

## CONCEPÇÕES DE ALUNOS DE CIÊNCIAS SOBRE ESTRUTURA ATÔMICA E LIGAÇÃO QUÍMICA EXPRESSAS EM SUAS COMPARAÇÕES

**Nilmara Braga Mozzer<sup>1</sup>**

(Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, nilmarab@yahoo.com.br)

**Rosária Justi<sup>2</sup>**

(Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química e Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, rjusti@ufmg.br)

### RESUMO

Uma das maneiras a partir das quais os alunos podem expressar as ideias que fundamentam seus modelos mentais é através do estabelecimento de suas próprias comparações, situação em que identificam as similaridades entre dois domínios a partir de sua perspectiva e não daquela do professor. Por isso nos propusemos, no estudo parcialmente relatado neste artigo, a investigar como o processo de estabelecimento de comparações pelos alunos pode contribuir para a identificação das concepções dos alunos sobre estrutura atômica, ligações químicas e conceitos relacionados. Para isso, realizamos entrevistas clínicas pré e pós-instrução com 9 alunos da oitava série do ensino fundamental (13-14 anos) de uma escola particular de Belo Horizonte. Esse tipo de situação mostrou-se capaz de permitir o acesso às ideias dos alunos, abrindo-nos portas para a compreensão da maneira pela qual eles atribuem significado a conceitos científicos. Palavras-chave: comparações, ligações químicas, estrutura atômica.

### ABSTRACT

Students can express ideas that base their mental models through comparisons, that is, when they identify the similarities between two domains from their own perspective rather than from that of their teacher. In the study reported in this paper, we intended to investigate how the process of students making comparisons can contribute to the identification of their ideas about atomic structure, chemical bonding, and related concepts. Pre- and post-teaching clinical interviews were conducted with nine 13-14 years-old students from a private school in Belo Horizonte. Such a situation allowed us to access students' ideas, favouring the understanding about the way students attribute meaning to scientific concepts.

Key words: comparisons, chemical bonding, atomic structure.

## INTRODUÇÃO

Sob o ponto de vista construtivista, aprender é um processo de construção ativa e que só é possível com base no conhecimento previamente adquirido. Nesta perspectiva, aprender é um processo de “ativamente empregar o já familiar para entender o não familiar” (Duit, 1991, p. 652).

Vosniadou e Ortony (1989) ressaltam que o raciocínio humano nem sempre opera na base de regras gerais de inferências livres de conteúdo, mas, ao contrário, está frequentemente ligado a corpos específicos de conhecimento e é grandemente influenciado pelo contexto no qual ele ocorre. Em sistemas de raciocínio desse tipo, aprendizagem não se realiza por meramente adicionar novos fatos e aplicar as mesmas regras de inferências a eles. Ao invés disso, aprendizagem de sucesso frequentemente depende da habilidade de identificar os corpos de conhecimento mais relevantes que já existem na memória, para que esse conhecimento possa ser usado como ponto de partida para aprendizagem de algo novo.

Baseadas em conceitos, relações e imagens já acessíveis aos alunos, as analogias – modelos que propiciam o estabelecimento de *relações* entre um domínio familiar chamado de *domínio análogo* (Glynn, 1991) e outro desconhecido chamado de *domínio alvo* (Duit, 1991; Gentner, 1983; Glynn, 1991) – tornam-se, então, fundamentais no processo de construção da aprendizagem de acordo com as abordagens construtivistas.

No caso da aprendizagem de ciências como a química, que envolve temas abstratos como estrutura atômica e ligação química, considerados conceitualmente difíceis pelos alunos (Coll, 2006), o uso de analogias se mostra relevante. Coll afirma que, interessantemente, estes são os mesmos temas para os quais os cientistas fazem uso de analogias com o objetivo de ajudá-los a entender os conceitos e a expressar suas ideias. Portanto, ao ensinarmos através de analogias, estamos seguindo os mesmos passos dos cientistas na construção do entendimento de fenômenos abstratos.

Enquanto tentam compreender os conceitos científicos ou solucionar problemas a eles relacionados, os alunos elaboram modelos mentais (Gilbert & Boulter, 1995), processo no qual utilizam, não só as analogias, mas também outras similaridades que devem ser levadas em consideração pela frequência com que são estabelecidas e as ideias que os alunos explicitam por meio delas. Estas comparações são as *similaridades literais* e as *comparações de mera aparência*

(Gentner, 1983; 1989; Gentner & Holyoak, 1997). De acordo com Gentner, as primeiras são comparações em que relações entre os domínios são mapeadas (como nas analogias) e, além disso, atributos de objeto (propriedades descritivas como cor, tamanho, forma etc.) são combinados. As segundas são aquelas em que somente atributos de objeto são compartilhados entre os domínios comparados.

