

ARTIGO

ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS DECLARATIVO E PROCEDIMENTAL
DE FUTUROS PROFESSORES DE QUÍMICA SOBRE ANALOGIAS

Thais Mara Anastácio Oliveira*
Nilmara Braga Mozzer**

RESUMO: Neste trabalho, investigamos as ideias que futuros professores de Química, em diferentes estágios de formação, declaram sobre analogias e as relacionamos com as analogias elaboradas por eles. Os dados foram obtidos a partir de questionários e de entrevistas de validação. Nossos resultados indicaram que os licenciandos pesquisados apresentavam um conhecimento procedimental limitado sobre analogias. Chegamos à conclusão central de que um foco quase que exclusivo no desenvolvimento do conhecimento declarativo sobre analogias durante a formação de professores pode não ser suficiente para que eles desenvolvam um conhecimento procedimental satisfatório e para que utilizem analogias de forma apropriada no Ensino de Ciências. Ressaltamos a importância de se pensar em iniciativas para sanar essas lacunas dos cursos de formação de professores.

Palavras-chave: Analogias. Conhecimento declarativo. Conhecimento procedimental. Formação de professores.

ANALYSIS OF DECLARATIVE AND PROCEDURAL PRE-SERVICE CHEMISTRY
TEACHERS' KNOWLEDGE ABOUT ANALOGIES

ABSTRACT: In this study, we investigated ideas that future chemistry teachers stated about analogies at different stages in their training courses and we related such ideas to the analogies elaborated by them. The data was obtained from questionnaires and interviews done to substantiate them. Our results indicate that the pre-service teachers, who participated in the study, demonstrated limited procedural knowledge about analogies. Our main conclusion is that a focus based almost exclusively on developing declarative knowledge about analogies during teacher training may not be sufficient for them to develop satisfactory procedural knowledge and use analogies in an appropriate manner in teaching science. We call attention to the importance of finding ways to remedy these gaps in teacher training courses.

Keywords: Analogies. Declarative knowledge. Procedural knowledge. Teacher training.

*Mestranda em Educação
pela Universidade Federal
de Ouro Preto (UFOP),
Ouro Preto, MG - Brasil.
Membro dos grupos de pesquisa
PRÁTICAS EDUCATIVAS E
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – UFOP e
REAGIR: Modelagem e Educação
em Ciências – Universidade
Federal de Minas Gerais.
E-mail: <thais-moliveira@hotmail.com>.

**Doutora em Educação em
Ciências pela Universidade
Federal de Minas Gerais (UFMG),
Belo Horizonte, MG - Brasil.
Professora do curso de Química
Licenciatura e do Programa
de Pós-graduação em Educação
da Universidade Federal
de Ouro Preto.
Coordenadora do grupo de pesquisa
PRÁTICAS CIENTÍFICAS E
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (UFOP)
e membro do grupo de pesquisa
REAGIR - Modelagem e
Educação em Ciências (UFMG).
Email: <nilmara@iceb.ufop.br>.

ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS DECLARATIVO Y PROCEDIMENTAL DE FUTUROS MAESTROS DE QUÍMICA ACERCA DE ANALOGÍAS

RESUMEN: En este trabajo, investigamos las ideas que futuros maestros de química, en diferentes etapas de formación, declaran sobre analogías y las relacionamos con las analogías elaboradas por ellos. Los datos fueron obtenidos a partir de cuestionarios y de entrevistas de validación. Nuestros resultados indicaron que los licenciandos presentaban un conocimiento procedimental limitado sobre analogías. Concluimos centralmente que un foco casi que exclusivo en el desarrollo del conocimiento declarativo sobre analogías durante la formación de maestros puede no ser suficiente para que ellos desarrollen un conocimiento procedimental satisfactorio y para que utilicen analogías de forma apropiada en la Enseñanza de las Ciencias. Resaltamos la importancia de pensar en iniciativas para sanar esos desfases de los cursos de formación de maestros.

Palabras clave: Analogías. Conocimiento declarativo. Conocimiento procedimental. Formación de maestros.

INTRODUÇÃO

As analogias têm sido apontadas por diversos pesquisadores da Psicologia Cognitiva e do Ensino de Ciências como um recurso potencialmente útil em tornar o desconhecido conhecido aos sujeitos (HOLYOAK; THAGARD, 1989; VOSNIADOU, 1989; GENTNER; MARKMAN, 1997; JUSTI; GILBERT, 2006; WILBERS; DUIT, 2006; CLEMENT, 2008b; GLYNN, 2008). Isso ocorre porque essas comparações possibilitam o estabelecimento de correspondências entre relações de um domínio familiar, chamado de *análogo* (GLYNN, 1991), e um domínio desconhecido ou pouco familiar, chamado de *domínio alvo* (GLYNN, 1991), os quais são semelhantes *estrutural e/ou funcionalmente*, independentemente das semelhanças e diferenças quanto aos atributos de objeto (propriedades descritivas como cor, tamanho etc.) (GENTNER, 1989).

A potencialidade das analogias explica o seu amplo uso por cientistas na construção da ciência (GENTNER, 1989; VOSNIADOU; ORTONY, 1989; NERSESSIAN, 1992, 2008a; CLEMENT, 2008c) e no Ensino de Ciências (COLL, 2005; AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006; HARRISON; COLL, 2008). Apesar disso, ainda muito pouco tem sido investigado sobre o uso e a compreensão dessas ferramentas por (futuros) professores de Ciências.

