

A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de Química

Nilmara Braga Mozzer e Rosária Justi¹

ABSTRACT (Drawing of Analogies as a Process that Favours the Expression of Chemistry Teachers' Conceptions)

Analogies are comparisons between relations from a familiar domain (base) to an unknown domain (target). On account of this, they can be important teaching tools in the teaching scientific concepts. At the same time, the analogies drawn by teachers can evidence their conceptions, their beliefs, and mainly the knowledge they mobilise when drawing them. In the current paper, we investigate the expression of teachers' conceptions on both the scientific content they teach and analogies as teaching tools. In order to do so, six chemistry teachers were interviewed. They were asked to draw analogies to introduce the topic chemical bonds. They showed to know some of the students' alternative conceptions, but they also expressed some improper ideas about the topic and about analogies (taken as examples or animistic representations). Assuming the importance of the teacher's role as a guide in the process of students' knowledge building, the knowledge about such teachers' ideas can help those responsible for teachers' education in both discussing issues concerning scientific topics to be taught and promoting situations that could favour the development of teachers' pedagogical content knowledge about the use of analogies.

KEYWORDS: analogies, chemical bond, chemistry teachers

Resumen (La elaboración de analogías como un proceso que favorece la expresión de concepciones de Profesores de Química)

Como comparaciones que relacionan un dominio familiar (base) y un dominio desconocido o poco familiar (blanco), las analogías pueden ser recursos importantes para ser empleados por los profesores en la enseñanza de los conceptos de ciencias. Al mismo tiempo, las propias analogías desarrolladas por los profesores nos hablan de sus concepciones, sus creencias y, principalmente, sobre los conocimientos que ellos emplean para elaborarlas. En este artículo se investiga la expresión de las concepciones de los profesores sobre un contenido dado por ellos y sobre las analogías utilizadas como herramientas de enseñanza. Para ello, se realizaron entrevistas con seis profesores de química, mientras se enfocaban a la elaboración de analogías para introducir el tema "enlace químico". Los profesores demostraron conocer algunas de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el tema, pero también expresaron algunas ideas inadecuadas sobre el mismo y sobre las analogías (confundiéndolas con ejemplos de representaciones animistas). Dada la importancia del papel del profesor como guía en el proceso de conocimiento de los alumnos, conocer las con-

cepciones alternativas puede ser empleado por los formadores en la discusión de aspectos relativos al contenido a enseñar y en la promoción de situaciones que favorezcan en desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido de los profesores sobre la utilización de analogías.

Palabras clave: Analogías, enlace químico, profesores de química

Introdução

Analogias e Raciocínio Analógico

Comparar aquilo que já sabemos com algo novo que almejamos conhecer é um dos principais processos a partir do qual atribuímos significado ao mundo a nossa volta e adquirimos conhecimento. Por isso, as analogias – *comparações relacionais* entre um domínio familiar (*base*) e um domínio desconhecido (*alvo*) (Gentner, 1983) – desempenham um papel chave no desenvolvimento do conhecimento científico e podem ser poderosas ferramentas para a aprendizagem de ciências.

Além das analogias, Gentner (1983, 1989) faz distinção entre outros tipos de comparações. Segundo ela, caso a semelhança entre os domínios comparados seja somente de atributos de seus objetos (propriedades, tais como forma, cor, tamanho), mas não de suas relações, trata-se de uma similaridade de *mera aparência*; se a semelhança for de ambos, de atributos de objetos e de relações, trata-se de uma

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Educação. Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.
Correos electrónicos: nilmarab@yahoo.com.br, rjusti@ufmg.br

similaridade literal; e se a semelhança for exclusivamente de relações, trata-se de uma *analogia*.

No que diz respeito ao processo através do qual as analogias são elaboradas, Gentner e Holyoak (1997), afirmam que existe certo consenso entre cientistas cognitivos em decompor o raciocínio analógico nos seguintes subprocessos fundamentais: *acesso*: um ou mais domínios base relevantes, armazenados na mente, são selecionados; *mapeamento*: identificação e alinhamento das correspondências sistemáticas entre os domínios base e alvo; *inferências e avaliação*: o mapeamento resultante permite ao indivíduo inferir sobre o domínio alvo. Tais inferências devem ser avaliadas e, às vezes adaptadas para atender aos requisitos deste domínio; e *generalização*: extensão das inferências a todos os casos em que poderiam ser aplicadas. Ainda de acordo com os autores, as teorias sobre analogia, de maneira geral, tratam de algum subconjunto desses componentes, diferindo quanto à maneira com que são abordados e à ênfase dada.

No intuito de investigarmos a elaboração de analogias por professores de ciências, através da vivência dos subprocessos citados, nos fundamentamos em duas ideias centrais da *teoria de mapeamento estrutural* de Gentner (1983, 1989): (i) o mapeamento ocorre através da transmissão de um sistema de relações que existe entre a base e alvo que independe dos objetos a que as relações se referem; e (ii) os objetos da base e do alvo são colocados em correspondência um a um, de acordo com o papel que desempenham na estrutura relacional comum aos domínios.

Analogias e Ensino de Ciências

No processo de ensino e aprendizagem de ciências como a química, que envolve muitos conceitos relacionados a entidades, sistemas e processos abstratos, o uso de analogias é muito comum entre os professores. Por isso, existe uma grande defesa na literatura referente ao ensino de ciências através da utilização e elaboração de analogias, principalmente com os objetivos de facilitar: o entendimento dos alunos; a aquisição de novos conhecimentos; e a modificação de concepções alternativas (Blanchette & Dunbar, 2002; Clement, 2008; Coll, 2006; Harrison & Treagust, 2006; Mozzer & Justi, 2009; Thiele & Treagust, 1991).

Apesar disso, são bem conhecidos também os problemas na utilização das analogias no ensino. A maioria deles tem como causa: a pouca familiaridade dos alunos com um determinado domínio base selecionado pelo professor; aspectos da estrutura do domínio base que podem gerar confusão por serem diferentes daqueles presentes na estrutura do alvo; transferência de concepções errôneas da base para o alvo (Duit, 1991). Levando-se em consideração tais aspectos, Duit (1991) também aponta para a importância da orientação fornecida pelo professor/tutor no processo de ensino-aprendizagem de ciências através de analogias. Neste sentido, acreditamos que o sucesso de tal processo está fortemente atrelado ao papel desempenhado pelos professores no sentido de guiar seus alunos no estabelecimento e

interpretação de analogias que os ajudem a elaborar seus próprios modelos mentais, condizentes com os modelos científicos consensuais.

