

**ANALOGIAS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS ELABORADAS POR ALUNOS DO  
ENSINO MÉDIO**  
(Secondary school students' analogies about chemical bonding)

**Paula Cristina Cardoso Mendonça**

Programa de Pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Faculdade de  
Educação, UFMG e Colégio Técnico, UFMG  
paulaquimica2003@yahoo.com.br

**Rosária Justi**

Programa de Pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Faculdade de  
Educação, UFMG e Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, UFMG  
rjusti@ufmg.br

**Mary Mendes de Oliveira**

Escola Estadual Juscelino Kubitschek de Oliveira  
marym@coltec.ufmg.br

**Resumo**

Neste artigo é relatada uma pesquisa desenvolvida com alunos do ensino médio de diferentes escolas, no qual eles foram solicitados a elaborar uma analogia para explicar como uma ligação química ocorre. Após a elaboração da analogia, os alunos responderam algumas questões que tinham como objetivo fazê-los avaliar criticamente suas analogias, apontando aspectos positivos e negativos das mesmas. O questionário ainda sondava o grau de dificuldade vivido pelos alunos nessa atividade. A análise das respostas dos alunos evidenciou que menos da metade da amostra pesquisada conseguiu formular uma analogia estabelecendo relações coerentes entre seus domínios. Isso demonstrou os problemas de aprendizagem dos alunos com o tema ligação química, o que favoreceu o diagnóstico das principais concepções alternativas deles sobre o assunto. Isto foi importante para dar suporte às professoras nas intervenções seguintes do processo de ensino, retomando as principais dúvidas dos alunos. Com base nas respostas dos alunos são discutidas algumas implicações para professores interessados em trabalhar com analogias como estratégia de ensino.

Palavras chave: analogia, ligação química, aprendizagem

**Abstract**

This paper presents a research in which secondary school students were asked to create an analogy for the establishment of a chemical bonding. The students were also asked to answer some questions aiming at helping them in critically analysing their analogies by identifying their positive and negative parts. The written questionnaire also probed the difficulties students had in participating of this activity. Data analysis showed that less than half of the sample was able to create an analogy and establish coherent relationships between their domains. From data analysis the main alternative conceptions of the students were also identified. This was important because it supported teachers in their future actions in teaching. Some implications for teachers interested in teaching by using analogies are discussed.

Key words: analogy, chemical bond, learning

## Papel de analogias no ensino de ciências

O processo de relacionar conceitos através das analogias é uma parte básica do pensamento humano. No nosso cotidiano, utilizamos analogias para explicar ‘algo’ para alguém ao usarmos expressões do tipo ‘se parece com...’, ‘é como se fosse...’. Analogias e modelos analógicos são populares em ciências, pois auxiliam a comunicação e o entendimento de problemas.

As analogias também se mostram importantes no ensino de ciências, visto que a maioria dos conceitos na área de ciências – especialmente na química – é de natureza abstrata, isto é, sua compreensão requer que os alunos sejam capazes de imaginar, modelar, extrair partes do todo e integrá-las mentalmente. Sendo assim, eles não são tão fáceis de serem compreendidos pelos estudantes, o que justifica a utilização de algo mais próximo de sua realidade. Nessa perspectiva, analogias podem ser utilizadas como potencial recurso didático no ensino desses conceitos. Isto se deve ao fato de analogias serem similaridades entre dois domínios diferentes, sendo que um deles deve ser familiar ao aprendiz – denominado ‘domínio da analogia’, ou ‘análogo’ – e o outro não familiar – sendo chamado ‘domínio do alvo’ (Curtis & Reigeluth, 1984)<sup>1</sup>. O raciocínio analógico, então, provê significado aos fenômenos científicos através do estabelecimento de relações com aquilo que o aprendiz traz de conhecimentos prévios.

Uma analogia considerada ‘boa’ pode ser redigida baseada em poucas ou apenas uma única característica, desde que tal(is) característica(s) atenda(m) as finalidades para as quais foi proposta. Uma boa analogia pode ‘clarear’ o pensamento e auxiliar os estudantes a modificar seus conceitos, fornecendo-lhes caminhos que os ajudem a ‘visualizar’ conceitos abstratos, isto é, imaginar, modelar mentalmente a realidade relacionada a tais conceitos.