De acordo com as metodologias utilizadas na Psicologia Cognitiva para investigar as representações dos sujeitos, no que se refere às representações mentais, estas podem ser modeladas a partir de *comportamentos* e *verbalizações*, partindo-se do pressuposto de que representações internas podem ser acessadas, mesmo que parcialmente, através de suas representações externas (Greca, 2006).

Acreditamos que uma das maneiras a partir das quais os alunos podem expressar as ideias que fundamentam seus modelos mentais, é através do estabelecimento de suas próprias comparações, situação em que identificam as similaridades a partir de sua perspectiva e não daquela do professor.

Como observou Coll (2006), essa é uma tarefa de investigação intrinsecamente difícil dada a natureza pessoal dos modelos dos alunos, que podem ser expressos de maneira incompleta e desordenada, mas que, ao mesmo tempo, podem permitir ao professor acessar as ideias desses alunos sobre determinado conteúdo e fornecer bons indicativos de como eles atribuem significado às informações compartilhadas em um ambiente de ensino e aprendizagem.

Diante desse contexto, nos propusemos, neste artigo, a responder a seguinte questão de pesquisa: Como o processo de estabelecimento de comparações pelos alunos pode contribuir para a identificação das concepções dos alunos sobre estrutura atômica, ligações químicas e conceitos relacionados?

## **METODOLOGIA**

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas com 9 alunos da oitava série do ensino fundamental (13-14 anos) de uma escola particular de Belo Horizonte.

A amostra foi selecionada entre alunos da primeira pesquisadora em função de fatores considerados facilitadores de alguns aspectos da pesquisa como: o controle pela própria pesquisadora sobre o conteúdo e a maneira como este seria ministrado; a boa relação existente

entre a pesquisadora e os alunos, fundamental para a condução das entrevistas; e a compatibilidade de horários entre ela e seus alunos.

As entrevistas tiveram “ligação química” como tema principal, por ser este um tema abstrato, e, portanto, considerado como mais propenso ao uso de analogias por parte dos sujeitos (Coll, 2006; Thagard, 1992). Elas ocorreram em duas fases: pré- e pós-instrução, em função de nosso objetivo, no projeto mais amplo no qual este estudo se insere, de investigar a influência do conteúdo no processo de estabelecimento de comparações pelos alunos.

As entrevistas se fundamentaram no método clínico de Piaget (1926) e foram abertas (qualitativas) e semi-estruturadas. Nelas especificamos perguntas básicas (veja os roteiros das entrevistas nos anexos 1 e 2 deste artigo) que foram feitas a todos os entrevistados como uma maneira de controlar a confiabilidade. Apesar disso, a seqüência e nível de aprofundamento das questões foram decididos ao longo da entrevista, de acordo com as respostas dos sujeitos da pesquisa. Sempre que considerávamos necessário um maior detalhamento ou esclarecimento, eram realizadas perguntas complementares.

Foram utilizados registros em áudio e vídeo das entrevistas, além de notas observacionais de campo, principalmente com relação às aulas introdutórias ao tema, aos conteúdos ensinados no período correspondente a cada entrevista e em aulas posteriores à introdução do tema.

Nas entrevistas pré-instrução (anexo 1), buscamos verificar se a questão de os átomos se ligarem era algo que o aluno já havia pensado para, posteriormente, verificarmos como ele imaginava a ocorrência dessas ligações. Nosso intuito era o de descobrir as tendências espontâneas do pensamento do aluno, ao invés de canalizá-las e as conter (Piaget, 1926).

Caso nada fosse dito com relação ao fato de os átomos se ligarem, a pesquisadora afirmava que os átomos de hidrogênio e oxigênio se encontravam unidos na molécula de água e solicitava ao aluno que fornecesse explicações sobre o que ele compreendia daquela afirmação.

Para facilitar a expressão das ideias dos alunos, a pesquisadora disponibilizava diversos materiais, como bolinhas de isopor de diversos tamanhos e de cores variadas, palitos de dente, papel, lápis de cor, canetas coloridas e massinha. Contudo, esses materiais, mantidos em um ambiente diferente daquele onde estava sendo realizada a entrevista, só eram apresentados ao aluno quando ele já haviam apresentado as suas explicações iniciais. Isto para que não induzíssemos ou limitássemos suas representações (mentais ou expressas) em função dos recursos disponibilizados.

Em seguida, solicitávamos que o aluno explicasse a união entre os átomos, através de uma comparação. Para contextualizar e exemplificar a questão, no intuito de facilitar a compreensão sobre o que estava sendo perguntado (Pantton, 2002 apud Brenner, 2006), citamos a analogia funcional entre nossos dedos – indicador e polegar – e uma pinça.

