

Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências

Luís Samuel Fabião¹ e Maria da Conceição Duarte²

¹Escola Secundária de Rocha Peixoto, Póvoa de Varzim, Portugal.

²Universidade do Minho, Portugal. E-mail: cduarte@iep.uminho.pt

Resumo: A importância da analogia no processo de ensino-aprendizagem é realçada por vários autores, embora existam algumas limitações associadas ao seu uso.

O trabalho apresentado, que se insere numa investigação mais vasta relativa à compreensão do uso de analogias no processo de ensino-aprendizagem de conceitos complexos como o de *Equilíbrio Químico*, teve como objectivo: investigar eventuais dificuldades dos alunos na produção e exploração de analogias no tema "alterações do estado de equilíbrio e o princípio de Le Chatelier". O estudo foi realizado com alunos que frequentavam o 1º ano dum curso de formação de professores de Ciências da Natureza e Matemática, no âmbito da disciplina de Química. Os principais resultados apontam para diversas dificuldades dos alunos na produção e exploração de analogias, que parecem estar estreitamente relacionadas quer com a falta de conhecimentos do tópico em estudo (domínio alvo) quer com o desconhecimento do funcionamento de alguns dos análogos escolhidos.

Palavras chave: analogias, ensino-aprendizagem, princípio de Le Chatelier.

Title: Difficulties in analogy production and exploration: a study on the theme of chemical equilibrium with science student teachers

Abstract: The importance of analogy in the teaching and learning process is emphasised by various authors, although there are some limitations associated with its use.

The objective of this study, which is part of a broader research into the use of analogies in the teaching-learning process of complex concepts like *Chemical Equilibrium*, was: to investigate students' occurring difficulties in producing and exploring analogies in connection with the theme "*Chemical Equilibrium and Le Chatelier's principle*". The study was carried out with students attending the first year of a teacher education course in Natural Sciences and Mathematics, in the context of the Chemistry class. The main findings showed students' difficulties in terms of both adequateness of the analogies and pedagogical use of them, which seem to be closely related both to lack of knowledge in the target subject area and to ignorance about the way some of the chosen analogues operate.

Key words: analogies, science teaching and learning, Le Chatelier's principle.

Sobre o conceito e terminologia associada a analogia

A capacidade para perceber semelhanças e analogias é, na perspectiva de alguns autores (Glynn, 1991; Vosniadou & Ortony 1989), um dos aspectos fundamentais da cognição humana.

A compreensão do conhecimento científico, na sala de aula, implica, frequentemente, a construção mental e a manipulação de relações de diversos aspectos do mundo bio-físico, e uma forma de apoiar estes processos é através da analogia. Porque captura paralelismo entre diferentes situações, a analogia pode servir como um modelo mental para compreender um novo domínio (Gentner, 1998).

Ao percorrermos a literatura relativa à utilização de analogias no ensino e na aprendizagem das ciências, deparamo-nos com várias definições de analogia, de acordo com as perspectivas teóricas dos autores. Assim, para alguns a analogia resulta da comparação de termos novos com outros já conhecidos; para outros, pode ser entendida como uma relação de semelhança ou dependência entre diferentes objectos; para outros, ainda, ela é um prolongamento de uma mera comparação, a partir da qual se tenta estabelecer múltiplas relações (Oliveira, 1996). A analogia, de acordo com Glynn (1991), é um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos.

Duit (1991) e Treagust *et al* (1992) definem a analogia como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido.

Contudo, apesar da variedade existente, segundo Vosniadou & Ortony (1989) existe um acordo geral sobre a ideia de que o raciocínio analógico envolve a transferência de informação relacional de um domínio que já existe na memória para um outro domínio a ser explicado. A similaridade está, portanto, implicada neste processo porque uma analogia útil depende da existência de algum tipo de semelhança existente entre os dois domínios e porque a percepção dessa semelhança desempenha, provavelmente, um papel decisivo em alguns dos processos chave associados ao raciocínio analógico.

Podemos, deste modo, considerar que analogia é um processo interno ao sujeito e funciona porque facilita a transferência de relações do conhecido para o desconhecido ou pouco conhecido.

A pluralidade conceptual é acompanhada de uma grande variedade terminológica para a designação dos fenómenos/conceitos pertencentes ao domínio familiar e ao domínio desconhecido ou pouco conhecido (Duit, 1991). Ao longo deste trabalho utilizaremos a seguinte terminologia:

Alvo: quando nos referimos ao conceito/fenómeno, total ou parcialmente desconhecido, que vai ser objecto de compreensão, descrição, ilustração, explicação ou previsão, através da analogia;

Análogo: quando nos referimos ao conceito/fenómeno conhecido através do qual ocorre a compreensão, descrição, ilustração, explicação ou previsão do alvo;

Domínio: quando falamos da rede conceptual abrangente a que pertencem os conceitos alvo e análogo.