Um fato importante a ser ressaltado é que as analogias podem ser consideradas como “facas de dois gumes” (Glynn et al., p. 387) uma vez que, paralelamente às vantagens destacadas anteriormente, a utilização das mesmas pode apresentar desvantagens que, segundo a literatura (Glynn, 1989; Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004), se relacionam:

- ao fato de elas poderem trazer uma informação supérflua ao estudante, resultando em o mesmo continuar a não compreender o conceito-alvo. Por exemplo, Souza, Justi e Ferreira (2006), ao investigarem a compreensão de alunos do ensino médio sobre analogias utilizadas no ensino médio dos modelos atômicos, constataram que muitos alunos não entendem a analogia do modelo de Thomson com o pudim de passas porque esse alvo não existe na realidade deles;
- à existência de domínios análogos que não sejam realmente familiares ao aluno ou que sejam irreais, isto é, inventados. Por exemplo, Mendonça, Justi e Ferreira (2005), ao investigarem analogias utilizadas em livros didáticos em relação a conceitos referentes a equilíbrio químico, perceberam que muitas vezes os autores utilizam domínios análogos que são irreais. Em uma das analogias investigadas, autores de alguns livros apresentam um desenho de dois recipientes conectados (semelhante a vasos comunicantes) desempenhando o papel de um aquário contendo peixes (algo que não corresponde a um aquário real), com a intenção de explicar o deslocamento do equilíbrio químico. Além de trazer uma situação irreal ao aluno, essa analogia o induz a desenvolver conceitos errados sobre equilíbrio químico como, por exemplo, o fato de reagentes e produtos estarem separados em compartimentos distintos;
- ao fato de estudantes recorrerem ao uso de analogias de forma mecânica, isto é, utilizando-as como sendo os próprios conceitos e não uma “ponte” para facilitar o entendimento desses conceitos. Na pesquisa desenvolvida por Carvalho e Justi (2005) foi constatado que alunos do ensino médio utilizam a analogia do ‘mar de elétrons’ como *sendo* o próprio conceito de

---

<sup>1</sup> Neste trabalho, utilizaremos as palavras ‘análogo’ e ‘alvo’ quando forem feitas referências aos dois domínios envolvidas no estabelecimento de uma analogia.

ligação metálica. Dentre outros possíveis motivos, isto ocorre principalmente em função de professores – ou livros didáticos – enfatizarem apenas o domínio análogo e não explorar seu(s) relacionamento(s) com o conceito científico. Além disso, muitas vezes, o professor não chama atenção para o significado de uma analogia e não discute com os alunos a importância da utilização da mesma.

Em função dessas desvantagens, Orgill e Bodner (2004) recomendam que analogias devem ser usadas quando o conceito alvo é difícil de ser entendido e/ou não pode ser visualizado. Além disso, elas devem ser simples e apresentar: um propósito bem definido, uma linguagem clara e relações entre os dois domínios que sejam facilmente compreendidas pelos alunos. Ainda de acordo com esses autores, as analogias não devem ser usadas quando o conceito alvo é simples ou de fácil entendimento, ou quando os alunos não conseguem associar o análogo com o alvo.

### **Investigações sobre analogias**

Ferraz e Terrazzan (2003) classificaram em três grupos as investigações que tratam sobre o uso das analogias como ferramentas no processo de ensino. São eles:

- avaliação de estratégias didáticas para uso efetivo de analogias como recurso para a construção de conceitos científicos;
- formas como as analogias são apresentadas em livros didáticos;
- modo como as analogias são utilizadas por professores em sala de aula.

Em todos esses três grupos de pesquisa, as analogias são utilizadas como modelos de ensino, isto é, como representações que são apresentadas aos alunos com o objetivo de ajudá-los a entender algum aspecto do assunto que está sendo ensinado (Gilbert & Boutler, 1995). Em outras palavras, as analogias são sempre apresentadas em materiais instrucionais ou por professores com uma função *explicativa* (Monteiro & Justi, 2000). Contrastando com essa situação, as analogias podem também auxiliar no ensino de ciências tendo uma função *criativa* – o que significa que os alunos seriam solicitados a elaborar analogias.

Em relação a pesquisas dessa natureza, Wong (1993) investigou analogias espontâneas criadas por estudantes universitários (futuros professores) a respeito do entendimento deles sobre os princípios envolvidos em compressão/descompressão de um dispositivo cilindro/pistão. Os participantes dessa pesquisa foram solicitados a criar, aplicar e modificar suas próprias analogias. Em outro estudo, Kaufman et al (1996) investigaram o papel de analogias espontâneas criadas por estudantes universitários e profissionais da área biomédica sobre conceitos relativos a propriedades mecânicas do sistema cardiovascular. De acordo com essas pesquisas, quando os alunos têm oportunidade de criar uma analogia, eles podem usar e/ou desenvolver sua criatividade e sua habilidade de gerar conexões novas e inusitadas entre os dois domínios diferentes. Ainda segundo os autores, quando o aluno é convidado a analisar sua criação e proposição, ele estará também desenvolvendo sua capacidade crítica. Além disso, esses pesquisadores reconheceram a importância do uso sucessivo de analogias espontâneas para ampliar o entendimento de um determinado fenômeno.

Mais recentemente, Pittman (1998) investigou se a criação de analogias espontâneas pelos alunos era um método de avaliação mais eficaz para verificar o aprendizado em comparação com testes tradicionais como, por exemplo, aqueles constituídos por questões de múltipla escolha ou questões abertas que têm como intuito fazer o aluno declarar alguma informação. O pesquisador investigou alunos de 13-14 anos a respeito de seu entendimento sobre síntese protéica. De acordo com essa pesquisa, a criação de analogias pelos alunos propicia ao professor perceber as concepções alternativas dos alunos. Segundo o autor, através de estratégias de avaliação tradicionais o educador mede o “que” ou “quantos conceitos” o aluno sabe. Por outro lado, através das analogias

espontâneas, ele poderá obter informações sobre “como” e “porque” o estudante usa os conceitos científicos através do estabelecimento de relações.

