HARRISON, A. G. Multiple analogies are better than one-size-fits-all analogies. In: A. G. Harrison; R. K. Coll (Eds.), **Using analogies in middle and secondary science classrooms: The FAR guide-an interesting way to teach with analogies**. California: Corwin, 2008, p. 46-65.
- JAMES, M. Analogies in Teaching: Materials. Disponível em <<http://www.physics.nau.edu/~james/Materials.htm>> Acesso em: 26 de jul. 2014.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**. v. 24, n. 4, 2002, p. 369-387.
- MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os Estudantes Concebem o Estado de Equilíbrio Químico. **Química nova na escola**. n. 4, nov. 1996. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/aluno.pdf>> Acesso em: 08 de set. 2014.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química nova na escola**. n.28, mai.2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>> Acesso em: 13 de jan. 2015.
- MOZZER, N.; JUSTI, R. Introdução ao tema dissolução através da elaboração de analogias pelos alunos fundamentada na modelagem. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2009. p. 1-12.
- WONG, E. D. Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 30, n. 10, 1993, p.1259-1272.