As analogias no processo de ensino-aprendizagem

As potencialidades da utilização de analogias no processo de ensino-aprendizagem são realçadas por vários autores (por ex.: Dagher, 2000; Duit, 1991; Oliva *et al*, 2001; Treagust *et al*, 1992), utilizando para tal argumentos variados, do seguinte teor: (i) o recurso à linguagem analógica leva à activação do raciocínio analógico, organiza a percepção, desenvolve capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de decisões; (ii) torna o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstractos, podendo promover o interesse dos alunos; (iii) constitui um instrumento poderoso e eficaz no processo de facilitar a evolução conceptual.

Contudo, a par das potencialidades, reconhecem-se-lhes algumas limitações, nomeadamente: (i) a analogia poder ser interpretada como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes pitorescos, sem se chegar a atingir o que a analogia pretendia; (ii) não ocorrência de um raciocínio analógico que possa levar à compreensão da analogia; (iii) não reconhecimento da analogia como tal, pelo seu carácter tão persuasivo, ou por outro lado, tão subtil.

Apesar das referidas limitações, a investigação nesta área tem tido um enorme incremento. Efectivamente, nas décadas de 80 e 90, assiste-se a uma intensificação do número de trabalhos de investigação sobre a utilização das analogias na educação em ciências. Esta tendência traduz-se em várias dezenas de trabalhos publicados, quer em revistas quer em actas de congressos, e até num número temático sobre analogias da revista *Journal of Research on Science Teaching*, publicado em 1993.

Trabalhos de revisão de alguns dos estudos realizados onde foram utilizadas analogias no ensino das ciências, nomeadamente o de Dagher (1995), dão-nos conta de que os resultados obtidos podem constituir um sólido apoio à conclusão de que o raciocínio analógico pode facilitar a aprendizagem das ciências. Contudo, a autora alerta para o facto de que a aprendizagem via ensino com analogias não pode ser vista apenas em função da utilização de analogias, mas também de como elas são utilizadas, por quem, com quem e como são avaliadas. "É na consideração detalhada de todos estes factores e não apenas em alguns deles que podemos obter uma melhor compreensão da contribuição da analogia na aprendizagem das ciências" (Dagher, 1995, p. 308).

A tentativa de fornecer uma metodologia de ensino com recurso a analogias, de modo a poder facilitar a professores e alunos o aproveitamento de todas as suas potencialidades e minimizar os problemas que se colocam à sua utilização, conduziu a várias propostas de modelos de ensino com recurso ao uso de analogias (por ex.: Brown & Clement, 1989; Cachapuz, 1989; Glynn, 1991; Nagem *et al*, 2001; Wong, 1993a; Zeitoun,

1984). Como acentua Glynn (1991, p. 239), referindo-se ao Modelo de Ensino com Analogias (Teaching-with-Analogies), "ele pode servir como um guia para professores e autores de manuais. Também pode servir como um guia para os alunos que desejem interpretar, criticar e estender uma analogia proposta na situação de ensino, ou criar as suas próprias analogias".

Outros autores (Thiele & Treagust, 1994) fornecem propostas de classificação das analogias, nomeadamente no que respeita: ao momento da sua utilização - como organizador prévio, de forma intercalada com a explicação ou como síntese, nas actividades finais; ao formato de apresentação - verbal, pictórico e pictórico-verbal; nível de abstracção do alvo e do análogo - concreto/concreto, concreto/abstracto e abstracto/concreto; ao nível de enriquecimento - simples, enriquecidas, enriquecidas com limitações e extensas; etc.

Mas, a utilização de um qualquer modelo de ensino, terá, de acordo com Harrison & Treagust (1993), de ter em consideração que: (i) a analogia deverá ser familiar ao maior número possível de alunos; (ii) as relações partilhadas entre os conceitos dos domínios alvo e análogo devem ser identificadas quer pelos alunos quer pelo professor; (iii) as relações que não são compartilhados deverão ser identificadas sem qualquer margem de dúvida. Na mesma linha de raciocínio, Rumelhart & Norman (1981) salientam que a melhor forma de ensinar um determinado domínio será proporcionar aos alunos um modelo conceptual que tenha as seguintes características: (i) deverá ser apoiado num domínio onde os alunos tenham conhecimentos e a partir dos quais possam facilmente estabelecer raciocínios; (ii) o alvo e o análogo deverão apresentar diferenças mínimas; (iii) todos os processos que sejam naturais no domínio desconhecido, também o deverão ser no domínio conhecido; (iv) todos os processos que sejam inadequados no domínio alvo, também o serão na sua fonte.

Apesar do número de propostas de modelos de ensino com recurso a analogias ser já considerável, poucos professores parecem recorrer de uma forma planificada ao uso de analogias no seu ensino (Duit, 1991; Leite & Duarte, 2004; Thiele & Treagust, 1994). Contudo, estudos de investigação onde alguns destes modelos foram implementados apontam para resultados indicadores da compreensão conceptual dos alunos relativamente aos conceitos em estudo (por exemplo: Brown, 1994; Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Oliva *et al*, 2003).