Com base na literatura e considerando que (i) as analogias são usadas frequentemente na linguagem cotidiana e (ii) a Química é uma ciência cuja natureza é essencialmente abstrata, acreditamos que dar aos alunos a oportunidade de expressarem suas idéias sobre temas químicos a partir da criação de analogias pode ser uma estratégia importante para que o professor avalie a extensão em que eles estão entendendo tal tema e identifique a possível existência de concepções alternativas sobre o mesmo.

Dentre os temas químicos abstratos e que, em geral, apresentam dificuldades de aprendizagem para os alunos, optamos por trabalhar com “ligações químicas”. Tal opção foi feita também porque, em geral, os livros didáticos não apresentam muitas analogias para esse tema. Assim, as idéias expressas pelos alunos não seriam “contaminadas” por algo que eles tivessem apenas lido nos livros e não correspondesse à sua real compreensão sobre o tema.

## **Pesquisa desenvolvida**

### *Objetivos*

O propósito deste trabalho está pautado nas considerações tecidas anteriormente e na investigação das seguintes questões:

- Como alunos do ensino médio expressam seu entendimento sobre a natureza das ligações químicas através da elaboração de analogias?
- Quais as dificuldades vividas pelos alunos ao elaborar essas analogias?
- Em que extensão os alunos conseguem analisar criticamente a analogia elaborada?

### *Metodologia*

#### *Coleta de dados*

Um questionário escrito foi utilizado como instrumento de coleta de dados nessa pesquisa. Ele foi aplicado a duas amostras distintas: alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola estadual da periferia de Belo Horizonte (designada como escola A) e alunos do 2º ano do Ensino Médio/Técnico de uma escola federal de Belo Horizonte (designada como escola B).

A opção por questionário escrito foi feita para possibilitar a coleta de dados de um número significativo de alunos de forma rápida. Por outro lado, a opção pelas escolas ocorreu por serem locais de trabalho de algumas das pesquisadoras, favorecendo assim a coleta dos dados.

O questionário foi aplicado a 63 alunos da escola A, sendo 37 alunos do turno da manhã e os outros 26 do turno da noite. Essa escolha foi feita para evidenciar possíveis diferenças nos resultados de alunos de faixas etárias bem distintas. O questionário foi aplicado também a 46 alunos da escola B, que estudam em tempo integral e na faixa etária esperada para a série. As turmas da escola A se diferenciavam apenas pela opção de curso técnico dos alunos (Instrumentação e Patologia Clínica). Outro aspecto que diferencia os alunos participantes da amostra é o tempo disponível para o estudo. Enquanto os alunos do noturno da escola A têm que conciliar trabalho e estudo, os demais alunos desta escola e os da escola B podem se dedicar mais ao estudo. Além disso, os alunos da escola B passaram por um processo seletivo bem concorrido para ingressar nela, o que não aconteceu com os alunos da escola A.

Na escola A, o assunto ligações químicas foi estudado no 1º ano do Ensino Médio. O ensino vivido por esses alunos pode ser caracterizado como tradicional – no qual o professor apresentou os principais aspectos das ligações químicas e discutiu as dúvidas dos alunos. Esse assunto foi recapitulado novamente no 3º ano do ensino médio, especialmente as ligações covalentes, com o intuito de auxiliar no estudo de química orgânica. Foi após a recapitulação do assunto que a professora (que não foi a mesma do 1º ano) aplicou o questionário. Por outro lado, na escola B os alunos tinham acabado de estudar ligações iônica e covalente e estavam estudando ligação metálica. O ensino na escola B ocorreu através das investigações das propriedades das substâncias e do uso de modelos para explicar essas propriedades.

A nossa escolha por essa amostra baseou-se em alguns questionamentos. Seria possível, através da análise das analogias elaboradas pelos alunos, perceber se o ensino da escola B (não tradicional) favoreceu de maneira diferente o aprendizado de ligação química em relação ao ensino ocorrido na escola A (tradicional)? Independentemente do tipo de ensino, será que os alunos de amostras distintas entendem o que é uma analogia, sabem usá-la e percebem sua importância?

Para a análise dos questionários, todos foram numerados. Neste artigo, a referência a respostas de alunos específicos será feita utilizando-se os códigos Ax ou Bx, onde A e B identificam as escolas e x é o número de ordem da dupla (ou trio) de alunos.

Antes da aplicação do questionário, as professoras explicaram para os alunos sobre a importância do trabalho de pesquisa que estava sendo desenvolvido e sobre a necessidade da participação deles com seriedade e clareza, mas também com naturalidade, sem se preocupar com respostas certas ou erradas. Todos os alunos concordaram em participar da pesquisa.