Analogias na ciência e no Ensino de Ciências

Raciocínio analógico, como um recurso do pensamento humano, auxilia e/ou promove a descoberta e a criatividade de cientistas na construção da ciência (JOHNSON-LAIRD, 1989; CLEMENT, 2008b; NERSESSIAN, 2008b). Os cientistas fazem uso de analogias com diferentes finalidades: resolução de problemas; desenvolvimento de seus modelos mentais; tentativa de explicar um conceito abstrato da ciência; comunicação de ideias e convencimento de um determinado público; geração de hipóteses; planejamento e projeto de experimentos; interpretação de resultados experimentais; modelagem de fenômenos e processos naturais e/ou tecnológicos (NERSESSIAN, 1992; DUNBAR; BLANCHETTE, 2001; COLL, 2005). Talvez por todos esses motivos, o físico Robert Oppenheimer (1955) tenha tecido o comentário de que “*Analogia é de fato uma ferramenta indispensável e inevitável para o progresso científico...*” (p. 30).

Um exemplo detalhado da elaboração de analogia, também proveniente do domínio da física, é fornecido por Nersessian e seus colaboradores (veja DAVIES; NERSESSIAN; GOEL, 2005; NERSESSIAN, 1999, 2008a). Nesses trabalhos, explica-se como Maxwell construiu um modelo visual de “campo eletromagnético” a partir da construção de analogias e de vários testes dessas para melhorar a abrangência e poder preditivo de seu modelo. Nersessian (1999, 2008a) também comenta sobre o uso dos modelos e analogias por Maxwell para comunicar o conhecimento que ele criou, na tentativa de convencer outros cientistas de seu potencial.

A Química também nos fornece bons exemplos quanto ao uso das analogias no desenvolvimento do conhecimento nessa área. Um deles é a analogia elaborada e testada experimentalmente por J. J. Thomson (1907) na tentativa de

solucionar o problema do arranjo dos elétrons (chamados por ele na época de “corpúsculos”) nos átomos, como ilustra a citação a seguir:

O problema da disposição dos corpúsculos é encontrar a forma como um número de corpos que se repelem mutuamente com forças inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre elas irão organizar-se quando sob a ação de uma força atrativa que tende a arrastá-los para um ponto fixo. **Pelo método experimental, os corpúsculos são substituídos por agulhas magnetizadas fixadas em discos de cortiça e flutuando em água. Devem ser tomados cuidados para que essas agulhas sejam igualmente magnetizadas. Estas agulhas, tendo seus polos todos apontando no mesmo sentido, repelem-se mutuamente como os corpúsculos. A força atrativa é produzida por um grande ímã colocado acima da superfície da água, sendo o polo inferior deste ímã de sinal oposto ao sinal superior dos polos dos ímãs flutuantes.** (J. J. THOMSON, 1907, p. 110, apud LOPES; MARQUES, 2010, p. 137-138. Grifo nosso.)

Ao propor essa analogia, Thomson parece tentar elaborar melhor sua representação do átomo, no qual atuariam forças atrativas e repulsivas e em que os elétrons se encontrariam em movimento.

Ambos os exemplos ilustram bem a importância do uso das analogias pelos cientistas para fazer avançar o conhecimento científico. Além desse importante papel no desenvolvimento da ciência, o raciocínio analógico tem-se mostrado fundamental na aprendizagem de Ciências (AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006; CLEMENT, 2008a; HARRISON; COLL, 2008).

Na medida em que, como mencionado, as analogias possibilitam a comparação entre situações novas e familiares, elas têm sido utilizadas pelos professores na tentativa de auxiliar os estudantes na compreensão dos modelos curriculares¹ e têm mobilizado pesquisadores no desenvolvimento de procedimentos para sua utilização com êxito no Ensino de Ciências (GLYNN, 1991; TREGUST; HARRISON; VENVILLE, 1998).

Os possíveis benefícios didáticos das analogias já foram amplamente discutidos na literatura de Ensino de Ciências, e os mais comumente reconhecidos são: facilitar o entendimento e/ou a visualização de conteúdos abstratos; motivar o interesse dos estudantes; facilitar o acesso aos conhecimentos prévios e/ou concepções alternativas dos estudantes; fazer previsões com relação a alguns aspectos do domínio alvo (DUIT, 1991; ORGILL; BODNER, 2004); apresentar função criativa, ajudando a descobrir novos problemas e gerando hipóteses sobre suas soluções (GLYNN; BRITTON; SEMRUD-CLIKEMAN; MUTH, 1989); tornar-se um importante mecanismo cognitivo de aquisição de novo conhecimento (VOSNIADOU, 1989) e/ou de promoção de alterações nas representações do estudante do domínio alvo (BLANCHETTE; DUNBAR, 2002); desenvolver uma concepção mais fidedigna sobre o trabalho científico; desenvolver uma consciência metacognitiva nos estudantes (COLL, 2005), entre outros.