Nos últimos anos vem-se defendendo como estratégia alternativa ou complementar ao uso de analogias propostas/facilitadas pelo professor, a produção de analogias pelos próprios alunos (Cachapuz, 1989; Cosgrove, 1995; Wong, 1993a, entre outros). De acordo com Wong (1993a), quando os alunos elaboram as suas próprias analogias: (i) tornam familiares novas situações; (ii) reconhecem no problema particularidades do seu conhecimento prévio; (iii) estimulam o pensamento abstracto relativo às estruturas e modelos subjacentes.

É neste contexto que surge o *Modelo das Analogias Criadas pelos Alunos* (Wong, 1993a,b).

De uma forma geral, o modelo apresenta as seguintes vantagens: (i) os alunos podem trabalhar em contexto diferente da situação de resolução de problemas, em que lhes é fornecida a solução; (ii) as questões são mais interessantes e relevantes para os alunos, dado surgirem de problemas que advêm dos seus conhecimentos prévios; (iii) os alunos poderão identificar, confrontar e trabalhar os seus conhecimentos prévios com a mínima intervenção do professor (Wong, 1993a); (iv) promove o desenvolvimento da criatividade, da capacidade de tomar decisões e de modelização (Harrison & Treagust, 2000).

Produção de analogias pelos alunos: alguns estudos

A partir de analogias concebidas pelos alunos como auxílio para a compreensão do seu próprio conhecimento, alguns autores (como por ex.: Cosgrove, 1995; Kaufman *et al*, 1996; Pittman, 1999; Wong, 1993a,b) debruçaram-se sobre a sua eficácia.

Cosgrove (1995) refere um estudo, realizado com alunos de 14 anos de idade, no tópico "electricidade", onde no decurso do trabalho um dos alunos propôs uma analogia a fim de explicar a "conservação da corrente num circuito eléctrico". Os resultados permitiram ao autor inferir que as analogias produzidas pelos alunos constituíram uma ferramenta importante quer no processo de avaliar e de modificar as explicações dadas pelos alunos quer na promoção da autonomia e da auto-estima.

O estudo desenvolvido por Pittman (1999), no conteúdo curricular "Síntese de Proteínas", envolveu uma amostra constituída por 189 alunos do 8º ano. A metodologia seguida incluiu, entre outros passos, a elucidação dos alunos sobre o conceito de analogia e a apresentação pelo professor-investigador de algumas analogias, antes de lhes ter sido solicitado que criassem as suas próprias analogias. O estudo permitiu, de acordo com o autor, retirar algumas implicações educacionais, nomeadamente a de que as analogias geradas pelos alunos constituem um meio privilegiado de avaliação diagnóstica e formativa.

Kaufman *et al* (1996) apresentam uma caracterização do papel explicativo das analogias no domínio complexo da "fisiologia cardiovascular". Os autores utilizaram uma amostra, heterogénea, que incluiu quer alunos do curso de medicina quer especialistas. Os resultados evidenciaram, de uma forma geral, que: (1) os sujeitos utilizavam analogias espontâneas como explicação a questões com diferentes níveis de abstracção; (2) os indivíduos que usavam analogias de um modo mais efectivo tendiam a gerar uma percentagem mais elevada de respostas correctas; (3) os detentores de mais conhecimentos empregavam o raciocínio analógico de uma forma mais efectiva; (4) o recurso à analogia revelou-se como facilitador da compreensão de conceitos, mas também podia contribuir para o aparecimento de concepções alternativas e explicações erradas.

Um estudo realizado por Wong (1993a), cujo objectivo era o de saber se os alunos podem usar as suas próprias analogias para alterar a compreensão de um dado fenómeno científico, bem como qual a natureza dessa alteração, englobou 11 estudantes universitários, de áreas distintas. A estratégia consistiu em apresentar um mecanismo pistão/cilindro utilizado

para demonstrar três fenómenos associados à pressão do ar – compressão, descompressão e equilíbrio – sendo pedido aos participantes para desenvolverem as suas próprias analogias para explicarem os fenómenos. Os resultados permitiram concluir que as mudanças observadas nas explicações com recurso ao uso de analogias, criadas pelos próprios alunos, foram significativas. As alterações ao nível da compreensão verificaram-se quer através do aparecimento de novas explicações quer pelo despontar de questões importantes sobre a natureza do fenómeno.

Em suma, parece poder depreender-se dos estudos analisados, que as analogias produzidas pelos próprios alunos podem desempenhar um papel relevante quer na percepção de eventuais concepções alternativas quer na promoção, por parte dos alunos, de uma intervenção mais activa, permitindo-lhes avaliar e modificar as suas próprias explicações. Contudo, pouco se sabe sobre as dificuldades sentidas pelos estudantes na produção de analogias. Foi partindo deste pressuposto que se estabeleceu como objectivo deste trabalho o seguinte:

Objectivo

Investigar eventuais dificuldades sentidas por alunos de um Curso de Formação de Professores, variante de Matemática e Ciências da Natureza, na produção de analogias adequadas e pertinentes para serem usadas na explicação do tema "*alterações do estado de equilíbrio e o Princípio de Le Chatelier*".