Outra evidência da importância da orientação na eficiência do raciocínio analógico foi apresentada por Gick e Holyoak (1980). Eles constataram uma melhora significativa no desempenho dos sujeitos participantes de seu estudo durante a resolução de problemas, quando estes recebiam orientações explícitas para que fizessem uso do domínio análogo.

Pelo fato de professores desempenharem um papel tão importante no processo de ensino e aprendizagem de ciências por meio de analogias, a partir, principalmente, da década de 1990 foram realizados trabalhos relevantes sobre como professores utilizam essas ferramentas de ensino (por exemplo, Dagher, 1995a, 1995b; Ferraz & Terrazzan, 2002; Oliva, 2003; Oliva, *et al.*, 2003; Thiele & Treagust, 1994).

Questões de pesquisa

Não obstante a relevância dos estudos mencionados e a advertência de Dagher (1995a; 1995b) de que as analogias dos professores podem funcionar como janelas abertas para seus valores e crenças, suas preocupações, seus conhecimentos e sua capacidade de se envolver com seus alunos, constata-se uma escassez considerável de pesquisas sobre analogias utilizadas e elaboradas pelos professores. Considerando essa escassez e a importância de se obter mais dados empíricos que permitam avançar nosso entendimento sobre como professores pensam e como se envolvem no processo de ensino de seu conteúdo (Dagher, 1995a), nos propusemos, neste trabalho, a investigar as concepções expressas pelos professores de química durante a elaboração de analogias para explicar a formação de ligação entre átomos. Assim, fomos guiados pelo objetivo de responder as seguintes questões de pesquisa:

Quais concepções acerca do conteúdo ministrado podem ser expressas por professores de química envolvidos em um processo de elaboração de analogias?

Quais concepções acerca das analogias como ferramentas de ensino podem ser expressas por professores de química envolvidos naquele mesmo processo?

O presente trabalho é parte de um estudo maior no qual alunos de ciências do último ano do ensino fundamental também foram entrevistados sobre o mesmo tema (Mozzer & Justi, 2011). O objetivo central da pesquisa era o de comparar os raciocínios analógicos de alunos e professores de ciências, com base nos seus subprocessos gerais mencionados na Introdução.

Metodologia

Amostra

No processo de coleta de dados, foram realizadas entrevis-

tas com seis professores de Química de algumas instituições de ensino brasileiras públicas e privadas, com experiência de ensino variando de 4 a 31 anos. Neste trabalho, a referência a eles é feita através do código Pn, onde “n” é um número de ordem aleatório.

A seleção da amostra ocorreu a partir dos contatos das pesquisadoras no meio acadêmico e entre profissionais do meio de trabalho da primeira pesquisadora, que foi a entrevistadora. Essa seleção levou em consideração o interesse, a compatibilidade de horários e a variada experiência dos professores, no que diz respeito ao tempo de serviço e às diferentes realidades escolares.

Coleta de dados

As entrevistas foram registradas em áudio e vídeo e foram efetuadas notas observacionais de campo. O tema principal foi *ligação química*, por estar relacionado a entidades e processos abstratos, e, portanto, ser considerado como mais propenso ao uso de analogias por parte dos sujeitos (Coll, 2006; Thagard, 1992).

As entrevistas foram abertas (qualitativas) e semiestruturadas. Nelas especificamos questões de base (descritas a seguir), que foram feitas a todos os entrevistados como uma maneira de controlar a confiabilidade e aumentar a comparabilidade dos dados (Cohen, Manion & Morrison, 2000). Entretanto, a sequência e nível de aprofundamento das questões foram decididos ao longo da entrevista, de acordo com as respostas dos sujeitos. Perguntas complementares foram feitas sempre que considerávamos necessário um maior detalhamento ou esclarecimento.

O protocolo de entrevista consistiu de duas partes: a primeira era mais geral, e a segunda era voltada especificamente ao processo de elaboração de analogias. Na primeira parte, procuramos situar os professores quanto aos objetivos da pesquisa e o seu papel, a importância do sigilo (uma vez que alguns deles se conheciam) e de eles tentarem explicar suas ideias da maneira mais detalhada e fiel possível àquela que realmente pensavam. Também nessa primeira parte, realizamos uma sondagem que nos permitiu obter dados sobre a experiência profissional dos professores.

Embora o processo de estabelecimento de analogias no ensino de ciências seja corriqueiro, de acordo com Dagher (1995a), os professores frequentemente não explicitam o mapeamento entre os domínios comparados. Nosso objetivo central no estudo mais amplo era o de investigar o raciocínio analógico com base em seus subprocessos. Por isso, as questões da segunda parte da entrevista foram elaboradas levando-se em consideração a conjugação dos subprocessos do raciocínio analógico apresentados anteriormente. Isto foi feito a partir da simulação de uma situação comumente vivenciada por professores de ciências na introdução do tema *ligação química*. Apesar de reconhecermos a complexidade das situações reais de sala de aula (nas quais os professores lidam com situações dinâmicas em que atuam conjuntamente múltiplas variáveis), optamos pelo uso de

uma situação simulada de ensino por acreditarmos que ela poderia favorecer a expressão das ideias dos professores, e em função de, na mesma, podermos atuar de forma a favorecer a explicitação do mapeamento (e de outros subprocessos).

A primeira questão específica da entrevista solicitava aos professores que explicassem o significado da representação H_2O , imaginando que o alvo dessa explicação fosse um aluno de 13-14 anos que já havia estudado modelos atômicos, mas não *ligação química*. Após obter as explicações iniciais fornecidas pelo professor, a pesquisadora simulava uma situação na qual o aluno para quem o professor destinava as explicações não as havia compreendido e, então, solicitava ao professor explicações mais detalhadas. O objetivo dessas perguntas era o de sondar: as ideias que fundamentavam os modelos mentais do professor e, portanto, o estabelecimento de suas comparações; e as ferramentas de ensino que ele usaria na tentativa de resolver aquela situação problema.