Em seguida, foi discutido sucintamente o que é uma analogia e como ela pode ser usada para explicar algo a alguém. Dois exemplos utilizados em química (a analogia do átomo de Bohr com o sistema solar e da unidade mol com a unidade dúzia) foram discutidos (ênfatizando quais aspectos as analogias citadas conseguiam explicar e quais não), visando ajudá-los a compreender a aplicabilidade dessas idéias.

Em todos os casos, a aplicação do questionário foi realizada em aulas geminadas, o que significou um bom tempo para que os alunos pudessem expor suas idéias. Além disso, o questionário foi respondido em duplas, que foram escolhidas livremente pelos alunos. Essa atividade foi realizada em duplas ou trios. Acreditávamos que, tendo em vista a considerável exigência cognitiva requerida para a realização da mesma, isto favorecesse o incentivo recíproco entre os pares, especialmente para ajudar a florir a criatividade (aspecto importante para a elaboração das analogias).

O questionário (apresentado em anexo) foi elaborado com seis questões, das quais cinco tinham por objetivo dar diretrizes e facilitar a explicitação do modo de raciocínio e elaboração das respostas dos alunos.

A primeira questão solicitava que eles elaborassem uma analogia para ajudar um colega a entender como uma ligação química acontece. Em seguida, o aluno deveria explicar detalhadamente como ele usaria a analogia proposta. Essa segunda questão visava nos ajudar a perceber qual era a familiaridade dos alunos com o tema ligação química. Além disso, esperávamos que a questão ajudasse a instigar o aluno a pensar sobre alvo e análogo, buscando atributos comuns entre eles.

Através da terceira questão, queríamos saber se os alunos conseguiam fazer uma análise crítica da analogia proposta por eles, avaliando se ela era uma boa analogia ou não, mediante sua justificativa. Também nesse sentido, as questões 4 e 5 favoreciam um exame mais detalhado de

todos os aspectos positivos e negativos da analogia elaborada. Elas foram acrescentadas na atividade exatamente porque acreditamos que este é um pré-requisito importante para o uso efetivo de uma analogia. Assim, esperávamos que essas questões dessem suporte para os alunos estreitarem ainda mais a relação entre alvo e análogo, refletindo sobre um aspecto ao qual nem sempre os professores e os livros didáticos atribuem devida atenção: a discussão de aspectos dos análogos que explicam bem aspectos do alvo, de aspectos do alvo que não são explicados pelo análogo ou, ainda, de outros aspectos que não influenciam no relacionamento entre esses dois domínios (chamados na literatura de partes positiva, negativa e neutra de uma analogia (Hesse, 1970).

Finalmente, a sexta questão tinha por objetivo fazer com que os alunos avaliassem o processo vivido por eles durante a atividade. Nela, eles deveriam expressar se acharam difícil, muito difícil ou se não tiveram dificuldades em realizar a atividade, justificando suas respostas.

### *Análise dos dados*

A forma de organização e análise dos dados emergiu a partir da leitura cuidadosa de todas as respostas dos alunos e da consideração dos objetivos de cada questão. Um sistema de categorização inicial foi proposto e os dados foram analisados independentemente por duas das pesquisadoras (que eram as professoras dos alunos). A seguir, as análises individuais foram discutidas, contando também com a participação da terceira pesquisadora. Isto resultou no refinamento dos critérios de análise, cuja aplicação aos dados gerou os resultados aqui apresentados. A fim de facilitar a compreensão do leitor, apresentamos, no item seguinte, o sistema de categorias criado (com exemplos de respostas típicas quando isso se fizer necessário) e a análise realizada a partir da utilização do mesmo.

### *Resultados e Discussão*

O primeiro aspecto analisado foi se o aluno tinha sido capaz de elaborar uma analogia. Dentro dessa categoria, analisou-se se a analogia proposta era coerente ou não. Para ser coerente a analogia deveria explicar a ligação química em pelo menos algum aspecto relevante como, por exemplo, estabelecimento de ligação química e abaixamento de energia, atração entre íons de cargas opostas e compartilhamento de pares de elétrons. Por outro lado, foram classificadas como incoerentes aquelas analogias nas quais os alunos não estabeleceram relações satisfatórias entre os dois domínios diferentes. O quadro 1 apresenta os dados quantitativos resultantes da análise realizada.

Análise das analogias		% de grupos de alunos	
		A	B
Fez analogia	Respostas coerentes	31,7	50,0
	Respostas incoerentes	57,1	50,0
Não fez analogia		11,1	-

**Quadro 1.** Classificação geral das respostas da questão 1.

Todos os alunos da escola B conseguiram elaborar uma analogia. Eles apresentaram maior número de respostas coerentes e exploraram um maior número de conceitos diversos a respeito de ligação química em comparação com os alunos da escola A.