Apesar de todos esses benefícios potenciais, na maioria das vezes em que se faz uso das analogias no Ensino de Ciências, os domínios análogo e alvo são fornecidos pelo professor e espera-se que os estudantes estabeleçam

correspondências entre as relações de tais domínios, que lhes possibilitem a elaboração de uma adequada representação mental do domínio alvo, ou seja, o modelo curricular almejado pelo professor. Esse procedimento insere-se naquilo que Blanchette e Dunbar (2000) denominaram *paradigma da recepção* no uso de analogias no ensino.

Sob essa perspectiva, no entanto, o objetivo de ensino almejado nem sempre é alcançado, uma vez que a base de conhecimentos dos estudantes se difere daquela a partir da qual professores e cientistas estabelecem as relações analógicas (WILBERS; DUIT, 2006). Quando uma inadequada interpretação das comparações elaboradas pelo professor ocorre, os estudantes estabelecem comparações de *mera aparência* (aquelas em que somente propriedades descritivas dos domínios são colocadas em correspondência² (GENTNER, 1989)) em lugar de analogias. Na melhor das hipóteses, esses estudantes podem estabelecer comparações do tipo *similaridade literal* se, além de características superficiais, forem capazes de reconhecer alguma relação entre os domínios (GENTNER, 1989; RATTERMANN; GENTNER, 1998).-

A esses problemas do uso das analogias no ensino a partir do paradigma da recepção, somam-se as possibilidades de os estudantes: não serem familiares ao análogo selecionado (algo que contraria a própria definição de analogia); fazerem uso mecânico das analogias fornecidas³; imaginarem que a analogia permite a elaboração de uma representação completa do alvo; ou ainda, desenvolverem um conhecimento superficial sobre o alvo (DUIT, 1991; ORGILL; BODNER, 2004).

Por outro lado, a elaboração de analogias pelos próprios estudantes dentro do chamado *paradigma de produção* (BLANCHETTE; DUNBAR, 2000) tem sido apontada por alguns trabalhos (WONG, 1993; KAUFMAN; PATEL; MAGDER, 1996; PITTMAN, 1999; SPIER-DANCE; MAYER-SMITH, DANCE; KHAN, 2005; CLEMENT, 2008b; MOZZER; JUSTI, 2012) como uma atividade mais proveitosa. Isso porque, ao se fornecer a oportunidade para que os estudantes estabeleçam suas próprias analogias, eles têm de procurar relações de similaridades de sua própria perspectiva, o que pode levá-los a um entendimento mais profundo dos domínios comparados (PITTMAN, 1999) e estimular o estabelecimento de novas inferências (WONG, 1993).

Infelizmente, esse tipo de atividade de elaboração de analogias no contexto das salas de aula de Ciências ainda constitui uma realidade pouco comum. Talvez por esse mesmo motivo, professores que passaram por uma formação sob o paradigma da recepção apresentem dificuldades no uso criativo dessas ferramentas, como as que destacamos na seção subsequente.

Uso e Elaboração de Analogias por Professores de Ciências

No que diz respeito ao uso e elaboração de analogias por professores de Ciências, a situação não tem se mostrado menos problemática que a dos estudantes. O que as pesquisas têm evidenciado é que professores dessa área, geralmente, não possuem um repertório bem preparado e validado de analogias, tendendo a elaborá-las, sem o devido cuidado e no mesmo momento em que ensinam (THIELE; TREAGUST, 1994); fornecem pouco ou nenhum

esclarecimento aos estudantes sobre os aspectos metafóricos da linguagem antropomórfica que utilizam em suas comparações (TABER; WATTS, 1996); almejam que os estudantes compreendam relações analógicas que apresentam um significado claro e objetivo para eles, mas não para seus estudantes (DUI; ROTH; KOMOREK; WILBERS, 2001); têm preferência por elaborar analogias com temas do cotidiano dos estudantes ou de suas experiências, mas que não são estrutural ou funcionalmente semelhantes ao domínio alvo (comparações de mera aparência) (THAGARD, 1992; MOZZER; JUSTI, 2013a, 2013b); tendem a confundir as analogias com outras ferramentas didáticas, como os exemplos (TREAGUST; DUI; JOSLIN, 1992; MOZZER; JUSTI, 2013b).

No que concerne ao raciocínio analógico propriamente dito, os professores de Ciências parecem também desconhecer a importância de se identificarem as limitações das analogias – aspectos que não podem ser comparados entre o análogo e o alvo, ou seja, aspectos em que o análogo *se difere* do alvo (MOZZER; JUSTI, 2013b; HARRISON, 2008) – e, como discutido, frequentemente, não explicitam o mapeamento das correspondências entre as relações de similaridade dos domínios comparados (DAGHER, 1995).

O desenvolvimento dos conhecimentos sobre analogias pode ser influenciado pelo processo de formação do professor (inicial e continuada). No entanto, em face dessas evidências de pesquisa, parece que os suportes fornecidos por alguns cursos de formação de professores com relação àqueles conhecimentos não se têm mostrado muito eficientes.

Além disso, é comum que, ao longo de todo o seu percurso formativo (fase escolar e acadêmica), os futuros professores tenham desenvolvido concepções inadequadas sobre natureza da ciência a partir de diferentes abordagens de ensino fundamentadas explícita ou implicitamente em um ‘método científico’ único e universal. As visões de ciência como uma coleção de fatos empiricamente obtidos e de conhecimento científico como algo absoluto, assim como a subestimação da imaginação e criatividade na produção de conhecimento são exemplos de seus efeitos (LEDERMAN; GESS-NEWSOME, 1999), os quais podem influenciar também as suas concepções sobre as analogias.