Após estabelecer esta comparação, a pesquisadora estimulava o aluno a explicitar os mapeamentos e a justificar suas opções e ideias. Tal procedimento foi adotado em toda a entrevista, utilizando-se dos mesmos recursos.

As entrevistas pós-instrução (anexo 2) foram realizadas após as aulas introdutórias ao tema “ligações químicas” terem sido ministradas. Nessas aulas, foi apresentado o fenômeno da queima do magnésio e ocorreram discussões no intuito de buscar, principalmente, explicações para: (i) o porquê de os átomos se ligarem; (ii) o porquê de existirem substâncias formadas por átomos isolados; e (iii) o porquê de os átomos, após se ligarem, se manterem unidos.

Nas entrevistas pós-instrução, a pesquisadora iniciava o direcionamento solicitando que o aluno, após assistir trechos da entrevista anterior (pré-instrução), lhe prestasse alguns esclarecimentos sobre suas ideias anteriores. Nesse processo de validação, denominado *checagem entre membros* (Brenner, 2006), os esclarecimentos tinham o objetivo de verificar se as interpretações da pesquisadora com relação às ideias e modelos dos alunos apresentados na primeira entrevista eram condizentes com aquilo que eles pensavam.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na apresentação dos resultados deste trabalho, em observância aos princípios da ética na pesquisa, preservaremos as identidades dos alunos investigados, referindo-nos a eles através do código Aluno n, onde “n” é um número de ordem aleatório. Apesar de terem participado alunos de ambos os sexos, não os distinguiremos quanto ao gênero, pois não foi realizada nenhuma análise neste sentido.

Este trabalho é parte de um estudo maior que originou a dissertação de mestrado da primeira pesquisadora, orientada pela segunda, no qual foram elaborados estudos de caso contendo relatos detalhados das discussões entre os alunos e a pesquisadora. Destes estudos de caso, extraímos as comparações pré- e pós-instrução estabelecidas pelos sujeitos da pesquisa, com destaque para os domínios comparados e as correspondências entre as similaridades, que

constam do quadro 1 deste trabalho. Elaboramos também o quadro 2, onde apresentamos as principais ideias dos alunos expressas nas comparações contidas no quadro 1 e em suas explicações complementares advindas da análise dos estudos de caso (para maiores detalhes, veja Mozzer (2008)).

Para situar nossa discussão sobre as ideias dos alunos expressas nas entrevistas pré-instrução, é importante identificar o conteúdo ministrado nas aulas de química até o momento em que essas entrevistas foram realizadas. O Aluno 2, primeiro a ser entrevistado, havia começado os estudos sobre o modelo de Dalton, o Aluno 3 estudava modelo de Thomson, os alunos 5 e 6, o modelo de Rutherford e os demais já haviam estudado o modelo de Bohr.

O estabelecimento, pelos alunos, de comparações de mera aparência (aquelas em que somente propriedades descritivas entre os domínios comparados são combinadas) e similaridade literal (aquelas em que ambas, propriedades descritivas e relações entre os domínios, são correlacionadas) foi muito comum no período pré-instrucional, pois por envolverem a combinação de atributos de objetos, parece que as mesmas foram mais facilmente percebidas pelos alunos (Gentner e Markman, 1997).

As ideias expressas nessas comparações, complementadas pelos esclarecimentos fornecidos pelos alunos sob solicitação da pesquisadora ao longo das entrevistas desse período, permitiram-nos atentar para características e propriedades do mundo físico que os alunos atribuem a conceitos abstratos como os de átomo e ligação química. Foi comum a comparação de átomos a esferas com superfície limitante, contendo partículas em seu interior – um híbrido entre modelos atômicos (veja as ideias dos Alunos 1, 2, 4, 5, 7 e 9, no quadro 2).

Como o entendimento da maneira pela qual os átomos se unem depende diretamente das ideias associadas às representações de átomos dos alunos, pudemos perceber que todos aqueles que imaginavam a existência de uma superfície limitante também conceberam a ligação química como contato físico entre esferas. Apesar disso, todos os alunos que explicaram o processo de união entre os átomos partindo da ideia de força, a associaram a algo não material. Isso parece ter sido influenciado pelo conhecimento saliente<sup>3</sup> dos alunos (Mozzer, 2008) sobre a atração entre ímãs (ou entre ímã e o ferro) e entre o sol e os planetas, justificando a frequência de seleção destes como domínios análogos (veja quadro 1, alunos 1, 4, 5, 6, 7 e 8). A origem desta força, no entanto, raramente foi relacionada à presença de cargas elétricas nos átomos (somente os alunos

1, 4 e 6 foram capazes de fazê-lo – quadro 2), apesar de a maioria deles (exceto Aluno 2) já ter sido apresentada a modelos atômicos que abordavam tal aspecto.