Um número significativo de alunos da escola B (74%) fez um relacionamento com um tipo específico de ligação química, o que não ocorreu com os alunos da escola A, que se focaram mais na idéia de como uma ligação é formada. Isto pode ser explicado pelo fato de na escola B o professor ter trabalhado recentemente com ligação iônica, ligação covalente e os alunos estarem

estudando ligação metálica, enquanto que para as turmas da escola B a revisão de ligações químicas se focou na ligação covalente.

Alunos de escolas diferentes criaram analogias semelhantes envolvendo o aspecto compartilhamento de par de elétrons, como pode ser visto pelos exemplos:

*“Uma ligação química é como uma sociedade empresarial entre várias pessoas (...) na ligação química vários átomos compartilham elétrons para chegar a uma configuração ideal, a qual sozinhos não conseguiriam. E numa sociedade as pessoas unem seus capitais para fundar uma empresa que sozinhos não conseguiriam.” (A3)*

*“Na ligação covalente apolar os átomos compartilham elétrons a fim de se tornarem estáveis, ou seja, um benefício mútuo, como quando duas pessoas fazem uma sociedade com a intenção de comprar um carro, onde cada uma entra com a metade do valor do carro”. (B5)*

Em uma das analogias apresentadas pelos alunos da escola B, foi verificada a presença de animismo (os alunos atribuíram sentimento aos átomos). Além disso, três duplas de alunos criaram um domínio análogo irreal na tentativa de explicar alguma característica de ligação iônica. Na analogia criada por uma dessas duplas, um número provavelmente definido de homens e mulheres numa sociedade foi estabelecido em função do conhecimento desses alunos da estrutura em rede do NaCl:

*“Para explicarmos as ligações iônicas, usaremos como exemplo uma ligação tipo NaCl. Existem várias pessoas interligadas numa rede amorosa. Tanto os homens quanto as mulheres, neste caso, necessitam de seis pessoas do sexo oposto, para que levem uma vida emocional estável. Todos vivem numa mesma sociedade, formando uma rede amorosa organizada. Mas quando um dos relacionamentos é abalado, pode influenciar nos mais próximos (planos de átomos) causando a separação destes. E quando essas pessoas passam para um meio social que desperte neles outros interesses, as relações amorosas ficam mais fracas (dissolução do NaCl em água)”. (B8)*

Nesse caso, é possível dizer que os alunos tinham um certo conhecimento sobre a rede iônica e tiveram apenas o trabalho de criar alguma situação que se adaptasse ao que já sabiam. Entretanto, caso essa analogia fosse apresentada para outra pessoa, esta poderia questionar a necessidade de seis pessoas de sexo oposto numa sociedade.

Muitas das analogias apresentadas pelos alunos de ambas as escolas se referem a sentimentos entre pessoas. Elas têm como temas, por exemplo, ocorrência de beijo, mulher (núcleo) atraindo homens solteiros (elétrons livres), cargas opostas se atraindo como homem e mulher através do amor.

Através do conteúdo das analogias apresentadas, foi possível perceber o pouco entendimento que a maioria dos alunos da escola A apresentou sobre ligações químicas. Os alunos expressaram conceitos vagos e confusos sobre átomos, elementos, moléculas, energia, estabilidade e substâncias. Isto foi percebido mais intensamente para os alunos do noturno, entre os quais nenhuma dupla conseguiu elaborar uma analogia coerente, contrariamente à grande parte dos alunos do turno da manhã, que tiveram maior êxito nessa tarefa. O exemplo a seguir evidencia as concepções equivocadas sobre como e porque as ligações ocorrem:

*“Nós temos uma banda com 7 componentes: vocalista, guitarra, violão, contra-baixo, saxofone, bateria e teclado. Numa banda todos tocam no ritmo e acordes contidos na música cantada, pois se acontece o contrário, tudo desafina e sai do ritmo deixando todos perdidos. Numa banda o alvo é tocar a música nos acordes certos e quando ouvida ser naturalmente aplaudida e aceita pelo público; isso acontecendo nos dará muita energia e forças para continuar cantando. Assim acontece na ligação química, os átomos das moléculas se juntam uns aos outros e vão em direção*

ao núcleo que está positivamente carregado e rodeado de elétrons distribuídos em 7 níveis de energia.” (A17)

Isso demonstra que alguns alunos, apesar de terem sido capazes de criar analogias, estabeleceram relações confusas entre os domínios alvo e análogo. Isso pode evidenciar que as analogias são realmente algo inerente ao pensamento humano e que o estabelecimento de uma analogia – ou, em outras palavras, a necessidade de estabelecer relações, é uma atividade que deixa claro o que o aluno entende ou não.