Metodologia

Amostra de alunos

O estudo envolveu 18 alunos, com idade média de 19,9 anos (DP= 2,42), incluídos numa turma do 1º ano do Curso de Formação de Professores do Ensino Básico, variante de Matemática e Ciências da Natureza, de uma Escola Superior de Educação. Todos os alunos frequentaram com sucesso, no ano anterior (12º ano de escolaridade), a disciplina de formação específica de Química.

Para a situação particular deste trabalho a amostra foi dividida em dois grupos, Grupo 1 e Grupo 2, constituídos por nove alunos, respectivamente.

Desenvolvimento do estudo

O estudo aqui apresentado faz parte de um trabalho mais vasto e que incluiu três fases:

- 1.- Ensino do tema "*Equilíbrio Químico*", com recurso à utilização de analogias propostas pelo docente-investigador;
- 2.- Solicitação aos alunos da produção de analogias para explicação do tema "*alterações do estado de equilíbrio e o Princípio de Le Chatelier*";
- 3.- Discussão das analogias propostas pelos alunos, feita pelo docente-investigador, no contexto de sala de aula e em entrevistas realizadas com alguns alunos.

Por razões que se prendem com a extensão exigida para este artigo apresentaremos apenas o estudo respeitante à segunda fase, que passamos a caracterizar.

Tendo em vista a consecução do objectivo definido anteriormente utilizaram-se os seguintes procedimentos:

- Dividiu-se a turma em dois grupos heterogéneos, em termos de aproveitamento dos alunos;

- Solicitou-se a cada grupo a produção de analogias, com vista ao ensino do tópico "*alterações do estado de equilíbrio e o Princípio de Le Chatelier*",

- Cada grupo assumiu a responsabilidade de apresentar ao outro grupo o tópico em estudo, recorrendo à apresentação e exploração das analogias produzidas;

- O docente-investigador disponibilizou bibliografia específica, quer relativa ao tópico em estudo quer à utilização de analogias no ensino.

Embora o tópico alvo de ensino já tivesse sido estudado pelos alunos no ensino secundário, não constituindo portanto um assunto novo, a bibliografia fornecida permitia-lhes lembrá-lo e/ou aprofundá-lo.

Estes procedimentos foram precedidos por uma intervenção pedagógica onde o docente-investigador, para além de elucidar os alunos sobre o conceito de analogia, explorou interactivamente duas analogias no ensino do tema *Equilíbrio Químico* (fase 1 do trabalho). A abordagem didáctica do tema seguiu o modelo de ensino com analogias proposto por Cachapuz (1989). Pretendeu-se, desta forma, familiarizar os alunos com a utilização e exploração de analogias

Após estes procedimentos os alunos dispuseram de um período de duas semanas para prepararem a sua intervenção, recorrendo a analogias.

Recolha e análise dos dados

Os dados referentes à apresentação e exploração das analogias foram recolhidos através da gravação áudio e vídeo de aulas, dado ter-se considerado que o discurso em contexto de sala de aula constituía um elemento fundamental de análise. Após a transcrição das aulas, foi feita uma análise ao conteúdo do discurso dos alunos, de forma a permitir uma compreensão mais esclarecedora do nosso objecto de estudo.

Tendo em atenção o objectivo do trabalho, a análise de conteúdo do discurso produzido por cada grupo, aquando da apresentação/exploração das analogias produzidas, foi realizada em duas fases. A primeira, tomou como referência as etapas consideradas fundamentais na exploração didáctica das analogias, constantes da estratégia de ensino fornecida aos alunos (tabela 1). Nesta fase registou-se apenas, com base no conteúdo do discurso produzido, a presença/ausência de cada uma das etapas.

Na segunda fase procedeu-se à descrição da apresentação/exploração das analogias produzidas, recorrendo, em algumas situações, a extractos do discurso utilizado pelos alunos. A partir desta descrição, inferiram-se as relações analógicas estabelecidas para cada situação estudada, dado que em alguns casos tais relações não foram suficientemente explícitas.

Alguns resultados

O equilíbrio químico resulta de um balanço entre as reacções directa e inversa. A eventual ocorrência de variações nas condições experimentais pode perturbar o equilíbrio e deslocar a sua posição, resultando daí uma maior ou menor quantidade do produto da reacção desejado. Segundo o *Princípio de Le Chatelier*, "se um sistema em equilíbrio for perturbado externamente, o sistema ajusta-se de forma a minimizar a acção dessa perturbação" (Chang, 1994), o que permite ajudar a prever o sentido em que o equilíbrio de uma dada reacção evoluirá quando ocorre uma das variações referidas.

Caracterização da abordagem das analogias propostas pelos grupos em sala de aula

A tabela 1 apresenta a abordagem das analogias propostas pelos alunos. Cada grupo propôs três analogias, uma para cada um dos factores que poderão afectar a posição de equilíbrio. A apresentação de cada uma delas foi feita por dois elementos do grupo.