Visto que isso ocorreu na primeira parte das entrevistas, um aspecto importante que pode indicar uma evolução nas concepções dos alunos a partir de suas analogias expressas nas entrevistas pós-instrução é a consideração da existência de forças elétricas (alunos 3 e 4) e do equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas que coexistem em átomos ligados (alunos 1, 2, 5 e 6). Apesar disso, para os alunos 4 e 6, essas forças restringiam-se àquelas entre íons. As ideias desses alunos parecem ter sido influenciadas pelo conteúdo sobre ligação iônica ministrado na época em que ocorreram suas entrevistas o que, mais uma vez, reforça nossas concepções sobre a influência exercida pelos conhecimentos salientes nos modelos mentais elaborados pelos alunos e, conseqüentemente, em suas comparações.

Algo semelhante, ocorreu com os alunos 7, 8 e 9 que, apesar de na entrevista pré-instrução mencionarem a existência de forças atrativas entre os átomos, na entrevista pós-instrução, realizada na época em que estudavam ligação covalente, não reconheceram a necessidade da existência de forças entre os átomos para a sua união. Tais forças foram relacionadas à presença de elétrons em níveis de energia sobrepostos.

Essas ideias, como mencionado, influenciaram os tipos de comparações elaborados pelos alunos (como constatado anteriormente por Vosniadou, 1989 e Mozzer, 2008) nessa fase de entrevistas. Somente os alunos 3, 5 e 8 estabeleceram comparações de mera aparência ou similaridade literal, sendo que todos os demais foram capazes de criar analogias, ou seja, de estabelecer relações entre os domínios comparados, ignorando as propriedades descritivas. Mesmo o aluno 3, que estabeleceu uma comparação de mera aparência entre a união de elos de uma corrente e de átomos, foi capaz de relacionar a atração magnética dos ímãs à atração eletrostática dos átomos.

Sob nosso ponto de vista, aliada à possibilidade da existência de um *continuum* entre similaridades literais e analogias destacada por Gentner e Markman (1997), está a possibilidade da transição de um raciocínio por meio de similaridades literais (ou até de comparações de mera aparência) para um raciocínio relacional (análogo) em sua essência; transição essa fundamentada na compreensão do conhecimento disponível ao aluno no momento em que elabora suas comparações e na qual o professor desempenha um papel de suma importância.

ALUNO ENTREVISTA	PRÉ-INSTRUÇÃO		PÓS-INSTRUÇÃO	
	DOMÍNIOS COMPARADOS	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIOS COMPARADOS	CORRESPONDÊNCIAS
Aluno 1	Bolas ↔ <sup>4</sup> Átomos	Ocas <- -> Ocos Superfície limitante <- -> Superfície limitante	Mães/filhos adolescentes ↔ Átomos	Atração devido aos laços afetivos ↔ Atração devido às cargas elétricas de sinais opostos Repulsão devido aos laços afetivos ↔ Repulsão devido às cargas elétricas de mesmos sinais
	Pais/filhos ↔ Átomos	Atração devido aos laços afetivos ↔ Atração devido às cargas elétricas		
	Ímã/Metal ↔ Átomos	Contato físico entre objetos <- -> Contato físico entre átomos Atração entre ímã e metal ↔ Atração entre átomos		
	Sol/planetas ↔ Átomos	Atração gravitacional ↔ Atração devido às cargas elétricas		
Aluno 2	Objetos ↔ Átomos	União através da cola <- -> União através do atrito	Ímãs ↔ Átomos	Forças de atração magnética ↔ Forças de atração eletrostática Forças de repulsão magnética ↔ Forças de repulsão eletrostática
	Peso ↔ Força exercida pelos átomos	Força devido à massa do corpo ↔ Força de atração interatômica		
Aluno 3	Esfera ↔ Partícula de água	Consistência gelatinosa <- -> Consistência gelatinosa	Ímãs ↔ Átomos	Forças de atração magnética ↔ Forças de atração eletrostática
	Pedaços de massinha ↔ Átomos	União de dois pedaços de massinha prensados <- -> União entre átomos que se atraem e se interpenetram		
Aluno 4	Esfera ↔ Átomos	Ocas <- -> Ocos Superfície limitante <- -> Superfície limitante	Pessoas chatas e legais ↔ Átomos	Atração afetiva entre pessoas chatas e legais ↔ Atração eletrostática entre átomos Repulsão afetiva entre pessoas chatas ou legais entre si ↔ Repulsão eletrostática entre átomos
	Pessoas chatas e legais ↔ Átomos	Atração devido aos laços afetivos ↔ Atração devido às cargas elétricas		
	Ímã/Prego ↔ Átomos	Atração magnética ↔ Atração devido às cargas elétricas		
	Sogra/Casal ↔ Nêutrons/Elétrons e prótons	Impedimento de atração física ↔ Impedimento de atração eletrostática		
Aluno 5	Ímãs ↔ Átomos	Contato físico entre os objetos <- -> Contato físico entre os átomos Atração magnética ↔ Atração gerada por uma “substância” existente no átomo	Ímãs ↔ Átomos	Contato físico entre os objetos <- -> Contato físico entre os átomos Força de atração magnética ↔ Força de atração eletrostática Força de repulsão magnética ↔ Força de repulsão eletrostática