Na introdução da segunda questão, mantendo a situação de incompreensão simulada, a pesquisadora afirmava que é comum a utilização de comparações quando o conteúdo a ser ensinado é abstrato. Nesta e em outras questões, optamos por utilizar o termo genérico “comparação” ao invés de “analogia” para evitar possíveis restrições às ideias expressas pelos sujeitos. Essa sugestão inicial objetivava a confirmação ou negação, pelo professor, sobre a utilização de analogias em sua prática docente. No caso em que o professor negava a utilização ou em que fazia observações nas quais expressava suas ideias sobre analogias, ele era solicitado a justificar ou detalhar sua maneira de pensar. Esse procedimento de escrutinar as ideias dos professores sobre as analogias permeou toda a entrevista.

A seguir, solicitávamos ao professor que estabelecesse uma comparação com o objetivo de explicar a *ligação* entre os átomos para o aluno fictício. Com esta questão, pretendíamos estudar os aspectos do subprocesso de acesso e, eventualmente, aqueles do *mapeamento* que poderiam ser de alguma forma expressos nessa atividade.

Para que o professor pudesse fornecer mais detalhes sobre as ideias que embasavam suas comparações (bem como sobre seu processo de raciocínio ao elaborá-las) e utilizando a terminologia do próprio professor para dele obter *feedback* (Brenner, 2006), a pesquisadora disponibilizava materiais como bolas de isopor de cores e tamanhos variados, palitos de dente, papel, lápis de cor e massa de modelar. Isto foi feito para auxiliá-lo na expressão de seus modelos mentais e na explicitação: das correspondências e *mapeamentos* que ainda não tivessem sido claramente expressos na questão anterior; e das *inferências*. Os materiais fornecidos nesta etapa foram selecionados por serem comumente utilizados por professores de ciências para representar a estrutura da matéria no nível submicroscópico em suas salas de aula.

Ao solicitar aos professores explicações sobre os aspectos de suas comparações que eles julgavam representar adequadamente a união entre os átomos e sobre aqueles

que, supostamente, os alunos poderiam não compreender a partir da utilização de sua comparação, a pesquisadora objetivava que eles expressassem suas ideias sobre as possíveis potencialidades e limitações de suas analogias. Assim, ela buscava também favorecer a vivência do subprocesso de *avaliação*, quando esse não ocorria espontaneamente.

Análise dos dados

Para a apresentação dos resultados desta pesquisa foram realizadas: (i) transcrições detalhadas dos comportamentos verbais e não-verbais dos entrevistados e da pesquisadora – análise *molecular* (Erickson, 2006); (ii) seleção dos trechos das entrevistas que continham as ideias centrais a serem investigadas – análise *molar* (Erickson, 2006); (iii) apresentação de algumas das comparações dos professores, de seus modelos concretos, e da representação esquemática de suas correspondências e mapeamentos entre os domínios comparados (quadro 1), e (iv) apresentação das concepções dos professores sobre o conteúdo e sobre as analogias (quadros 2).

Para assegurar a confiabilidade da análise dos dados, foi realizada uma triangulação entre as pesquisadoras envolvidas neste trabalho. Para tal, gravações, transcrições e interpretações foram compartilhadas com o intuito de verificar a concordância nas classificações das comparações estabelecidas pelos sujeitos da pesquisa e nas interpretações sobre os fatores que fundamentaram o processo.

Resultados e discussão

No quadro 1, apresentamos as principais comparações estabelecidas por cada um dos professores ao longo das entrevistas.

Procurando ser coerentes com a teoria de mapeamento estrutural de Gentner (1983,1989), as simples *correspondências entre objetos* foram representadas por seta dupla fina (\longleftrightarrow), enquanto que os *mapeamentos de atributos de objetos* foram representados por seta dupla fina e pontilhada ($\leftarrow\text{---}\rightarrow$) e os *mapeamentos de relações* por seta dupla espessa (\longleftrightarrow), tendo em vista a importância das semelhanças relacionais em relação às semelhanças entre os objetos pertencentes aos domínios comparados.

A partir da conjugação dessas comparações com outras partes das entrevistas nas quais os professores complementavam ou esclareciam as principais ideias expressas por eles ao longo do processo (somente exemplificadas aqui através das citações, devido à limitação de espaço), identificamos suas concepções sobre o conteúdo (ligações químicas) e sobre as analogias e as apresentamos no quadro 2.

Ideias expressas pelos professores

Da análise do quadro 2, é possível perceber que as ideias dos professores sobre as supostas concepções alternativas de seus alunos relacionadas ao tema ligação química se referiam, principalmente:

- às forças e sua natureza (expressa por P1):

Eles podem primeiro pensar que essa natureza de atração... que a natureza de atração que existe aqui (aponta para o ímã e o metal) é a mesma que existe no átomo, que é uma preocupação. E o segundo ponto é que, como ele vê o ímã, e vê que ele está..., que eles estão colidindo, que está tendo contato físico direto, ele pode pensar isso para o átomo também. (P1)

- aos modelos (expressa por P2, P3, P4 e P5):

Porque para eles dá ideia de que ligação é ponte e isso mata a gente (risos). Se você usa isso daqui (aponta para o palito de através do qual uniu esferas de isopor para representar a molécula de água) é muito visível para eles. Ai, eles vão ficar sempre com a ideia de que a ligação química é uma ponte, é algo palpável, que ele vê. (P2)

P6, ao discutir aquilo que os alunos, para os quais sua analogia se destinava, poderiam compreender erroneamente, se restringiu à discussão das limitações daquela analogia. Talvez, por isso, esse professor não tenha expressado nenhuma ideia a respeito das concepções alternativas dos alunos sobre o tema.

Foi possível constatar também certas concepções inadequadas dos professores com relação:

- aos modelos atômicos (expressa por P1 e P6):

Então esses átomos eles iriam se aproximar (aproxima os ímãs até um encostar no outro) até chegar num limite, que é o limite mesmo do átomo, né? (P6)

- aos modelos de ligação (expressa por P1, P2, P3, P4 e P6):

Ai, de repente, quando você dá a mão para alguém, você está se ligando a alguém. (P3)

- à energia (expressa por P1, P2 e P6):

Esses átomos, eles se atraem. Ah, por que se atraem? Porque existe uma energia de atração, a gente vai trabalhar isso em ligações químicas. (P1)

Então, ela (bolinha imaginada a uma certa altura da mesa) vai buscar o quê? Uma forma de diminuir essa energia que está armazenada¹ ali, nesse corpo ou nesse átomo, por exemplo. (P6)

Além disso, percebemos outras concepções inadequadas associadas a conceitos como afinidade (P2 e P6) e algumas confusões na utilização de termos científicos como elemento químico (P3), conforme ilustram os exemplos a seguir:

¹ Ao considerar que as entidades comparadas podem armazenar energia, P6 parece expressar uma concepção substancialista da energia, comum entre os alunos (Souza & Justi, 2010).