Mesmo os alunos da escola B demonstrando um melhor entendimento sobre ligações químicas, foi possível verificar a existência de concepções alternativas sobre o tema, tais como: confusão entre ligação e interação intermolecular e entre átomo e molécula e concepção de ligação iônica se restringindo a transferência de elétrons. O exemplo a seguir evidencia esse fato:

“Dois meninos, um deles tinha 11 pães, mas precisava de 8 para matar sua fome, e um outro menino que morava perto dos nobres, mas que era pobre e só tinha 5 pães e precisava de mais três. Um dia ele viu o menino rico com muitos pães, então ele pediu 3 pães para ficar com 8 e saciar sua fome, como o menino rico estava procurando alguém para doar seus 3 pães que estavam sobrando, achou uma ótima idéia, e assim eles construíram uma amizade estável”. (B19)

Apesar de o ensino ter sido o mesmo para as duas turmas da escola B, foi possível diagnosticar a presença de concepções inadequadas – referentes à transferência de elétrons como sendo a ligação iônica – somente em uma das turmas. Como em ambas as turmas o professor não havia enfatizado esse fato durante o ensino de ligação iônica, concluímos que os alunos trouxeram esse conceito de outra etapa de escolarização e que o ensino vivenciado por eles no 2º ano do ensino médio não foi capaz de ajudá-los a modificar tal concepção. O mesmo não foi verificado para os alunos da outra turma. Felizmente, como o questionário foi aplicado durante o ensino de ligações químicas, as professoras das duas escolas puderam trabalhar novamente com esse assunto, tentando discutir os aspectos centrais dessas dificuldades expressas pelos alunos.

No quadro 2 são apresentadas algumas das opiniões dos alunos sobre suas próprias analogias. Como cada dupla pode ter expressado mais de um argumento, o somatório pode ultrapassar 100%. Os alunos classificaram suas analogias em boas, parciais ou ruins e justificaram a escolha. Classificamos o tipo de resposta dada pelos alunos em coerente e incoerente para o caso em que eles julgaram as analogias como boas.

É uma boa analogia?	Tipo de justificativa	Argumento	% de grupos	
			Escola A	Escola B
Sim	Coerente	Comparação simples, clara e objetiva	19,1	8,8
		Compara algo conhecido com algo desconhecido	3,2	15,2
		Explica alguns aspectos de ligação química	3,2	15,2
		Facilita o entendimento	-	19,0
		Facilita a visualização	3,2	-
		Comparação com algo que desperta interesse dos jovens	3,2	-
	Incoerente	Comentários sobre a analogia que não justificam a opinião dada	3,2	12,7
		Explica como uma ligação química é formada	10,9	9,6
		A analogia explica tudo	-	6,5
Parcial		Não explica todos os detalhes	3,2	17,4
		Depende da situação	-	4,4
Não		Apresenta só um aspecto	-	4,4

	Falar é melhor do que escrever	3,2	-
	Cada pessoa entende de um jeito	3,2	-

**Quadro 2.** Algumas opiniões dos alunos sobre suas analogias.

Apesar de os alunos da escola B terem feito mais analogias, em ambas as escolas os alunos apresentam argumentos semelhantes quanto à justificativa de uma analogia ser boa ou não. Além disso, apesar de os alunos da escola A terem tido mais dificuldades na elaboração da analogia, eles foram capazes de reconhecer que o uso de analogias no ensino é válido para ajudá-los a aprender (como demonstram alguns dos argumentos apresentados no quadro 2).

No quadro 3 são apresentados os aspectos mais importantes que as analogias criadas pelos alunos explicavam (ou não) em relação ao estabelecimento de uma ligação química. Novamente, como alguns alunos apontaram mais de um aspecto em cada caso, o percentual total em cada escola ultrapassa 100%.

Aspectos	Categorias	% de grupos	
		Escola A	Escola B
Explicados pela analogia	Instabilidade dos átomos	15,2	12,7
	Porque os átomos se ligam	9,5	4,4
	Compartilhamento e quantidade máxima de elétrons	3,2	8,8
	Atração entre íons de cargas opostas	-	19,6
	Como os átomos se ligam	-	12,7
	Forças de atração	-	4,4
	Rede iônica	-	8,8
	Propriedades de substâncias iônicas (solubilidade e serem quebradiças)	-	8,8
	Afinidade entre átomos	-	6,5
	Ligação covalente apolar	-	4,4
	Elétrons livres	-	4,4
Não explicados pela analogia	Polaridade de moléculas	3,2	4,4
	A quantidade de elétrons da configuração ideal	7,4	8,8
	Como os átomos se organizam	3,2	21,7
	Forças de atração e repulsão	9,5	8,8
	Formação de íons	3,2	13,0
	Só explica um tipo de ligação	6,5	15,2
	Substância mais estável que os átomos isolados	3,2	8,8
	Aspecto tridimensional de uma rede iônica	-	13,0
	Propriedades de substâncias iônicas (condutividade, brilho)	-	8,8
	Relativo ao domínio análogo	-	4,4
	Movimento de elétrons	-	4,4
Apresenta aspectos com o domínio alvo incoerentes		34,9	38,0
Não apresentam nenhum aspecto relacionado ao domínio alvo		30,1	-
Não reconhecem que a analogia apresenta limitações		-	10,9

**Quadro 3.** Principais aspectos que as analogias criadas pelos alunos explicavam (ou não) em relação ao estabelecimento de uma ligação química.