Em adição, Gess-Newsome (2003) salienta que mudanças no conhecimento dos professores podem ser operadas: quando eles são expostos a novas ideias e experiências; quando eles usam determinado conhecimento; e quando eles refletem ativamente sobre esse conhecimento.

Mas tais mudanças só poderão ser vislumbradas se tivermos mais informações sobre o conhecimento dos professores e o contexto no qual ele se desenvolve. Daí, nosso interesse em investigar como os licenciandos de Química compreendem e elaboram suas analogias.

OBJETIVOS

Diante do potencial recurso que as analogias representam no Ensino de Ciências e das dificuldades encontradas por professores para seu uso e elaboração, destacadas na literatura, este trabalho tem como objetivos principais:

(i) investigar quais ideias estudantes de um curso de Licenciatura em Química declaram sobre analogias (conhecimento declarativo)⁴; e (ii) estabelecer relações entre esse conhecimento declarativo e as analogias que os licenciandos elaboram (conhecimento procedimental)⁵.

METODOLOGIA

Caracterização da amostra e do contexto da pesquisa

Nossa amostra foi constituída por quatorze estudantes de um curso de Licenciatura em Química de uma Universidade Federal do Estado de Minas Gerais. Três deles cursavam o quinto período do curso, no qual são realizadas as primeiras discussões sobre analogias. Onze, cursavam as disciplinas do sétimo período e, portanto, já haviam vivenciado discussões sobre analogias com base em textos e pesquisas na área, durante seu processo de formação.

Coleta de dados

Para atingir os objetivos desta pesquisa, os estudantes responderam ao questionário constante no Anexo 1. As questões do questionário buscavam investigar o entendimento dos licenciandos em relação a: i) o conceito de analogias; ii) a elaboração e o uso de analogias por cientistas; iii) os objetivos de professores ao elaborar e usar analogias no ensino; iv) as diferenças entre analogias e outras comparações; v) as características fundamentais de uma boa analogia destinada ao Ensino de Ciências. Além disso, em um dos itens desse questionário, o licenciando era solicitado a elaborar uma analogia para facilitar o entendimento de estudantes sobre o tema “reações químicas”.

Os licenciandos investigados se dispuseram a participar voluntariamente da pesquisa. Em respeito aos preceitos da ética na pesquisa, os estudantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Para preservar a identidade dos licenciandos, foram usados códigos do tipo Ln, onde a letra L é indicativa de “licenciando” e n, um algarismo arábico de 1 a 14.

Para os licenciandos do quinto período (L1, L2 e L3), o questionário foi aplicado na aula introdutória sobre analogias, antes das discussões iniciais sobre essa temática na disciplina Prática de Ensino I. Em momentos posteriores da aula, os licenciandos passaram por discussões embasadas nas ideias constantes no questionário e sobre a analogia elaborada por eles. As discussões foram acompanhadas por uma das pesquisadoras (a primeira autora deste artigo), e os aspectos considerados relevantes para a pesquisa (por exemplo, esclarecimentos sobre as analogias elaboradas e relatos de dificuldades durante a elaboração da analogia) foram anotados e levados em conta durante a análise.

Para os demais licenciandos do sétimo período (L4 a L14), o questionário foi aplicado na aula de Estágio Supervisionado III, na mesma época que para os demais. Nesse caso, não houve discussões posteriores.

Com o objetivo de validar as inferências das pesquisadoras, foram realizadas entrevistas semiestruturadas (ver Anexo 2), nas quais cada licenciando era solicitado a: (i) fazer uma análise crítica da analogia elaborada; (ii) realizar, de forma explícita, o mapeamento da analogia; (iii) fazer uma análise das inferências e considerações realizadas pela pesquisadora sobre a analogia em questão.

Análise dos dados

Para a análise dos dados, primeiramente, foram criadas categorias com base na solicitação principal de cada questão do questionário e subcategorias com base nas ideias constantes nas respostas dos estudantes.

Na sequência, realizou-se também uma análise detalhada das analogias, de modo a: (1) identificar o tipo de comparação ou recurso didático elaborado pelos licenciandos; (2) inferir as possíveis concepções expressas em suas comparações; (3) estabelecer conexões entre as diferentes ideias declaradas pelos licenciandos e as ideias expressas em suas próprias comparações.

Para cumprir a tarefa (1), procuramos avaliar se o licenciando estabeleceu correspondências entre relações dos domínios comparados – o que caracteriza uma *analogia* –, comparou apenas atributos de objeto, ou seja, propriedades descritivas como cor, tamanho, forma etc. – o que caracteriza uma comparação de *mera aparência* –, ou se comparou ambos, relações e atributos de objeto – o que caracteriza uma *similaridade literal* – (GENTNER, 1989).

No cumprimento da tarefa (2), as pesquisadoras buscaram evidências nas comparações elaboradas pelos licenciandos que sustentassem suas inferências sobre possíveis ideias desses sobre analogias, além das que já haviam sido categorizadas.