Eu falo o seguinte: um átomo liga-se ao outro por algum motivo. Tem um fundo de interesse quando há essa ligação. Então, ainda mais com o hidrogênio e com o oxigênio, né? Ai eu falo da afinidade entre eles... (P2)

Os elementos se encontram combinados na molécula de água. (P3)

Em seus modelos de ligação, a maioria dos professores (P1, P2, P3 e P6) desconsiderou a existência de um equilíbrio de forças atrativas e repulsivas, aspecto de extrema importância para a compreensão do tema.

No que se refere às concepções inadequadas expressas pelos professores sobre os modelos atômicos, devemos levar em consideração que, no contexto das entrevistas realizadas, eles foram solicitados a elaborar analogias destinadas a explicar a união entre os átomos para alunos de 13-14 anos, idade em que eles são introduzidos a este tema pela primeira vez. Portanto, em alguns casos, tais concepções inadequadas podem ter advindo de uma tentativa mal sucedida de diminuir a abstração dos modelos para facilitar a compreensão de alunos dessa idade, algo comum também nos livros didáticos.

Analisando trechos das entrevistas nos quais os professores foram solicitados a explicar o que compreendiam por analogias; expressaram espontaneamente suas ideias acerca dessas comparações; e expressaram suas próprias comparações, observamos que o significado de analogia para professores como P2, P4 e P6 era inadequado, pois estes demonstraram confundi-las com outras ferramentas de ensino, sejam elas apropriadas para utilização no ensino (como os exemplos² – P2 e P6) ou não (como as representações animistas – P4). Isto pode ser evidenciado nas citações a seguir:

Quando eu vou falar dos átomos se ligarem eu dou muito exemplo de casamento (risos). Eu falo o seguinte: um átomo liga-se ao outro por algum motivo. Tem um fundo de interesse quando há essa ligação. (P2)

É porque, para mim, é eu pegar uma comparação bem... bem animista, né? Porque você tem aquelas questões animistas, tipo: desenha uma boquinha e uma bolinha, uns olhinhos. Fazer analogia mesmo com coisas, tipo ligação: então vamos nos ligar aqui com o braço para ver! (P4)

Por confundir analogias com representações animistas, P4 não reconheceu sua comparação entre os átomos e os ímãs como uma analogia e as considerou maneiras incorretas de se ensinar por meio de linguagem não científica (ideia também expressa por P3).

Sempre, qualquer coisa que vou ensinar, eu tento fazer analogia com alguma outra coisa e eu sempre falo o seguinte: gente, oh, vamos pensar de maneira drástica, de maneira grosseira! Isto só para você entender o que eu estou tentando falar. (P3)

Outro aspecto importante de se ressaltar é a falta de similaridade semântica e estrutural comumente presente nas comparações de professores que utilizam como domínio base pessoas ou características comportamentais destas (como algumas das comparações de P2, P3 e P6 – quadro 1). Isso pode levar os alunos a confundir o domínio base (com o qual, em geral, são mais familiares) com o domínio alvo (Thagard, 1992), comprometendo o processo de ensino e aprendizagem do tema.

Por outro lado, P1, P5 e P6 demonstraram perceber as analogias como relações entre domínios análogos, apesar de P1 restringi-las a domínios conceitualmente diferentes, de P5 não reconhecer que elas são comparações e de P6 confundil-as com exemplos (como mencionado anteriormente).

(...) analogia, que eu entendo, é quando você quer explicar uma coisa para a pessoa, esta coisa para ela é desconhecida, aí você fala de algo que ela conhece e que têm alguma característica talvez semelhante àquela que você quer que ela conheça. Mas eu não sei se analogias são comparações (...) (P5)

Estes professores, que apresentaram ideias sobre as analogias próximas às encontradas na literatura e assumidas neste trabalho – como comparações relacionais entre domínios (Gentner, 1989) – foram capazes de, explicitamente, mapear relações entre os domínios comparados (conforme evidenciado no quadro 1).

No entanto, somente P1 e P5 foram capazes de, espontaneamente, identificar as limitações de suas analogias. Os demais professores foram solicitados a identificá-las através do questionamento sobre o que seus alunos poderiam compreender de forma diferente daquela que eles esperariam a partir de suas comparações. As limitações identificadas pelos professores podem ser divididas em dois grupos:

- referentes às características e propriedades dos domínios comparados (P1, P4 e P5):

Eu acho que ele pensaria na ligação como uma coisa física, né? Assim... física, material, substancial. Eu acho que qualquer comparação concreta que a gente fizer (se refere ao domínio base), vai levá-lo a pensar no concreto. (P5)

- referentes à utilização ou interpretação das analogias por parte dos alunos (P1, P2, P3 e P6):

Eles podem primeiro pensar que essa natureza de atração... que a natureza de atração que existe aqui (aponta para o ímã e o metal) é a mesma que existe no átomo, o que é uma preocupação. (P1)

² De acordo com Glynn, et al. (1989), exemplos são instâncias do domínio alvo e não uma comparação deste com outro domínio.

Nesta etapa das entrevistas, alguns dos professores também expressaram seu receio na utilização das analogias no ensino, por dois motivos principais:

- medo de que seus alunos retivessem mais a base em detrimento do alvo (Ferraz & Terrazzan, 2002; Treagust, Duit, & Joslin, 1992) e, conseqüentemente, fizessem extrapolações incorretas ao interpretarem as analogias:

(O aluno poderia) *se prender ao exemplo e não conseguir enxergar o que eu gostaria que ele enxergasse que é a comparação. Porque... eu acho assim também, há uma extrapolação muito grande.* (P2)

- conhecimento das advertências contidas na literatura da área sobre os problemas na utilização das analogias. Esses aspectos foram expressos por P2 e P5:

Quase todas são... muitas são perigosas de se usar. A gente vê tantas em livros didáticos e todas são tão condenadas pela literatura da área de Ensino de Ciências que às vezes eu fico até com medo de usar uma analogia. (P5)

Finalmente, as principais potencialidades identificadas pelos professores para as comparações por eles estabelecidas foram: diminuir a abstração do conteúdo (expressa por todos os professores); auxiliar na introdução de um novo conceito (P1, P2, P3 e P6); auxiliar na compreensão de conteúdos (P3, P4 e P6); e permitir o estabelecimento de relações múltiplas entre os domínios comparados (P5). Exemplificamos aqui, através de um trecho da fala de P1, a primeira e a segunda potencialidades por estas terem sido as mais frequentemente destacadas pelos professores.