Quadro 1- Comparações estabelecidas pelos alunos nas entrevistas pré- e pós-instrução.



ALUNO ENTREVISTA	PRÉ-INSTRUÇÃO		PÓS-INSTRUÇÃO	
	DOMÍNIOS COMPARADOS	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIOS COMPARADOS	CORRESPONDÊNCIAS
Aluno 5 (continuação)	Mãos invisíveis <sup>5</sup> ↔ Ímãs/Átomos	Força de mesma direção e sentidos opostos ↔ Força de atração recíproca	—	—
Aluno 6	Ímãs ↔ Átomos	Força de atração magnética ↔ Força de atração eletrostática	Pólos do ímã ↔ Cátions/Ânions	Forças magnéticas ↔ Forças eletrostáticas
	Satélite/Terra ↔ Átomos	Força gravitacional ↔ Força de atração interatômica		
Aluno 7	Ímãs ↔ Átomos	Força de atração magnética ↔ Força de atração interatômica Variação da atração magnética com a distância ↔ Variação da atração interatômica com a distância	Fita adesiva ↔ Energia Fita adesiva ↔ Átomos <sup>6</sup>	Retirada do sistema ↔ Fornecimento de energia Retirada do sistema ↔ Separação
Aluno 8	Planetas/Sol ↔ Átomos	Força gravitacional ↔ Força de atração interatômica Variação da atração gravitacional com a distância ↔ Variação da atração interatômica com a distância	Pessoas interesseiras ↔ Átomos	Empréstimo visando recompensa <- -> Empréstimo mútuo de elétrons
Aluno 9	Cérebro ↔ Núcleo atômico	Comandos no corpo <- -> Comandos na união entre átomos	Dentes da engrenagem ↔ Níveis de energia	Região de encaixe ↔ Sobreposição dos níveis de energia <sup>10</sup>
	Pessoas de temperamentos iguais ou diferentes ↔ Átomos	Atração devido aos laços afetivos ↔ Atração devido à natureza das cargas elétricas Repulsão devido aos laços afetivos ↔ Repulsão devido à natureza das cargas elétricas		
	Engrenagem ↔ Átomo	Encaixe dos dentes <- -> Encaixe dos átomos		

Quadro 1- Comparações estabelecidas pelos alunos nas entrevistas pré- e pós-instrução (continuação).