Como discutido na seção anterior, entrevistas semiestruturadas foram realizadas com o intuito de avaliar a validade dessas inferências. Embora todas as entrevistas contemplassem as questões do Anexo 2, ocorreram variações no modo como cada uma delas foi conduzida, de acordo com as respostas dos licenciandos no decorrer do diálogo. Por exemplo, no caso em que as inferências das pesquisadoras não eram validadas pelo licenciando, questões de esclarecimentos eram propostas para melhor compreensão do ponto de vista dele.

Após realizar o mapeamento, os licenciandos eram questionados sobre a natureza das correspondências estabelecidas entre os domínios, isto é, se eram correspondência entre atributos de objeto, relações ou ambos. Nesse momento, alguns licenciandos reconheceram o tipo de comparação (ou outro recurso didático) que tinham elaborado ou foram solicitados a fazê-lo.

Ao realizar a análise dos aspectos inferidos pela pesquisadora a partir da analogia elaborada, os licenciandos validavam ou não essas inferências. No caso em que o licenciando discordava, ele era questionado sobre qual seria a melhor forma de explicitar a ideia ou mapeamento em questão. Novas análises foram realizadas, levando-se em conta essas ideias. No caso em que o mapeamento e as considerações inferidas a partir da analogia elaborada eram validados pelo licenciando, era mantida a análise realizada anteriormente com base nos dados do questionário.

Para cumprir a tarefa (3), procurou-se estabelecer um paralelo entre a comparação elaborada pelo licenciando e as principais ideias expressas por ele no questionário. Por exemplo, investigou-se se os licenciandos que declararam a importância de: (i) se estabelecer correspondências relacionais entre os domínios; (ii) se explicitar o mapeamento; (iii) se explicitar as limitações da analogia – consideraram tais aspectos na comparação que elaboraram. Também procurou-se investigar se licenciandos que declararam ideias superficiais sobre analogias elaboraram comparações condizentes com essas concepções, ou se incluíram novos aspectos nas comparações elaboradas.

Em um processo de triangulação entre pesquisadores, a categorização das respostas dos licenciandos, as inferências estabelecidas, bem como toda a análise dos dados foram discutidas pelas pesquisadoras até a produção da versão consensual apresentada neste trabalho.

RESULTADOS

Os resultados, obtidos a partir da análise do questionário aplicado aos licenciandos e das entrevistas de validação, são apresentados em duas seções. Na primeira, as ideias dos licenciandos sobre analogias que foram enquadradas nas categorias e subcategorias (ver Quadro 1). Como mencionado, a categorização foi realizada de acordo com a solicitação principal de cada questão do questionário. Dentro de cada categoria, buscamos as ideias centrais presentes nas respostas dos licenciandos e as classificamos na subcategoria em que mais se adequavam. É importante ressaltar que um mesmo licenciando pode ter sido classificado em mais de uma subcategoria, na medida em que suas ideias se enquadravam em diferentes concepções.

Na segunda seção, as analogias, outros tipos de comparações e recursos didáticos elaborados pelos licenciandos são exemplificados, com base em suas respostas à questão cinco do questionário (ver anexo 1) e em suas ideias expressas na entrevista de validação (ver anexo 2).

Principais concepções dos licenciandos sobre analogias

Quadro 1: Categorias e subcategorias representativas das principais ideias dos licenciandos em Química sobre analogias.

Categoria	Subcategoria	Licenciandos
I. Definição de analogia	Comparação entre domínios distintos	L1
	Ferramenta explicativa pela comparação de domínios distintos	L2, L3, L5, L6, L7
	Ferramenta explicativa pelo estabelecimento de correspondências entre relações do alvo e análogo	L5, L8, L9, L12, L13
	Ferramenta explicativa pelo estabelecimento de correspondências entre relações explícitas do alvo e análogo	L4, L11, L10, L14
II. Propósitos do uso de analogias por cientistas	Construir conhecimento científico	L3, L7
	Facilitar o entendimento de outras pessoas	L2, L4, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14
	Facilitar a visualização ⁶	L5
III. Propósitos do uso de analogias por professores	Facilitar entendimento de algo desconhecido a partir de algo conhecido	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L9, L10, L11, L12, L13, L14
	Facilitar a visualização	L5, L9
	Ter acesso às concepções alternativas dos estudantes	L9
IV. Diferença entre analogias e outras comparações	Comparações entre um conhecimento científico e algo conhecido versus comparações cotidianas	L1, L2, L5, L7
	Caráter explicativo versus ausência de um propósito definido	L3, L6, L8, L12
	Relações profundas versus correspondências de aparência	L4, L10, L13, L14
	Comparações explícitas versus implícitas	L10, L11
V. Tipos de comparações e outros recursos elaborados pelos estudantes	Comparação de Mera Aparência	L1, L7, L12, L13
	Similaridade Literal	L3, L10
	Analogia em potencial ⁷	L2, L5, L14
	Exemplo	L8, L9, L11
	Não elaborou	L6
VI. Ideias expressas pelos licenciandos a partir das comparações ou recursos elaborados	Analogias apresentam limitações	L2, L14
	As correspondências entre os domínios devem ser inferidas	L1, L2, L3, L5, L7, L10, L14
	As correspondências entre os domínios devem ser explicitamente mapeadas	L4, L12, L13
	Analogias são exemplos	L8, L9, L11
VII. Características de uma boa analogia no Ensino de Ciências	Apresentar o máximo de informações possível sobre o alvo	L1
	Ter objetivo bem definido	L2, L12
	Permitir o estabelecimento de correspondências entre relações do análogo e do alvo	L2, L4, L6,
	Proximidade à realidade do estudante ou inteligibilidade	L3, L4, L7, L9, L10, L12, L13
	Contar com um mapeamento explícito de relações	L5, L11, L13, L14
	Incluir a explicitação das limitações da analogia	L6, L11, L14

Tipos de comparações e outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos

A partir das respostas dos licenciandos à quinta questão do questionário (ver anexo 1), na qual eles deveriam elaborar uma analogia para facilitar a compreensão de estudantes da educação básica sobre o tema reações químicas, foi possível perceber se os licenciandos elaboraram não só analogias, mas também outros tipos de comparações e outros recursos didáticos, descritos e exemplificados a seguir.