Eu acho que isso ajudaria ele a entender porque diminui a abstração desse tipo de conhecimento. (...) eu acho que nesse primeiro momento ele precisa sentir, sabe? Sentir sobre o que a gente está falando, precisa ser mais palpável para ele e eu acho que, nesse ponto, isso ajuda. Mostrar essa atração. Então, esses átomos não ficam soltos por aí, ou, não é do nada que eles estão próximos, existe uma força que mantém. E eles sentem isso, porque se você só falar... Se eu só falo, fica muito vago. (P1)

A influência do conhecimento saliente na elaboração de analogias pelos professores

Em nosso estudo maior sobre o raciocínio analógico de professores e alunos (Mozzer, 2008), concluímos que, ao elaborar suas analogias, os professores se baseiam em seu conhecimento de conteúdo e em seu conhecimento pedagógico de conteúdo – *conhecimento saliente* – de onde derivam as chamadas similaridades salientes³ (Vosniadou, 1989)

³ Similaridades de fácil acesso, prontamente disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito.

e concepções como as que apresentamos neste trabalho. É a partir deste conhecimento que eles selecionam o domínio base, estabelecem as correspondências entre os domínios e determinam as limitações e potencialidades de suas comparações.

Para exemplificar a influência desse conhecimento, podemos citar: a noção de P1 e P5 sobre as supostas concepções alternativas de seus alunos (ideia de força como algo material e de forças magnéticas e elétricas como forças de mesma natureza), que fez com eles identificassem, espontaneamente, limitações em suas analogias; o repertório de predicados relacionais que P2 apresentou para um mesmo domínio base (quadro 1), que permitiu que ela explorasse diferentes aspectos do conteúdo; o conhecimento de P5 sobre modelos e o seu papel na ciência, que permitiu que ela considerasse a possibilidade de os alunos confundirem os domínios comparados; as concepções inadequadas de P3 sobre união atômica associada ao contato físico entre átomos e sobre analogias, que fez com que, das três comparações por ele estabelecidas, duas fossem de *mera aparência* (quadro 1). Isso parece ter influenciado também sua analogia, pois nela os predicados relacionais foram mapeados de forma pouco clara.

Outro exemplo que ilustra a influência do conhecimento saliente dos professores é o fato de que a seleção (por todos eles) de entidades concretas (ímãs e pessoas) para o domínio base parece estar associada ao fato de eles considerarem que as analogias podem diminuir a abstração do conteúdo. Por outro lado, o fato de P2, P3 e P6 selecionarem essas entidades a partir de domínios fora da área de ciências (pessoas, bolo e bolinhas, respectivamente), mas dentro da experiência dos alunos, parece ser justificado pelo fato de esses professores, como aqueles que participaram da pesquisa de Thiele e Treagust (1994), reconhecerem que isso facilita a compreensão dos alunos, embora como afirmamos anteriormente, também possa ser motivo de confusão para eles.

Conclusões e implicações

A investigação do processo de elaboração de analogias pelos professores nos forneceu subsídios para acessar certas concepções por eles expressas, especialmente aquelas relacionadas ao seu conhecimento sobre o conteúdo e sobre as analogias, o que nos permitiu responder as questões de pesquisa deste artigo.

Com relação ao conhecimento dos professores sobre a formação de uma ligação química e, considerando o contexto da pesquisa em que solicitamos que imaginassem alunos 13-14 anos como público alvo, os professores entrevistados demonstraram conhecer algumas das concepções alternativas usualmente apresentadas pelos alunos a respeito do tema, como: ideia de ligação química associada a algo material ou restrita a átomos carregados; modelos como cópias das entidades representadas; e incompreensão da atuação à distância das forças eletrostáticas.

Os professores também expressaram algumas concepções

ções inadequadas sobre o tema, como: existência de uma superfície externa que delimita o átomo; ligação química como contato físico entre os átomos; e o desconhecimento de que forças interatômicas e intermoleculares são ambas de natureza eletrostática. No entanto, é preciso levar em consideração que algumas dessas concepções inadequadas expressas pelos professores podem advir de uma tentativa de excessiva simplificação dos aspectos a serem ensinados.

Muitas das concepções alternativas dos alunos podem resultar de uma interpretação inadequada de aspectos do conteúdo destacados em sala de aula. Além disso, através de nossos resultados, parece perfeitamente possível prever que a isso se adicionem as concepções inadequadas ensinadas pelos próprios professores. Por exemplo, o fato de nossos sujeitos de pesquisa desconsiderarem o equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas poderia conduzir os alunos a elaborar um modelo de ligação química no qual somente forças atrativas estariam presentes ou, ainda mais grave, um modelo em que o processo de união não resultasse da ação de forças, mas do contato físico entre as espécies.

Com relação às analogias, as principais concepções desses professores referentes ao significado dessas ferramentas de ensino foram: relações entre domínios diferentes; exemplos; e representações animistas. As principais limitações expressas foram: confusões entre os domínios comparados por extrapolações ou inferências incorretas de um domínio para o outro; e a concretude do domínio base selecionado. Por outro lado, com relação às potencialidades das analogias, os professores expressaram fundamentalmente que elas diminuem a abstração do conhecimento a ser ensinado e facilitam a compreensão e a introdução de um conceito, tudo isso devido à familiaridade esperada dos alunos com a base.

Considerando a natureza abstrata dos conceitos de Química que ensinamos e que a aprendizagem desses conceitos envolve, entre outras coisas, aprender a raciocinar *sobre* eles e *com* o auxílio deles, acreditamos que a identificação, pelos professores, da diminuição da abstração do conteúdo como uma potencialidade das analogias contradiz sua principal característica: a de que os domínios são comparados em termos das *relações* que seus objetos estabelecem e não das características desses objetos. Isso pode justificar a seleção exclusiva de domínios base constituídos por entidades concretas, o mapeamento majoritário de um único par de relações ou, ainda mais sério, o mapeamento restrito a atributos de objetos pelos professores.