ENTREVISTA IDEIAS EXPRESSAS	PRÉ-INSTRUÇÃO			PÓS-INSTRUÇÃO		
	ÁTOMO	UNIÃO	FORÇA	ÁTOMO	UNIÃO	FORÇA
<b>Aluno 1</b>	Bola dotada de um núcleo e cheia de elétrons rodando em seu interior.	Átomos de cargas opostas que se atraem e se tocam.	Não material, de natureza elétrica, originária da migração e fusão de núcleos nos átomos <sup>7</sup> .	Dotado de núcleo e níveis de energia com elétrons; sem superfície limitante.	Equilíbrio de forças atrativas e repulsivas entre os átomos.	Não material e de natureza elétrica, originária do núcleo e dos elétrons.
<b>Aluno 2</b>	Esfera diminuta, dotada de partículas em seu interior (região periférica) que se movimentam.	Átomos que se tocam e se mantêm unidos por meio do atrito.	Não material, atrativa, originária do choque entre partículas no interior do átomo.	Dotado de núcleo com elétrons ao redor; sem superfície limitante.	Equilíbrio de forças atrativas e repulsivas entre os átomos.	Não material e de natureza elétrica, originária do núcleo e dos elétrons.
<b>Aluno 3</b>	Esfera moldável, que apresenta poucas partes.	Atração e interpenetração dos átomos e sua 'transformação' em água	Não material, de natureza elétrica, originária de 'elétrons positivos e negativos' dos átomos.	Dotado de elétrons; com superfície limitante.	Forças atrativas entre íons, formados pelo 'salto quântico'.	Não material e de natureza elétrica, originária do núcleo e dos elétrons.
<b>Aluno 4</b>	Esfera com espaço vazio, elétrons e núcleo central com prótons e nêutrons. Estes impedem forças atrativas entre prótons e elétrons no interior.	Atração entre átomos de cargas opostas que se tocam.	Não material, de natureza elétrica.	Dotado de um núcleo com prótons e elétrons ao redor, em níveis de energia; sem superfície limitante.	Forças atrativas entre átomos de cargas opostas e repulsivas entre átomos de cargas de mesmo sinal.	Não material e de natureza elétrica, originária de átomos carregados.
<b>Aluno 5</b>	Esfera dotada de partículas em seu interior (região central).	Atração mútua entre átomos que se tocam, devido à substância presente nas partículas centrais.	Não material, atrativa e proveniente da 'substância' interna.	Esfera oca, dotada de um núcleo com prótons e nêutrons elétrons ao redor; com superfície limitante.	Abaixamento de energia pelo 'salto quântico' <sup>8</sup> . Equilíbrio de forças atrativas e repulsivas.	Não material, atrativas e repulsivas, mas de natureza não especificada.
<b>Aluno 6</b>	Esferas, dotadas de prótons, cujo número as diferenciam. Sem superfície limitante.	Equilíbrio de forças atrativas e repulsivas entre os átomos de cargas opostas unidos.	Não material, de natureza elétrica.	Dotado de um núcleo com prótons e elétrons ao redor, em níveis de energia; sem superfície limitante.	Transferências de elétrons entre átomos em um nível de energia comum. Equilíbrio de forças atrativas e repulsivas entre eles.	Não material e de natureza elétrica, originária de átomos carregados.
<b>Aluno 7</b>	Corpo diminuto, composto de várias partes.	Atração entre átomos que se tocam e que varia com a distância.	Não material, atrativa e dependente da temperatura.	Esfera com níveis de energia onde elétrons circulam.	Elétrons em movimento em níveis de energia de átomos diferentes que se interceptam. Dependente da temperatura.	Não determina a união entre os átomos.
<b>Aluno 8</b>	Esferas com características específicas, dependendo do material	Atração entre átomos que varia com a distância e coordenada pelo átomo de oxigênio	Não material, atrativa, 'circunda as partículas' e depende da temperatura	Dotado de um núcleo e elétrons ao redor, em níveis de energia. Independem do material	Empréstimo mútuo de elétrons em níveis de energia sobrepostos	Não determina a união entre os átomos.
<b>Aluno 9</b>	Algo pequeno, sem forma definida e de tamanho variável.	Encaixe entre átomos de cargas opostas, coordenado pelo núcleo.	Não material, atrativa. Vibrações promoveriam a aproximação entre átomos.	Dotado de um núcleo e elétrons ao redor, em níveis de energia.	'Troca de elétrons' em níveis de energia sobrepostos.	Não determina a união entre os átomos.

Quadro 2- Ideias dos alunos expressas em suas comparações e explicações pré- e pós-instrução.

## CONCLUSÃO

Como demonstrado neste trabalho, o processo de estabelecimento de comparações pelos alunos pode contribuir para a identificação de suas concepções sobre estrutura atômica, ligações químicas e conceitos relacionados, na medida em que esse tipo de situação fornece-lhes a oportunidade de expressar e explicar as relações de similaridades por eles identificadas entre os domínios comparados e, por consequência, de explicitar os conhecimentos salientes em sua estrutura cognitiva.

Sendo assim, seja qual for o tipo de similaridade utilizada pelo aluno para expressar seus modelos mentais, estas podem permitir o acesso às maneiras pelas quais os alunos constroem seus entendimentos sobre assuntos relacionados à ciência.

De uma maneira geral, nossos resultados capacitam-nos a afirmar que, mesmo que os conhecimentos nos quais os alunos se baseiam não estejam completamente formados e, muitas, vezes agreguem concepções errôneas, eles podem fornecer as bases para a construção de relações mais profundas, fundamentadas no conhecimento científico.

Segundo Dagher, (1994) essa mudança pode ser útil não tanto pela substituição de uma idéia do aluno por outra, mas pelo processo de evolução das idéias iniciais até transformá-las em concepções aceitas cientificamente.

Isso aponta para a necessidade da consideração dessas ideias pelos professores, suas evoluções e eventuais involuções, durante todo o processo de ensino e aprendizagem, pois um processo no qual novo conhecimento é gerado pode ser essencialmente facilitado pela orientação do professor (Dagher, 1995).