Tendo em consideração que a estratégia utilizada foi centrada nos alunos, a análise da tabela 1 permite assinalar que apenas o Grupo 1 faz referência à situação problema/conceito. O Grupo 2 inicia a sua estratégia tendo como primeira etapa a apresentação do domínio familiar, partindo do pressuposto que o tema já tinha sido abordado e que consequentemente já era conhecido dos alunos.

| | | Grupo 1 | Grupo 2 |
|-------------------|--|-------------------|---------|
| Estratégia | | Centrada no aluno | |
| Etapas | Apresentação da situação problema/conceito | ☐ | - |
| | Introdução Do análogo | ☐ | ☐ |
| | Exploração interactiva da correspondência estabelecida | - | - |
| | Estabelecimento dos Limites da analogia | - | - |

Tabela 1.- Caracterização da abordagem das analogias propostas pelos grupos.

A análise das transcrições das aulas, permite constatar que não existiu, por parte dos dois grupos, uma exploração interactiva da correspondência analógica estabelecida. A indicação de limitações às analogias propostas, também não foi feita por nenhum dos grupos.

Analogias propostas

Apresenta-se de seguida o conjunto de analogias propostas por cada um dos grupos. Para cada uma delas far-se-á um comentário, ainda que breve, no que concerne à sua adequação e contexto de aplicação.

a. *Analogias produzidas pelo Grupo 1:*

O Grupo 1 propôs três analogias, respectivamente para explicar a influência da temperatura, concentração e pressão/volume no equilíbrio químico.

| Conceito Alvo | Análogo |
|---|---|
| Efeito da temperatura no equilíbrio químico | An ₁ – Panela de água a ferver |
| Efeito da concentração no equilíbrio químico | An ₂ – Porta-lápis |
| Efeito da pressão/ volume no equilíbrio químico | An ₃ – Balões Comunicantes |

Tabela 2.- Analogias produzidas pelo Grupo 1.

Efeito da Temperatura

Depois de apresentarem a situação problema através de uma equação química que traduzia um processo endotérmico de um equilíbrio químico, os alunos introduziram o conceito do domínio familiar (análogo) através do equilíbrio "água líquida \rightleftharpoons vapor de água". Desta forma, começaram por referir: *"vamos considerar uma panela com água, onde a temperatura se mantém constante. Não existir moléculas de água no estado gasoso, como resultado da agitação molecular. As moléculas da água que passa ao estado gasoso, no seu movimento, regressam à superfície do líquido, ocorrendo o fenómeno da condensação, isto é, a água passa ao estado líquido. Após algum tempo, o número de moléculas de água que se evapora é igual ao número de moléculas de água que se condensa, atingindo um equilíbrio... um equilíbrio dinâmico. Se elevarmos a temperatura, a agitação molecular aumenta e ocorrerá a passagem para um estado mais fluído... o estado gasoso"*.

A análise do discurso produzido pelos alunos permite perceber que a correspondência estabelecida, embora não de forma explícita, entre os conceitos alvo e o análogo foi a presente na tabela 3.

Esta analogia reflecte, se considerarmos um sistema fechado, a ideia de um equilíbrio químico. Contudo, não se pode deixar de referir que ela não traduz, pelo menos da forma como foi abordada, a ideia subjacente ao *Princípio de Le Chatelier*. A necessidade de considerar um sistema fechado, fundamental para o estabelecimento do equilíbrio químico, parece não ser vista pelos alunos como condição indispensável de se verificar. Este facto pode ser indicador da não compreensão ou de uma compreensão deficiente do equilíbrio químico por parte destes alunos.

| Correspondências entre o domínio alvo e o domínio análogo |
|---|
| Sistema " Panela com água Reagentes " Água no estado líquido Produtos " Água no estado gasoso Agente perturbador " Temperatura |

Tabela 3.- Correspondências estabelecidas para o factor temperatura.

Efeito da Concentração

O recurso a dois porta-lápis foi a solução encontrada pelo grupo de alunos para, de uma forma analógica, explicar o efeito da concentração sobre a posição de equilíbrio. A situação problema foi apresentada através de uma equação química em que o equilíbrio químico era perturbado através da adição de reagentes ou produtos da reacção. Introduziram, de seguida, o conceito do domínio familiar em que o sistema era constituído por dois porta-lápis contendo canetas, nos seguintes termos: "*Inicialmente, o número de canetas que existia num e noutra porta-lápis era igual... estavam em equilíbrio. Quando acrescentamos mais canetas a um dos porta-lápis, o seu número eleva-se e ele já não vai estar em equilíbrio numérico... entre os dois porta-lápis. Para que a igualdade numérica se mantenha é necessário transferir canetas para o outro porta-lápis em deficiência... procurando atingir um novo equilíbrio*".

Depreende-se, da apresentação, o estabelecimento das correspondências presentes na tabela 4.

Um dos perigos em que esta analogia pode incorrer é induzir/reforçar nos alunos a concepção alternativa de que os sistemas químicos têm dois lados, constituindo dois subsistemas separados.