Os resultados aqui apresentados também nos permitem afirmar que os participantes desta pesquisa pareciam desconhecer a importância da identificação das limitações das analogias para o sucesso do ensino e da aprendizagem através dessas ferramentas de ensino, como detectado por Glynn (1991). Isso é essencial para que os alunos compreendam os modelos e, portanto, também as analogias, como representações parciais de um domínio alvo. Se os próprios professores não derem a devida importância a esse aspecto

(em nossa pesquisa, somente dois deles foram capazes de identificá-las espontaneamente), parece pouco provável que os alunos o façam por si só.

Como evidenciado neste trabalho e em outros que investigaram analogias elaboradas ou usadas por professores (como os de Ferraz e Terrazan (2002), Treagust, Duit, e Joslin (1992) e Thiele e Treagust (1994)), estes demonstraram confundi-las com outras ferramentas didáticas; ignoraram aspectos de seu uso e função no ensino e aprendizagem de ciências; e apresentaram um repertório relativamente escasso de boas analogias. Isso aponta para a necessidade de que os cursos de formação de professores levem em consideração a discussão de questões sobre o que são analogias e quais são as suas potencialidades e fraquezas no contexto do ensino de ciências, além de questões sobre a existência de limitações nesses modelos e sobre a importância da identificação das mesmas.

Acrescentamos a isso a necessidade, também evidenciada neste trabalho, de os professores aprimorarem seus *conhecimentos salientes*. Uma das possibilidades seria o desenvolvimento de uma compreensão mais ampla sobre os processos de raciocínio analógico e sobre as analogias como ferramentas de ensino. Acreditamos que somente a partir desse entendimento os professores poderão ser capazes de:

- perceber a importância de solicitar que os alunos elaborem suas próprias analogias e da potencialidade disto em termos de conhecer melhor as ideias dos alunos; e
- entender as dificuldades dos alunos na compreensão de analogias apresentadas por eles ou pelo material instrucional utilizado.

Isso poderia fornecer-lhes subsídios para que desenvolvessem estratégias adequadas para facilitar a aprendizagem (de conteúdo e de habilidades) dos alunos por meio das analogias. A partir de um bom conhecimento de conteúdo e uma ampla experiência em fornecer representações alternativas que facilitem a aprendizagem dos alunos, eles podem ser capazes de desenvolver plenamente atividades de elaboração de analogias. Nelas, o intuito principal não é o de diminuir a abstração de um conteúdo abstrato por natureza, mas de auxiliar os alunos na construção de modelos mentais adequados para o domínio alvo, devido às inferências que as relações que ele estabelece com a base podem possibilitar.

Agradecimento:

CNPq.

Referências bibliográficas

Blanchette, I., & Dunbar, K., Representational change and analogy: how analogical inferences alter target representations, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, **28**(4), 672-685, 2002.

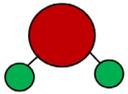
- Brenner, M. E., Interviewing in educational research. In: J. L. Green, G. Camilli & P. B. Elmore (eds.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research* (pp. 357-370). Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum, 2006.
- Clement, J., *Creative Model Construction in Scientists and Students: The role of imagery, analogy and mental simulations*. Dordrecht: The Netherlands: Springer, 2008.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K., *Research Methods in Education*. London and New York: Routledge Falmer, 2000.
- Coll, R. K., The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 65-77). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2006.
- Dagher, Z. R., Analysis of analogies used by science teachers, *Journal Research in Science Teaching*, **32**(3), 259-270, 1995a.
- Dagher, Z. R., Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education, *Science Education*, **79**(3), 295-312, 1995b.
- Duit, R., On the role of analogies and metaphors in learning science, *Science Education*, **75**(6), 649-672, 1991.
- Erickson, F., Definition and analysis of data from videotape: some research procedures and their rationales. In: J. L. Green, G. Camilli & P. B. Elmore (eds.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum, 2006.
- Ferraz, D. F., & Terrazan, E. A., O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: observações da prática pedagógica, *Pesquisa em Educação em Ciências*, **4**, 1-15, 2002.
- Gentner, D., Structure-mapping: a theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, **7**(2), 155-170, 1983.
- Gentner, D., The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (eds.), *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Gentner, D., & Holyoak, K. J., Reasoning and learning by analogy, *American Psychologist*, **52**(1), 32-34, 1997.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J., Analogical problem solving, *Cognitive Psychology*, **12**, 306-355, 1980.
- Glynn, S. M., Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In: S. M. Glynn, R. H. Yearny & B. K. Britton (eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 219-240). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum, 1991.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muth, K. D., Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In: J. Glover, R. Ronning & C. Reynolds (eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, research and theory*. New York: Plenum Press, 1989.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F., Teaching and learning with analogies: friend or foe? In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 11-24). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2006.
- Mozzer, N. B., *O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- Mozzer, N. B., & Justi, R., *Introdução ao tema dissolução através da elaboração de analogias pelos alunos fundamentada na modelagem*. Trabalho apresentado no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências, Florianópolis, Brasil, 2009.
- Mozzer, N. B., Justi, R., Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies, *International Journal of Science Education*, **34**(3), 429-458, 2011.
- Oliva, J. M., Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **2**(1), 31-44, 2003. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art2.pdf>, acesso em 15/06/2012.
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J., & Bonat, M., Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías, *Revista Iberoamericana de Educación*, Artículos de los lectores, 2003. Disponível em <http://www.rieoei.org/deloslectores/428Oliva.pdf>, acesso em 06/02/2013.
- Souza, V. C. A., & Justi, R., Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, **10**(2), 2010. Disponível em <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/4/3>, acesso em 06/02/2013.
- Thagard, P., Analogy, explanation and education, *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(6), 537-544, 1992.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F., Using analogies in secondary chemistry teaching, *Australian Science Teachers Journal*, **37**, 10-14, 1991.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F., An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations, *Journal of Research in Science Teaching*, **31**(3), 227-242, 1994.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Joslin, P., Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice, *International Journal of Science Education*, **14**(4), 413-422, 1992.
- Vosniadou, S., Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. In: S. Vosniadou & A. Ortony (eds.), *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 413-437). Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

Quadro 1. Algumas das comparações estabelecidas pelos professores nas entrevistas, as correspondências entre objetos e mapeamentos entre atributos de objeto e relações identificados.