O mapeamento foi realizado em um quadro, no qual constam os aspectos comparados entre os domínios alvo e análogo. As correspondências entre *relações* foram representadas por uma seta bidirecional preenchida, e as correspondências de atributos de objeto foram representadas por uma seta bidirecional descontínua. Esse tipo de representação do mapeamento está presente no trabalho de Mozzer e Justi (2015).

Como alguns licenciandos não explicitaram as correspondências entre os domínios, essas tiveram de ser inferidas pelas pesquisadoras. Nesses casos, foram usadas setas bidirecionais (preenchidas ou descontínuas) na cor cinza, para indicar os aspectos inferidos pelas pesquisadoras.

Comparação de mera aparência

As comparações nas quais as correspondências estabelecidas entre os domínios foram apenas de atributos de objeto foram classificadas como mera aparência. Essas correspondências foram explicitadas pelo licenciando ou inferidas pelas pesquisadoras. Como exemplo, segue a comparação elaborada por L4, cujo mapeamento encontra-se no quadro 2:

“Quando temos um homem e uma mulher e eles ‘formam’ uma criança, podemos pensar também nas reações químicas, não temos no fim o mesmo que tínhamos no início. No caso da analogia temos no início um homem e uma mulher formando uma criança e nas reações temos os reagentes formando os produtos. Nas reações, não há relações de sentimento, e os reagentes e produtos não têm vida.” (L4)

Quadro 2: Mapeamento da comparação estabelecida por L4 entre a geração de um filho e as reações químicas.

Análogo (Geração de um filho)	Mapeamento	Alvo (Reações químicas)
A relação entre um homem e uma mulher resulta em um filho.	←-----→	Nas reações químicas, reagentes se combinam formando um produto.
O filho é diferente do homem e da mulher.	←-----→	O produto formado é diferente dos reagentes.

A primeira correspondência mapeada no quadro 2 trata-se, a princípio, de uma correspondência relacional. Contudo, considerando que, neste trabalho, estamos trabalhando no domínio do Ensino de Ciências, optamos por enquadrar nesse tipo de correspondência apenas aquelas que apresentavam coerência com o conhecimento curricular. No caso dessa correspondência, em específico, a

relação “diferença” entre elementos do análogo e entre elementos do alvo em nada contribui para o entendimento do rearranjo dos átomos em uma reação química. Dessa maneira, entendemos que correspondências como essa são de *pseudorelação* e, por isso, consideramos que elas estão mais próximas daquelas entre atributos de objetos do que daquelas entre relações de similaridade. Isso justifica a categorização da comparação anterior como mera-aparência.

Similaridade literal

As comparações classificadas como similaridade literal são aquelas nas quais tanto correspondências relacionais como de atributos de objetos foram estabelecidas entre os domínios alvo e análogo pelo licenciando, sendo explicitadas pelo licenciando ou inferidas pelas pesquisadoras. A comparação estabelecida por L3, cujo mapeamento encontra-se no quadro 3, é um exemplo deste tipo:

“A analogia consiste na construção de uma casinha a partir de peças de Lego®. Peças diferentes se forem compatíveis, encaixam entre si de maneira que formam um novo objeto. O novo objeto apesar de possuir características novas é constituído pelas peças iniciais, que ainda se fazem presentes, ou seja, não desapareceram. A casinha, também pode ser desmontada separando as peças que após retornará ao estado inicial.” (L3)

Quadro 3: Mapeamento da comparação estabelecida por L3 entre a combinação entre peças de Lego® e as reações químicas

Análogo (Combinação entre peças de Lego®)	Mapeamento	Alvo (Reações químicas)
Peças diferentes, se forem compatíveis, podem ser combinadas formando um novo objeto.	↔	Partículas diferentes, se forem compatíveis ⁸ , podem reagir formando outras substâncias.
O novo objeto apesar de possuir características novas é constituído pelas peças iniciais, que foram rearranjadas.	↔	Embora o produto formado tenha propriedades diferentes, ele é constituído pelos mesmos átomos presentes inicialmente que foram rearranjados.
O objeto formado pode ser desmontado, retornando assim ao estado inicial.	↔	Existem reações nas quais os produtos podem se recombinar formando novamente os reagentes.