Muitos documentos como o PCN+ (Brasil, 2002) enfatizam a necessidade de se contextualizar o conteúdo a ser ensinado, de forma que os alunos possam atribuir significado a esses conteúdos e a facilitar suas associações com outros campos do conhecimento. Entretanto, na tentativa de atender a essa necessidade, o que comumente se observa nas salas de aula de ciências é algo bem diferente: após todo o conteúdo ser ministrado, procura-se por conexões, estabelecidas sob o ponto de vista do professor, entre aquele conteúdo e as aplicações cotidianas a ele relacionadas. Esse elo poderia ser mais natural e produtivamente estabelecido se fosse permitido aos alunos expressar as similaridades por eles percebidas e, a partir delas, de posse do conhecimento dos relacionamentos que os alunos já são capazes de fazer, auxiliá-los naquelas em que eles ainda não são (Vygotsky, 2009).

## NOTAS:

1. Mestre e doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais e membro do grupo de pesquisa Modelagem e Educação e Ciência, da mesma universidade.
2. Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de Reading, Inglaterra, professora e coordenadora da Linha de Educação e Ciências do Programa de Pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, coordenadora do grupo de pesquisa Modelagem e Educação em Ciências.
3. Conhecimento saliente é aquele mais prontamente disponível na estrutura cognitiva, proveniente de seus conhecimentos cotidianos e escolares e do qual derivam as chamadas similaridades salientes (Vosniadou, 1989) – semelhanças conceituais e perceptuais de fácil acesso referentes aos domínios comparados.
4. As *correspondências* entre objetos serão representadas por seta dupla fina ( $\leftrightarrow$ ); *combinações* de atributos (propriedades descritivas), por seta dupla pontilhada ( $\langle\!\!\!\rangle$ ) e *combinações* de relações por seta dupla espessa ( $\Leftrightarrow$ ).
5. O Aluno 7 selecionou um dos domínios alvo (*energia*), enquanto a pesquisadora, ao solicitar-lhe uma comparação para a união entre os *átomos*, selecionou o outro. O aluno relacionou ambos a partir dos predicados combinados, numa tentativa de explicar o efeito da energia na união entre os átomos.
6. O análogo fictício ‘mãos invisíveis’ que exercem forças na mesma direção e em sentidos opostos, foi correlacionado pelo Aluno 5 à existência de uma atração mútua entre os ímãs e entre os átomos.
7. De acordo com o aluno 1, os átomos, ao se movimentarem, se aproximariam e uniriam seus núcleos. Aquele que permanecesse com os núcleos fundidos, assumiria carga positiva e aquele que permanecesse sem o seu núcleo, devido à migração, assumiria carga negativa.
8. Para o Aluno 6, o abaixamento da energia provocado pelo retorno de um elétron excitado ao seu nível de origem, ocasionaria a união entre os átomos. Estes, a partir desse processo denominado ‘salto quântico’ pelo aluno, se encontrariam em um estado de energia mais baixo que permitiria a união.
9. O que foi colocado em correspondência pela Aluna 9 não foi a existência de uma região em comum entre as partes de uma engrenagem e entre os átomos. Nestes, ela ressaltou que não se tratava de algo material, sendo uma região nos átomos onde os elétrons compartilhados se encontrariam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRENNER, Mary E. Interviewing in educational research. In: Green, Judith L., CAMILLI, Gregory, ELMORE, Patricia B. **Handbook of complementary methods in education research**. Washington and London: Erlbaum, 2006. p. 357-370.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ - Ensino Médio - Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.
- COLL, Richard K. The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In: AUBUSSON, Peter J., HARRISON, Allan G., RITCHIE, Stephen M. **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2006, p. 65-77.
- DAGHER, Zoubeida R. Does the use of analogies contribute to conceptual change? **Science Education**, v.78, n.6, p. 601-614, nov.1994.
- DAGHER, Zoubeida R. Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. **Science Education**, v. 79, n. 3, p. 295-312, jun.1995.

DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649-672, nov. 1991.

GENTNER, Dedre. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. **Cognitive Science**, v. 7, n. 2, p. 155-170, abr./jun. 1983.

GENTNER, Dedre. The mechanisms of analogical learning. In: VOSNIADOU, Stella, ORTONY, Andrew. **Similarity and analogical reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 199-241.

GENTNER, Dedre, HOLYOAK, Keith J. Reasoning and learning by analogy. **American Psychologist**, Washington, v. 52, n. 1, p. 32-34, jan.1997

GENTNER, Dedre, MARKMAN, Arthur B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, v. 52, n. 1, p. 45-56, jan. 1997.