Comparações estabelecidas pelos professores	Correspondências e mapeamentos ^a		
	Base		Alvo
<p>P1: Quando eu penso em mostrar pra eles que existe uma energia, uma força de atração, algo que mantém esses átomos juntos, eu penso na analogia do ímã. No ímã a gente tem atração magnética. Eu falaria com eles: Não existe uma força de atração entre os ímãs? Existe esse mesmo tipo de atração entre os átomos. Essa atração é o que vai manter eles ligados. Só que no ímã a gente tem atração magnética.</p>	ímãs	↔	átomos
	atração magnética	↔	atração eletrostática
<p>P2: Se eu pensar porque os átomos se ligam, aí eu estou pensando na estabilidade. Por que eles formariam isso daqui? (<i>mostra o desenho da figura 1</i>). Quando eu vou falar dos átomos se ligarem eu dou muito exemplo de casamento (risos). Eu falo o seguinte: um átomo liga-se ao outro por algum motivo. Tem um fundo de interesse (...) Aí eu falo da afinidade entre eles... Pela questão mesmo dessa ligação entre os átomos pra buscar uma estabilidade. (...) quando você faz a opção de um casamento, você, na verdade, está buscando uma união mais estável, não é? (...) E aí, para que eles se separem, vai precisar de alguma interferência muito forte, porque essa estabilidade é que é a força que vai manter esse casal unido, né?</p>	casal	↔	átomos
	união matrimonial	↔	ligação entre os átomos
	estabilidade afetiva	↔	estabilidade energética
 <p>Figura 1. Representação de P2 para a molécula de água.</p>			
<p>P2: Se você usa, isso daqui (<i>aponta para o palito de através do qual uniu esferas de isopor como na figura 1</i>) é muito visível para eles. Aí, eles vão ficar sempre com a ideia de que a ligação química é uma ponte, é algo palpável, que ele vê. (...) Eu sempre falo muito isso: olha ligação é atração! Então, você sente amor pelo seu companheiro, você não vê essa atração. Essa atração existe, mas ela não é palpável, ela não é material, né?</p>	casal	↔	átomos
	atração devido aos laços afetivos	↔	atração eletrostática
<p>P3: Você estava lá, um átomo. Aí, de repente, quando você dá a mão para alguém, você está se ligando a alguém. Isso é uma ligação, porque você precisa disso!</p>	alunos	↔	átomos
	mãos dadas	↔	ligação entre os átomos
<p>P3: Vamos pensar: hidrogênio, hidrogênio e oxigênio (<i>aponta para as tampinhas de caneta vermelhas e preta, respectivamente - figura 2</i>) e aqui as ligações (<i>aponta para o corpo da caneta</i>).</p>	tampinhas de caneta	↔	átomos
	corpo da caneta	↔	ligação entre os átomos
 <p>Figura 2. Representação de P3 para a molécula de água.</p>			
<p>P3: Alguém existe combinando com alguém, porque é melhor para ele, é mais estável para ele. Eu preciso de uma energia para existir. Quanto menor esta minha energia, melhor para mim, Então eu acho que se eu tenho aqui hidrogênio separado de oxigênio, eles existem numa energia. A partir do momento que eu faço essa combinação... ah! O meu sistema, eu vejo que ele está com uma energia menor. Ele é mais favorável para uma existência, então, isto justifica uma ligação entre esses átomos.</p>	peessoas	↔	átomos
	combinação entre pessoas	↔	ligação entre átomos
	estabilidade afetiva	↔	estabilidade energética
<p>P4: Vamos pegar um ímã. (...) Ela sentiria: vai ter repulsão. Então, por que isso está acontecendo? Porque nós temos aqui forças no mesmo sentido, tá? Se eu virar, ele vai atrair, então nós temos aqui forças contrárias. Aí eu já poderia trabalhar com ela, falando que o ímã tem lá o que é estipulado o polo norte e o polo sul (<i>desenha - figura 3</i>). Então, os polos sul e os polos norte, ele vão provocar uma repulsão; se eu colocar o polo norte próximo do polo sul, atrai. É a questão de atração de forças contrárias. Então, se o elétron é negativo e o núcleo é positivo, nós temos aí forças contrárias de natureza eletrostática (...)</p>	ímãs	↔	átomos
	polo norte/ polo sul	↔	prótons/ elétrons
	forças magnéticas	↔	forças eletrostáticas
 <p>Figura 3. Representação de P4 para as forças magnéticas.</p>			

^a Correspondências entre objetos (↔); mapeamentos de atributos de objetos (↔); mapeamentos de relações (↔)

Quadro 1. Algumas das comparações estabelecidas pelos professores nas entrevistas, as correspondências entre objetos e mapeamentos entre atributos de objeto e relações identificados (continuação)