Para além desta, a analogia apresenta outras limitações que não foram acauteladas, nomeadamente: a primeira, é a de assentar na ideia de variação do número de canetas até chegar a uma igualdade, o que só se verificará se for adicionado um número par de canetas, caso contrário a sua transferência nunca levará a uma igualdade numérica; a segunda, é o facto de partir do princípio de que a quantidade química é igual num e noutra recipiente; ora, logo no início, num sistema em equilíbrio a igualdade das quantidades químicas presentes nem sempre se verifica; a terceira, é a de que a alternância do número de canetas, presente em cada porta-lápis, pode favorecer a ideia incorrecta de que no equilíbrio há oscilações na concentração dos reagentes e dos produtos.

| Correspondências entre o domínio alvo e o domínio análogo |
|---|
| Sistema " Dois porta-lápis com canetas Reagentes " Canetas Produtos " Canetas Agente perturbador " Adição de canetas |

Tabela 4.- Correspondências estabelecidas para o factor concentração.

Novamente se pode considerar que as deficiências presentes nas correspondências estabelecidas entre o alvo e o análogo poderão ter por base a falta de conhecimentos adequados ao nível do equilíbrio químico.

Efeito da Pressão/Volume

A influência da pressão e do volume sobre o estado de equilíbrio foi apresentada recorrendo a uma relação de proporcionalidade existente entre a pressão e o volume. Os alunos optaram por "*apresentar conjuntamente a*

pressão e o volume, uma vez que eles interagem inversamente”.

A introdução do suposto domínio familiar foi feita com recurso a dois balões, ligados entre si, da seguinte forma: “No início temos a mesma quantidade de ar nos dois balões, os dois balões estão em equilíbrio. Se aumentarmos a pressão sobre um deles, o volume vai diminuir, e como ele está ligado ao outro balão, o volume deste último vai aumentar e a respectiva pressão diminuir”.

Através desta relação, os alunos tentaram mostrar que o volume e a pressão agem de uma forma inversa.

As correspondências estabelecidas podem ser esquematizadas conforme se apresenta na tabela 5.

| Correspondências entre o domínio alvo e o domínio análogo |
|---|
| Sistema " Dois balões com ar e ligados entre si Reagentes " Ar Produtos " Ar Agente perturbador " Pressão exterior |

Tabela 5.- Correspondências estabelecidas para o factor pressão/volume.

Este análogo encerra um pressuposto incorrecto. Ele não traduz uma situação de equilíbrio com a aplicação de um agente externo, mas traduz antes uma situação em que, a temperatura e pressão constantes, a quantidade de substância de um gás varia na razão directa do volume considerado, o que constitui a lei de Avogadro.

O facto de exercer uma pressão exterior, não implica necessariamente que a pressão no interior do balão se altere, uma vez que ocorre fuga de gás para o outro balão, variando as quantidades químicas existentes em cada um. Deste modo, a escolha do análogo, não foi a mais adequada.

b. Analogias produzidas pelo Grupo 2:

A tabela 6 apresenta as analogias produzidas pelo grupo 2.

| Conceito Alvo | Análogo |
|---|------------------------------------|
| Efeito da temperatura no equilíbrio químico | An1 – Aparelho de ar condicionado. |
| Efeito da concentração no equilíbrio químico | An2 – Flor em água com corante. |
| Efeito da pressão/ volume no equilíbrio químico | An3 – Célula animal. |

Tabela 6.- Analogias geradas pelo Grupo 2.

Efeito da Temperatura

Inicialmente, os alunos apresentaram a analogia da seguinte forma: *"uma sala de aula a uma dada temperatura. A presença de um aparelho de ar condicionado deixa que a temperatura se mantenha sempre constante... como se fosse um equilíbrio. Se por qualquer motivo, a temperatura aumentar... o aparelho vai absorver energia do ar... para contrariar a alteração imposta ao sistema"*.

Na tabela 7 procura-se sintetizar as correspondências estabelecidas.

A utilização desta analogia com o ar condicionado reflecte, de uma forma mais ou menos coerente, a ideia subjacente ao *Princípio de Le Chatelier*, embora a sua exploração careça da explicitação das limitações da analogia estabelecida. Nomeadamente o facto de na situação análoga "reagente e produtos da reacção" corresponderem ao "ar".

| Correspondências entre o domínio alvo e o domínio análogo |
|--|
| Sistema " Sala climatizada com recurso a ar condicionado Reagentes " Ar à temperatura t Produtos " Ar a uma temperatura $< t$ Agente perturbador " Aumento de temperatura |

Tabela 7.- Correspondências estabelecidas para o factor temperatura.

Efeito da Concentração

Na tentativa de gerar uma analogia para explicar a influência da concentração sobre o estado de equilíbrio, este grupo recorreu a uma experiência em que tinham um recipiente com água e introduziram uma flor. Consideraram que havia *"passagem de água da flor para o meio líquido. Do mesmo modo... se verificaria, ao mesmo tempo, o inverso. Teríamos, assim, uma situação de equilíbrio. De seguida, adicionamos um corante à água, aumentando a concentração do corante no meio... vai fazer com que a tinta suba e entre para a flor, tingindo-a... é como se o equilíbrio se deslocasse no sentido de contrariar a acção imposta"*.