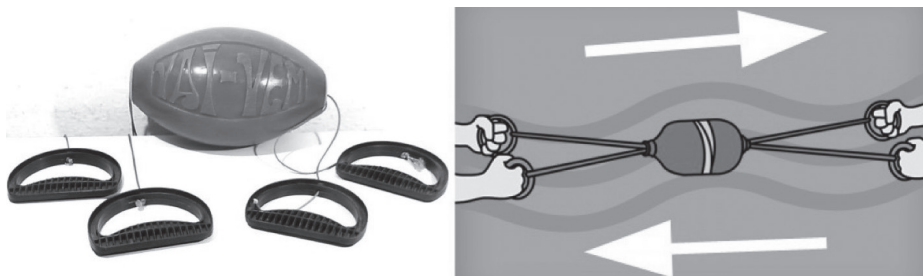
Analogia em potencial

Nessa subcategoria, foram classificadas as comparações nas quais as correspondências entre os domínios alvo e análogo são de cunho relacional, mas foram apenas parcialmente explicitadas pelo licenciando. Por exemplo, a comparação elaborada por L2, descrita abaixo:

“O brinquedo ‘bate-volta’ poderia ser uma analogia com relação ao vice-versa da reação em equilíbrio⁹ ora favorece a formação de produtos, ora favorece a formação do reagente.” (Resposta de L2 ao questionário).

“[nas reações reversíveis] ora favorece a formação de reagentes ora a formação de produtos, mas isso acontece de forma dinâmica. O brinquedo é o tempo todo assim, você não manda ele pra lá e fica esperando. Ele vai e volta. Mas quando as pessoas de lados diferentes fazem a mesma força, a bolinha ficaria no centro sem favorecer nenhum dos lados, como quando as reações acontecem com a mesma velocidade”. (Esclarecimento de L2 na entrevista de validação).

Figura 1: Brinquedo vai-vem



(Disponível em: < <http://www.velhariadigital.wordpress.com/2012/09/23/vai-vem-trabalhando-biceps-desde-os-anos-70> > Acesso: 05/01/2015)

No quadro 4, encontra-se o mapeamento das relações analógicas¹⁰ explicitadas por L2, durante a discussão que se seguiu ao preenchimento do questionário e aquelas inferidas pelas pesquisadoras e validadas em situação de entrevista.

Quadro 4: Mapeamento da comparação estabelecida por L2 entre o brinquedo vai-vem e o estado de equilíbrio de reações químicas.

Análogo (Brinquedo vai e vem)	Mapeamento	Alvo (Reações químicas)
A bolinha pode se mover tanto no sentido de uma pessoa quanto no sentido da outra. ¹¹	↔	Uma reação química pode se processar tanto no sentido de formação de produtos quanto de reagentes.
Se os dois jogadores fizerem uma força igual, a bolinha ficará no centro e nenhum dos sentidos de deslocamento prevalecerá.	↔	Durante o estado de equilíbrio, a velocidade das reações direta e inversa é igual e não prevalece a formação de nenhuma das espécies.

Exemplo

Foram classificadas nesta subcategoria as respostas nas quais os licenciandos somente exemplificaram uma reação química, sem estabelecer uma comparação, como L11 o fez:

“Quando deixamos um mamão fora da geladeira durante alguns dias, as características visuais da fruta mudam, devido à ação de micro-organismos que se instalam e alimentam da mesma alterando suas propriedades (consistência, cor, sabor e cheiro). (...) Durante a ação da microbiota na fruta ocorrem várias reações químicas que permitem a transformação das substâncias presentes na fruta (...)” (L11)

Não elaborou

Neste caso, o licenciando não elaborou nenhum tipo de comparação ou qualquer outro recurso didático, como exemplificado a seguir:

“É preciso definir o que é reação química, os fatores que interferem ou que estejam ligados direta e indiretamente com sua realização. Como por exemplo: velocidade da reação, presença ou não de catalisador, quantidade de matéria; temperatura, sendo reação exotérmica ou endotérmica; se está ocorrendo em sistema aberto ou fechado, para observar as leis que a regem; o deslocamento da reação, qual caminho é mais favorável.” (L6)

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Da análise com foco no conhecimento declarativo dos licenciandos sobre analogias, foi possível perceber que há certa diversidade de concepções acerca das analogias, evidenciada pelas subcategorias que compuseram a categoria “Definição de analogia”. As ideias mais comuns foram as de que analogias são: (i) comparações entre domínios distintos (1 licenciando); (ii) ferramentas explicativas pela comparação de domínios distintos (4 licenciandos); e (iii) ferramentas explicativas pelo estabelecimento de correspondências entre relações (explícitas ou não) entre alvo e análogo (9 licenciandos).

Nos dois primeiros casos, é possível notar que, para o licenciando, qualquer tipo de comparação poderia ser classificada como analogia, desde que dois domínios distintos sejam comparados, enquanto, no segundo caso, os licenciandos também atribuem às analogias o papel de representar, explicar ou facilitar a compreensão do domínio alvo. Já no terceiro caso, no qual incluímos as duas últimas subcategorias da categoria analisada, além da função explicativa, os licenciandos destacaram um importante aspecto que diferencia as analogias das demais comparações: as correspondências relacionais entre os domínios. Apesar disso, apenas quatro deles destacaram a importância de um mapeamento explícito dessas relações.