Comparações estabelecidas pelos professores	Correspondências e mapeamentos		
	Base		Alvo
<p>P5: Pensei em ímã! Mas eu ia falar para ele que tem um jogo de forças, tem atração e tem repulsão. (...) E essas forças têm a ver com a tendência que o átomo tem de se estabilizar de alguma maneira. Aí eu tenho um ímã lá, né? Eu ia falar que, inclusive, essa força varia em função da distância entre os átomos. Aí eu deixaria ele pegar. O ímã, um não atrai o outro nesta distância (<i>coloca um pedaço de ímã afastado do outro</i>), mas à medida que eu vou aproximando um do outro, você sente que essa força vai aumentando. Então, essa atração tem a ver com vários fatores, inclusive a distância. No fim das contas a distância entre os núcleos desse e desse (<i>mostra uma das bolinhas verdes e a bolinha vermelha de sua representação – figura 4</i>) é um balanço dessas forças, de repulsão que tem entre seus núcleos e de atração Tipo... a mesma coisa, se eu quisesse aproximar mais ainda esse ímã desse (<i>mostra os dois pedaços unidos</i>), não tem como! É como eu querer aproximar mais ainda determinado núcleo de outro. Não tem como. Energicamente é desfavorável.</p>	ímãs	↔	átomos
	atração magnética	↔	atração eletrostática
	variação da atração com a distância	↔	variação da atração com a distância
	distância mínima entre os ímãs	↔	distância mínima entre os núcleos
 <p>Figura 4. Representação de P5 para a molécula de água.</p>			
<p>P6: A gente tem um corpo qualquer, um objeto, numa determinada altura, ele tem lá o seu valor de energia. Então, se a gente tem uma situação onde a gente tem essa bolinha aqui em cima (<i>mostra uma bolinha de isopor a certa altura h_1 da mesa</i>) e a gente solta essa bolinha, ela não vai ficar aqui (<i>altura h_1</i>), porque essa situação não é a mais estável para ela. Então, ela vai buscar o quê? Uma forma de diminuir essa energia que está armazenada ali, nesse corpo ou nesse átomo, por exemplo. Por exemplo, se eu tenho um átomo sozinho, ele não teria é... vamos falar assim, uma estabilidade. Ele estaria com muita energia. Então, quando eu tenho um outro átomo que está na mesma situação, se eu aproximo esses átomos é como se eu tivesse deixando os átomos menos energéticos, buscando um sistema de menos energia e com maior estabilidade.</p>	bolinhas	↔	átomos
	bolinha a uma altura h_1^b	↔	átomos isolados
	bolinha a uma altura h_2	↔	átomos combinados
	estabilidade energética para a bolinha em h_2	↔	estabilidade energética para átomos unidos
<p>P6: Como a gente pensa num ímã, por exemplo. O ímã é o quê? A gente sabe que o ímã ele tem um polo sul e um polo norte. Então, vamos imaginar que esse ímã maiorzinho aqui fosse um átomo de oxigênio e o menorzinho, de hidrogênio, tá? Então esses átomos eles iriam se aproximar (<i>aproxima os ímãs até um encostar-se ao outro</i>) até chegar num limite, que é o limite mesmo do átomo ali, né?... que seria a eletrosfera dele e ele poderia se combinar. E aqui existe até uma geometria de aproximação, que se a gente inverter a gente sabe que prevalece a repulsão entre esses átomos.</p>	íma maior	↔	átomo maior
	íma menor	↔	átomo menor
	forças magnéticas	↔	forças eletrostáticas
<p>P6: Eu me imaginei em sala de aula, buscando recursos. Como exemplo, às vezes eu uso muito os alunos, onde eu falaria que os átomos é como se fossem os alunos, o átomo de oxigênio, por exemplo, seria um dos meninos e o átomo de hidrogênio, uma das meninas, aí no que eles se viram pela primeira vez, aí a gente fala que rolou a química; então, já há uma interação e eles permanecem unidos. Isso poderia estar ajudando na explicação, mas de forma mais cômica, né? Levando mais para o lado engraçado, não para o lado... seria mais um exemplo, né?! Seria isso.</p>	meninos	↔	átomo de oxigênio
	meninas	↔	átomo de hidrogênio
	união sentimental	↔	união entre os átomos

^b O Professor 6 considerou a mesa como referencial ($h_2 = 0$), portanto, h_1 (distância da bolinha até a mesa) seria maior do que h_2 (distância da bolinha sob a mesa).

Quadro 2. Concepções dos professores sobre o conteúdo e das analogias identificadas durante as entrevistas.

		Concepções sobre analogias			
Prof.	Supostas concepções alternativas dos alunos	Concepções inadequadas do professor	Significado	Potencialidades	Limitações
P1	<ul style="list-style-type: none"> • Não diferenciação das naturezas das forças de atração (magnética e elétrica). • Incompreensão da atuação de forças à distância. 	<ul style="list-style-type: none"> • Confusão entre força e energia. • Existência de uma superfície externa que delimita os átomos. • Desconsideração do equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas nos átomos unidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação relacional entre domínios diferentes. • Introdução a um conceito novo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da abstração do conhecimento. • Introdução a um conceito novo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de diferenças entre os domínios comparados (forças de naturezas diferentes e do contato físico entre os ímãs e não entre átomos). • Concretude da base (ímãs).
P2	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação química como algo material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afinidade como tendência natural de átomos se atraírem. • Confusão entre força e energia. • Desconsideração do equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas nos átomos unidos. • Ligação iônica como doação e recebimento de elétrons entre dois átomos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exemplos. • Familiaridade do aluno com a base. • Introdução a um conceito novo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Familiaridade do aluno com a base. • Introdução a um conceito novo. 	<ul style="list-style-type: none"> • A base pode não ser familiar a todos os alunos. • Inferências inadequadas a partir da base. • Concretude da base (palitos para representar as ligações).
P3	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos são cópias das entidades representadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Confusão entre átomos e elementos. • Ligação como necessidade de complementação entre átomos. • Desconsideração das forças eletrostáticas na união entre os átomos e, por consequência, do equilíbrio entre elas.^c • Ligação como contato físico entre os átomos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representações (modelos). • Comparações de mera aparência. • Maneira grosseira de se ensinar que carece de correções posteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da abstração do conhecimento. • Familiaridade do aluno com a base. • Facilitação da compreensão. • Introdução a um conceito novo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoção da base como uma cópia do alvo.
P4	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação interatômica restrita a íons de cargas opostas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciação da natureza das forças intermoleculares e interatômicas. • Confusão entre natureza das forças (elétricas e magnéticas) e o sentido da grandeza vetorial força. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representações de caráter animista. • Linguagem não científica. • São diferentes das comparações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da abstração do conhecimento. • Facilitação da compreensão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inferências inadequadas a partir da base (atração restrita a átomos de cargas opostas, como os polos). • Inferências inadequadas a partir do alvo (atração elétrica nos ímãs).
P5	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação química como algo material. 	<ul style="list-style-type: none"> • —^d 	<ul style="list-style-type: none"> • Relações entre domínios diferentes. • São diferentes de comparações. • São representações parciais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da abstração do conhecimento. • Estabelecimento de múltiplas relações entre dois domínios (como as relações de atração e sua variação com a distância). 	<ul style="list-style-type: none"> • Riscos potenciais da utilização de analogias apontados na literatura. • Representação parcial do alvo pela base (representação da atração, mas não da repulsão). • Concretude da base (ímãs).
P6	<ul style="list-style-type: none"> • —^e 	<ul style="list-style-type: none"> • Afinidade como tendência natural de átomos se atraírem. • Conceção substancialista da energia. • Existência de uma superfície limitante nos átomos. • União como contato físico e desconsideração do equilíbrio entre as forças atrativas e repulsivas. • União de átomos dependente da “geometria de aproximação” destes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representações (modelos) de um domínio familiar para compreender um domínio desconhecido e abstrato. • Exemplos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da abstração do conhecimento. • Familiaridade do aluno com a base. • Facilitação da compreensão. • Introdução a um conceito novo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inferências inadequadas a partir da base (extensão da restrição da atração de ímãs por materiais ferromagnéticos à união entre átomos restrita ao oxigênio e hidrogênio).

^c Isso não significa que o professor desconhecesse a existência dessas forças, mas que ele parecia não considerá-las relevantes para a explicação da união entre átomos nesse nível de ensino.

^d e ^e Nada foi manifestado, pelo professor, sobre esse aspecto durante a entrevista.