As correspondências entre os conceitos em estudo, do domínio alvo, e os do domínio análogo utilizado estão explicitadas na tabela 8.

| Correspondências entre o domínio alvo e o domínio análogo |
|---|
| Sistema " Recipiente com água e flor Reagentes " Água e flor Produtos " Água e flor com corante Agente perturbador " Adição de corante |

Tabela 8.- Correspondências estabelecidas para o factor concentração

Este é um exemplo de uma analogia não adequada para explicar as

alterações ao estado de equilíbrio, pois não foi adicionado nenhum dos componentes do sistema. O que ocorre é que as membranas são permeáveis, havendo um movimento de água em que os pigmentos da tinta são incorporados, dado que a tinta foi dissolvida na água, e os seus pigmentos serão veiculados pela água, integrando estruturas da planta.

Efeito da Pressão/Volume

Este grupo serviu-se de uma célula animal para transpor para o domínio familiar uma situação paralela ao conceito a abordar. Partindo do pressuposto de que a situação problema era do conhecimento geral, colocaram uma célula animal num recipiente com água. *“Inicialmente haverá passagem de moléculas de água do meio exterior para a célula. Por sua vez, as moléculas de água que estão na célula também vão passar para o meio. Passado um certo espaço de tempo... atinge-se um equilíbrio... dinâmico. O número de moléculas que passa para a célula é igual ao número de moléculas que passa para o meio, no mesmo intervalo de tempo. Ao adicionar água ao meio, o volume de água aumenta e passa a haver uma maior pressão sobre a célula. Vai forçar a água a entrar para o interior da célula, diminuindo a pressão e... volta a existir um novo estado de equilíbrio”.*

Uma síntese das correspondências estabelecidas é apresentada na tabela 9.

| Correspondências entre o domínio alvo e o domínio análogo | |
|--|-----------------------|
| Sistema " | Célula animal em água |
| Reagentes " | Água |
| Produtos " | Água |
| Agente perturbador " | Adição de água |

Tabela 9.– Correspondências estabelecidas para o factor pressão/volume.

Mais uma vez, o análogo seleccionado não explica a influência da pressão como factor que afecta o equilíbrio.

Na realidade, o conteúdo celular encontra-se separado do meio que o rodeia por uma membrana citoplasmática que, entre outras funções, actua como uma barreira entre os meios intracelulares e extracelulares, controlando a passagem de determinadas moléculas e iões. A água, como substância, movimenta-se livremente através das membranas biológicas. Esta movimentação da água através de membranas permeáveis selectivas é designada por osmose e pode ser entendida partindo do princípio que se está em presença de uma diferença de concentrações dos solutos de um e de outro lado da membrana. Deste modo, a diferença de concentrações existente entre os dois lados da membrana determina a movimentação da água do meio menos concentrado para o meio mais concentrado. Quando as concentrações de um e do outro lado se igualam, o movimento da água ocorre com igual intensidade nos dois sentidos, atingindo-se um estado de equilíbrio.

De referir, ainda, que o efeito da "pressão" só se faz sentir em sistemas gasosos.

Algumas conclusões

A análise das analogias geradas pelos alunos, que no ponto anterior procurámos apresentar e discutir, evidenciam várias dificuldades quer ao nível da selecção do análogo quer nas correspondências estabelecidas. Essas dificuldades parecem ter várias origens, nomeadamente:

1. A primeira, possivelmente a mais determinante, é relativa ao conhecimento científico dos alunos sobre o tópico em estudo. Esta dificuldade revelou-se, neste estudo, sobretudo nas correspondências estabelecidas entre o alvo e o análogo, não se dando conta das situações que poderiam induzir/reforçar concepções alternativas (talvez porque elas eram perfilhadas também pelos próprios alunos que produziram a analogia), nomeadamente a de que "um sistema químico pode ser constituído por dois sub-sistemas separados", ou das situações onde não se atendeu às condições para o estabelecimento do equilíbrio químico (sistema fechado e composição quantitativa constante).

Estas dificuldades remetem-nos para a importância que assume o conhecimento do domínio alvo quando se pretende recorrer ao uso de analogias para promover a compreensão do conhecimento científico.

O pressuposto de que partimos, de que os alunos não teriam dificuldades na explicação do tópico programático "*alterações do estado de equilíbrio e o Princípio de Le Chatelier*", dado já ter sido objecto de ensino no 12º ano de escolaridade e ter sido fornecida bibliografia específica sobre o assunto, revelou-se falso (como os próprios alunos admitiram na 3ª fase do estudo).

2. Uma outra dificuldade diz respeito à selecção dos análogos. O que parece evidenciar este estudo é que os análogos ou foram seleccionados de forma pouco crítica, onde apenas se considerou de forma superficial a influência da variável em estudo (temperatura, concentração e volume/pressão), sem se atender a outros aspectos (por exemplo: conservação da matéria), ou o fenómeno do domínio análogo não tinha correspondência com o do domínio alvo (por exemplo: caso dos análogos – "flor em água com corante" e "célula animal em água"). Ou seja, a explicação do funcionamento de alguns dos análogos seleccionados não era conhecida dos alunos, pelo que não tiveram condições para avaliar da sua adequação no estabelecimento de relações analógicas com o alvo.