O quadro 3 apresenta resultados muito importantes para uma visão geral do entendimento dos alunos sobre a natureza da ligação química. Isso porque a questão permitiu que eles próprios estabelecessem conexões entre os dois domínios distintos. Esta é uma situação pouco familiar para eles, uma vez que esse aspecto é pouco explorado em livros didáticos e por professores, que nem sempre buscam discutir mais detalhadamente as comparações entre alvo e análogo (Monteiro & Justi, 2000).

Nessa análise, percebemos que alguns alunos conseguiram versar tranquilamente pelo assunto, apontando idéias e conceitos realmente relevantes no estudo das ligações químicas explicados ou não por suas analogias. Isto aconteceu prioritariamente entre os alunos da escola B, como evidenciado pelo quadro 3.

Os dados analisados indicam que os alunos da escola B podem ter desenvolvido um conhecimento mais profundo sobre ligação química quando comparados aos alunos da escola A. Além de comentarem sobre a formação da ligação química, eles exploraram outros aspectos, como algumas propriedades das substâncias.

Um aspecto interessante observado para os alunos da escola B é que mesmo alunos que fizeram relacionamentos incorretos em sua analogia conseguiram apontar pontos coerentes em que ela falhava, o que pode indicar um certo entendimento do tema. Um exemplo foi a dupla B21 que, ao propor a analogia, fez uma confusão entre molécula polar com ligação iônica, no qual ímãs que apresentam pólos opostos se atraem assim como na ligação iônica, onde as cargas opostas sofrem atração. Apesar dessa confusão, eles reconheceram que a analogia deles não explica como ocorre a formação de íons, além da dimensão e do formato da rede iônica.

Uma possível explicação para a diferença observada entre os alunos das escolas A e B pode estar relacionada ao tipo de ensino vivenciado por esses alunos e seus conhecimentos anteriores. A análise dos dados evidenciou que uma grande parte dos alunos da escola A não conseguiu aprender os principais aspectos de ligação química, principalmente, os do noturno. Acreditamos que o fato de esses alunos terem a dificuldade de conciliar escola e trabalho e das deficiências geradas ao longo da escolaridade, pela própria natureza dos processos de ensino-aprendizagem aos quais estão submetidos, podem ter contribuído para que isso acontecesse.

No quadro 4 é apresentada a tabulação das respostas sobre como os alunos avaliaram o processo vivido por eles nessa atividade.

Opinião	% de grupos	
	Escola A	Escola B
Acharam muito difícil responder as questões	6,3	13,0
Inicialmente acharam difícil elaborar a analogia, mas depois gostaram de ter respondido	44,4	43,7
Acharam difícil elaborar a analogia, mas acharam interessante conseguir pensar em termos de uma analogia	31,7	4,3
Não tiveram dificuldades em responder	6,3	39,1
Marcaram 2 ou mais opções	9,5	-
Em branco	3,2	-

**Quadro 4.** Opinião dos alunos sobre a participação na atividade.

Ao fazerem uma avaliação do processo vivido, observamos que boa parte dos alunos achou difícil a proposta de elaborar uma analogia para explicar a ocorrência de uma ligação química (principalmente os da escola A). Entretanto, mesmo com dificuldades, muitos alunos apontaram que

gostaram da atividade por ela ser diferente, divertida e criativa, como pode ser observado no exemplo:

*“Inicialmente achamos difícil elaborar a analogia, mas depois gostamos de ter respondido o questionário porque lidar com exemplos do nosso cotidiano são mais fáceis de entender”.* (A1)

Talvez os alunos da escola B tenham tido menos dificuldade em elaborar analogia pelo fato de usarem mais esse recurso em sua escola, como foi explicitado na resposta dada pela dupla B20.

*“Não tivemos dificuldades em responder as questões porque utilizamos este método freqüentemente”.* (B20)

Essas argumentações apresentadas pelos alunos apontam para a importância de o professor não somente solicitar que os alunos criem uma analogia, mas também favorecer condições para que eles pensem sobre a analogia criada (como aconteceu a partir das questões propostas para eles no questionário). Além disso, os argumentos apresentados pelos alunos quando da avaliação da atividade apontam para *como* e *porque* analogias podem ajudar no processo de aprendizagem. A nosso ver, esses são aspectos relevantes de serem considerados na prática de professores comprometidos com a aprendizagem significativa de seus alunos.

## **Conclusões e implicações**

A análise dos dados evidenciou que:

- É muito importante que os alunos criem suas próprias analogias porque esta é uma atividade que exige do aluno criatividade, análise crítica e o estabelecimento de relações coerentes entre dois domínios distintos.
- A utilização do questionário – contendo solicitações diferentes das tradicionais e nas quais os alunos tinham que justificar suas idéias – como instrumento foi fundamental para as professoras verificarem a aprendizagem dos alunos e diagnosticarem suas concepções alternativas. Algumas delas não haviam sido percebidas pelas professoras em situações de ensino e avaliação anteriores. Acreditamos que isso aconteceu porque ao responder o questionário, os alunos tiveram que expor suas próprias idéias, ao invés de simplesmente declarar algo (que eles achavam que o professor esperava que fosse declarado).