GILBERT, John, BOULTER, Carolyn. **Stretching models to far**. In: Annual Conference of the American Educational Research Association, San Francisco, 1995.

GLYNN, Shawn M. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In: GLYNN, Shawn M., YEANY, Russell H., BRITTON, Bruce K. **The psychology of learning science**. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1991. p. 219-240.

GRECA, Ileana. M. Algumas metodologias para o estudo de modelos mentais. In: SANTOS, Flávia Maria T., GRECA, Ileana M. **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. Ijuí: Unijuí, 2006. p. 391-428.

MOZZER, Nilmara B. **O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 198 f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2008.

PIAGET, Jean. Introdução: Os problemas e os métodos. Tradução de FIÚZA, Rubens. In: **A representação do mundo na criança**. Rio de Janeiro: Record, 1978. (Original publicado em 1926). p. 5-28.

THAGARD, Paul. Analogy, explanation and education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 6, p. 537-544, ago. 1992.

VOSNIADOU, Stella. Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. In: \_\_\_\_\_. **Similarity and Analogical Reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 413-437.

VOSNIADOU, Stella, ORTONY, Andrew. Similarity and analogical reasoning: a synthesis. In: \_\_\_\_\_. **Similarity and analogical reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 199-241.

VYGOTSKY, Lev S. **A construção do pensamento e da linguagem** Tradução de BEZERRA, Paulo. 2 ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009. (Original publicado em 1934).

**Agradecimento:** CNPq.

## ANEXO 1 – PROTOCOLO DE ENTREVISTA COM O ALUNO – ENTREVISTA PRÉ-INSTRUÇÃO

### ➤ **Situar o aluno sobre:**

- o objetivo geral da pesquisa;
- o papel dele na pesquisa;
- a importância do sigilo com relação à entrevista para não influenciar a entrevista dos colegas;
- a importância de ele tentar explicar da maneira mais detalhada e fiel possível aquilo que ele realmente pensa, sem se preocupar em dizer o “certo” ou “errado”.

### ➤ **Sondagem inicial:**

- É a primeira vez que você estuda Química?
- Você só estuda Química aqui no Colégio ou faz algum cursinho preparatório (como Orville Carneiro) em que a disciplina também é estudada?

### ➤ **Introdução:**

- Qual a opinião que você tem sobre a Química?

### ➤ **Direcionamento:**

- Para você, como é o átomo?
- Uma das maneiras de se referir à água na Ciência é como  $H_2O$ . O que isso significa para você? Tente detalhar o máximo possível.
  - Como isso começou?
- Caso nada seja dito sobre a ligação entre os átomos, proceder da seguinte maneira:
  - E se eu lhe dissesse que os átomos H e O estão unidos em cada unidade  $H_2O$ . Como você entende isso?
- Muitas vezes quando queremos explicar algo podemos utilizar comparações. Por exemplo, eu posso dizer assim: “Nossos dedos são como pinças”.

Agora tente explicar, usando uma comparação com algo que você conhece, *como os átomos se unem?*

## ANEXO 2 – PROTOCOLO DE ENTREVISTA COM O ALUNO – ENTREVISTA PÓS-INSTRUÇÃO

### ➤ **Relembrar o aluno sobre:**

- A importância de ele tentar explicar da maneira mais detalhada e fiel possível ao que ele realmente pensa, sem se preocupar em dizer o “certo” ou “errado”.

### ➤ **Direcionamento:**

- Em nossa entrevista anterior, eu disse a você que uma das maneiras de se referir à água na Ciência é como  $H_2O$  e lhe perguntei o que isso significava para você, lembra? Eu gostaria agora de passar alguns trechos daquela entrevista e lhe fazer algumas perguntas.
- O que você pensa sobre sua explicação para o significado de  $H_2O$ ?
- O que você pensa sobre sua explicação sobre *como os átomos se unem*?
- O que você pensa sobre a comparação que você fez para explicar *como os átomos se unem*?
  - Se o aluno discordar da sua comparação anterior:
    - Que nova comparação você faria para facilitar a minha compreensão sobre *como os átomos se unem*?
  - Se o aluno concordar parcialmente com sua comparação anterior:
    - O que você acha que não está legal em sua comparação? O que você mudaria?
  - Se o aluno concordar completamente com sua comparação anterior:
    - Por que você acha que ela dá conta de facilitar minha compreensão sobre *como os átomos se unem*? Hoje, você acha que daria conta de fazer uma nova comparação para explicar *como os átomos se unem*?
  - Se o aluno estabelecer uma nova comparação (ou reformulação):
    - De acordo com essa sua nova comparação (ou reformulação), como você explicaria o *fato de os átomos se manterem unidos*?