Estas conclusões estão em consonância com o referido por Wong (1993a) quando considera que as analogias produzidas pelos alunos têm algumas limitações, nomeadamente: (i) a dificuldade em seleccionar um análogo apropriado; (ii) uma insuficiente compreensão do domínio alvo; (iii) a incorporação no domínio alvo de concepções alternativas presentes no domínio do análogo.

Contudo, os resultados deste estudo também permitem inferir:

- As potencialidades de estratégias de ensino onde os alunos são incentivados a produzir analogias quer na consciencialização das dificuldades sentidas pelos alunos na compreensão do(s) conceito(s) do

domínio alvo, quer na detecção de eventuais concepções alternativas perfilhadas pelos alunos;

- A importância do papel do professor como um mediador tanto na exploração dos domínios alvo e análogo quanto na reflexão e discussão da analogia no sentido de evidenciar a adequação das correspondências estabelecidas mas também as suas limitações.

- A importância de proporcionar situações pedagógico-didáticas onde os futuros professores sejam incentivados a utilizar e/ou produzir analogias. Estas situações, podem facilitar uma tomada de consciência de que a construção e utilização de uma analogia não é algo simples e imediato (Duit, 1991), mas exige, como refere Oliva (2004), "considerar o estímulo externo que serve para impulsionar o pensamento analógico no aluno, o trabalho de interiorização pessoal que este terá de realizar, a exteriorização posterior do produto construído e, finalmente, a tarefa de regulação e tutoria constante que o professor deverá efectuar".

Embora as conclusões referidas não possam ser encaradas como generalizações, dado o reduzido tamanho da amostra, podem contudo ser consideradas como aspectos a ter em conta na utilização de analogias produzidas pelos próprios alunos, como meio para facilitar a compreensão de conceitos complexos ao nível das Ciências em geral, e da Química em particular.

Para além disso, permitem deixar algumas recomendações para futuras investigações, nomeadamente:

- Investigar que factores contextuais podem favorecer ou impedir a produção de analogias adequadas e pertinentes por parte dos alunos.

- Investigar se o envolvimento dos alunos na produção das suas próprias analogias pode contribuir para atingir objectivos educacionais como o da compreensão da natureza da ciência e tecnologia, do desenvolvimento da criatividade e de atitudes positivas face à ciência.

Referências

Brown, D. E. (1994). Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 201-214.

Brown, E.D. & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.

Cachapuz, A. (1989). Linguagem metafórica e o ensino das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3), 117-129.

Chang, R. (1994). *Química*, 5ª Edição. Editora Mcgraw-Hill, Inc.

Cosgrove, M. A (1995). Study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal Of Science Education*, 17 (3), 295-310.

Dagher, Z. (1995b). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79 (3), 295-312.

Dagher, Z. R. (2000). O caso das analogias no ensino da ciência para a compreensão. In J.J Mintzes, J.H. Wandersee & J.D. Novak (Eds.). *Ensinando Ciência Para A Compreensão* (pp. 180-193). Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.

Gentner, D. (1998). Analogy. In W. Bechtel & G. Graham, (eds). *A Companion to Cognitive Science*. Malden: Blackwell.

Glynn, S.M. (1991). Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In S.M. Glynn, R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.). *The Psychology of Learning Science* (pp. 219-240). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate.

Harrison, A. & Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Harrison, A. & Treagust, D. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1291-1307.

Kaufman, D.R., Patel, V.L. & Magder, S.A. (1996). The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, 18 (3), 369-386.

Leite, R. & Duarte, M.C. (2004). Utilização de analogias por professores portugueses: contributos para a sua compreensão. Em P. Díaz Palacio *et al* (Org.). *La Didáctica De Las Ciencias Experimentales Ante Las Reformas Educativas Y La Convergencia Europea – XXI Encuentros Sobre Didáctica de Ciencias Experimentales* (pp. 233- 238). País Vasco: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.

Nagem, R. L., Carvalhaes, D.O. & Dias, J.A.Y.T. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14 (1), 197-213.

Oliva, J. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3). Disponível em linha em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/Art7.pdf>

Oliva, J., Aragón, M., Mateo, J. & Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 453-470.

Oliva, J., Aragón, M., Bonat, M. & Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 429-444.

Oliveira, M. (1996). *A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma abordagem*

didáctica. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Pittman, K.M. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (1), 1-22.

Rumelhart, D.E. & Norman, D.A. (1981). Analogical processes in learning. In J. Anderson (Eds.). *Cognitive Skills and Their Acquisition* (pp. 335-359). Hillsdale: Erlbaum.

Thiele, R.B. & Treagust, D.F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74.

Treagust, D., Duit, R., Joslin, P. & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 413-422.

Vosniadou, S. & Ortony, A. (1989). Similarity and analogical reasoning: a synthesis. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.). *Similarity And Analogical Reasoning* (pp. 1-17). Cambridge: Cambridge University Press.

Wong, E.D. (1993a). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 367-380.

Wong, E.D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1259-1272.

Zeitoun, H.H. (1984). Teaching scientific analogies: a proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2 (2), 107-125.