Conclusões semelhantes foram discutidas nos trabalhos de Wong (1993), Kaufman (1996) e Pittman (1998), mas que haviam sido realizados em contextos completamente diferentes.

A nosso ver, quando o professor proporciona oportunidades em aula para que os alunos elaborem suas próprias analogias, criam-se condições favoráveis para o processo ensino-aprendizagem, bem como condições para o professor compreender e intervir nesse processo, através das possibilidades de:

- explorar o alvo através de diferentes analogias elaboradas pelos próprios alunos, apontando quais seriam mais adequadas para explicar determinados aspectos do alvo;
- discutir o que é uma boa analogia, destacando os exemplos e os contra-exemplos da própria turma e analisando criticamente as analogias elaboradas por eles;
- pesquisar e analisar criticamente, juntamente com os alunos, as analogias presentes em diferentes livros didáticos.

Um dos aspectos mais relevantes dessa pesquisa foi exatamente o fato de a análise dos dados fundamentar intervenções das professoras no processo de ensino que contribuíram significativamente para a aprendizagem dos alunos. Percebemos – por nossa experiência como professoras e por várias falas de alunos – que o sucesso dessas intervenções resultou não só do fato

de elas terem como foco as idéias dos próprios alunos expressas de forma autêntica, mas também por terem ocorrido de forma criativa e diferente da que eles estavam habituados<sup>2</sup>.

## Referências Bibliográficas

- Carvalho, N.B. & Justi, R.S. (2005). Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias, 24 extra*. Disponível em <http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.
- Curtis, R.V. & Reigeluth, C.M. (1984). The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science, 13*, 99-117.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education, 75*, 649-672.
- Ferraz, D. F. & Terrazzan, E. A. (2003). Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação?, *Ciência & Educação, 9*, 213-227.
- Gilbert, J. K. & Boulter, C.J. (1995). Stretching models too far. Artigo apresentado no Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Glynn, S.M., Briton. B.K., Semrud-Clikeman, M. & Muth, K.D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J.A. Glover, R.R. Ronning & C.R. Reynolds (Eds.). *A handbook of creativity: Assessment, research and theory*. (pp. 383-398) New York: Plenum.
- Glynn, S.M. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-With-Analogies Model. In S.W. Glynn, R.H. Yeany and B.K. Briton (Eds.). *The Psychology of Learning Science* (pp. 219-240). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Hesse, M.B. (1970). *Models and Analogies in Science*. Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press.
- 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*, 369-398.
- Mendonça, P.C.C., Justi, R.S., Ferreira, P.F.M (2005). Analogias utilizadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos alunos e papel na aprendizagem. *Enseñanza de las Ciencias, 24 extra*. Disponível em <http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.
- Mendonça, P.C.C. & Justi, R. (submetido). Utilização de analogias no ensino médio com função criativa. *Química Nova na Escola*.
- Monteiro, I.G. & Justi, R.S. (2000). Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências, 5*. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>
- Orgill, M. & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice, 5*, 15-32.
- Pittman, K.M. (1998). Student-Generated Analogies: Another Way of Knowing? *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 1-22.
- Souza, V.C.A., Justi, R. & Ferreira, P.F.M. (2006). Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: Uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências, 11*. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- Wong, E.D. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool of explanation. *Journal of Research in Science Teaching, 30*, 1259-1272.

---

<sup>2</sup> Maiores detalhes sobre uma dessas intervenções serão apresentados em Mendonça e Justi (submetido).

**Anexo.** Questionário aplicado aos alunos

1. Suponha que sua turma vai fazer uma avaliação sobre “ligação química”. Para estudar, os alunos se organizam em grupos de estudo. Em seu grupo, alguns colegas apresentam dificuldades para entender o assunto. **Elaborem uma analogia** que poderia ajudá-los a entender **como uma ligação química acontece**.
2. Expliquem detalhadamente **como vocês usariam essa analogia para explicar** para seus colegas como uma ligação química acontece.
3. Vocês acham que a analogia que vocês criaram é uma boa analogia? Por quê?
4. Que aspectos sua analogia **dá conta de explicar**?
5. Que aspectos sua analogia **não dá conta de explicar**?
6. **Assinalem** a opção que melhor representa o que vocês sentiram ao responder esse questionário e **complete** a frase assinalada.
  - ( ) Achamos muito difícil responder as questões porque \_\_\_\_\_
  - ( ) Inicialmente achamos difícil elaborar a analogia, mas depois gostamos de ter respondido o questionário porque \_\_\_\_\_
  - ( ) Achamos difícil elaborar a analogia, mas achamos que seria interessante conseguir pensar em termos de uma analogia porque \_\_\_\_\_
  - ( ) Não tivemos dificuldades em responder as questões porque \_\_\_\_\_