As três licenciandas (L1, L2 e L3), que ainda não haviam passado por discussões formais sobre analogias, declararam ideias pouco elaboradas sobre esse tópico. Duas delas definiram analogias como comparações entre duas situações. Por outro lado, os licenciandos que já haviam passado por discussões formais sobre analogias nas disciplinas de Prática de Ensino de Química I e Estágio Supervisionado II e III, em geral, evidenciaram concepções mais elaboradas, embora tenham deixado de lado alguns aspectos essenciais sobre analogias, como

as correspondências relacionais entre os domínios e a explicitação dessas.

O fato de a maior parte dos licenciandos compreender analogia somente como uma ferramenta explicativa parece refletir em suas concepções sobre os objetivos pelos quais os cientistas elaboram e usam analogias na ciência (categoria II), uma vez que a grande maioria dos licenciandos (11) atribuiu o uso de analogias por cientistas à facilidade de comunicar conhecimento científico. Apenas L3 e L7 reconheceram que cientistas utilizam analogias para auxiliar no seu raciocínio e na interpretação de fenômenos ou ideias; e L5 destacou a importância específica de analogias facilitarem a visualização do alvo.

Em suma, a maioria dos licenciandos parece desconhecer o caráter construtivo/criativo das analogias, isto é, a importância dessas ferramentas na produção de novo conhecimento, a qual foi apontada por Nersessian (1999, 2008b) e outros pesquisadores.

Em relação aos objetivos pelos quais professores elaboram e usam analogias no Ensino de Ciências (categoria III), com exceção de L5 e L9, que os atribuíram à facilitação da visualização de um alvo abstrato, todos os demais acreditam que os professores almejam facilitar o entendimento dos estudantes de algo desconhecido a partir de algo por eles conhecido. L9 foi o único licenciando que reconheceu a importância das analogias na identificação de possíveis concepções alternativas dos estudantes.

Em nosso estudo, ao distinguir analogias das demais comparações (categoria IV), apenas quatro licenciandos (L4, L10, L13 e L14) destacaram a importância de *relações* entre os domínios sobre os atributos de objetos. Somente dois licenciandos (L10 e L11) destacaram a importância do mapeamento explícito das correspondências entre os domínios. Isso nos leva a supor que, embora a maior parte dos licenciandos tenha passado por um processo de discussões sobre analogias ao longo do curso, ainda não tinham clareza sobre as principais diferenças destas em relação às outras comparações.

Apesar de apenas L10 e L11 terem destacado a explicitação das correspondências como uma característica que distingue analogias das demais comparações (categoria IV), esse aspecto também foi citado em outras subcategorias por vários licenciandos. Ao definirem analogias, quatro licenciandos (L4, L10, L11 e L14) consideraram a necessidade de que elas apresentem correspondências relacionais explícitas entre os domínios (categoria I). Além disso, quatro licenciandos (L5, L11, L13, L14) destacaram a importância de que as correspondências relacionais sejam explicitamente mapeadas na elaboração de uma boa analogia destinada ao Ensino de Ciências (categoria VII). Contudo, apenas três licenciandos (L4, L12 e L13) explicitaram as correspondências entre os domínios ao elaborar uma comparação (categoria VI), sendo que apenas L4 e L13 destacaram em algum momento a importância de que tal explicitação fosse realizada.

Os licenciandos fizeram diferentes apontamentos sobre as principais características de uma boa analogia no Ensino de Ciências (categoria VII). Foi possível perceber concepções coerentes, mas também algumas concepções equivocadas sobre analogias. Por exemplo, três dos sete licenciandos (L4, L7 e L9), cujas respostas foram enquadradas na subcategoria “Proximidade à realidade do estudante ou inteligibilidade”, evidenciaram confundir o domínio análogo

com a própria analogia (como já apontado por Duit, 1991). Se, por um lado, esses estudantes destacaram uma característica essencial de uma boa analogia destinada ao ensino – a familiaridade do estudante com o análogo – por outro, ao expressarem suas ideias a esse respeito, demonstraram não distinguir o domínio familiar e as relações de similaridade que ele estabelece com o alvo.

Em relação ao conhecimento procedimental sobre analogias, os licenciandos também apresentaram limitações. Isso pode ser evidenciado ao observarmos que apenas três licenciandos (L2, L5 e L14) elaboraram uma “Analogia em Potencial”. Tais licenciandos não explicitaram o mapeamento de todas as relações possíveis entre os domínios, motivo pelo qual a analogia foi denominada “em potencial”.

Dentre esses licenciandos, apenas L2 ainda não havia passado por discussões sobre analogias. Supomos que essa licencianda já possuía algumas das habilidades importantes para elaborá-las como: imaginação, criatividade e abstração (JOHNSON-LAIRD, 1989; NERSESSIAN, 2008a). Tais habilidades podem ter contribuído para que L3, que também não havia passado por discussões sobre analogias, tenha elaborado uma similaridade literal e não uma comparação de mera aparência.

Como discutido, as similaridades literais são comparações que, apesar de contarem com correspondências superficiais de atributos de objeto, também contam com o estabelecimento de relações. Isso confere a elas um maior poder de inferência do que as comparações de mera aparência, ainda que esse poder inferencial seja menor do que o das analogias, cujo foco está nas relações.

Entre os licenciandos investigados, cinco (L1, L4, L7, L12, L13) elaboraram comparações de mera aparência (categoria V). Entre esses cinco licenciandos, apenas L1 ainda não havia passado por um processo de discussões sobre analogias. De forma ainda menos coerente, outros três licenciandos (L8, L9 e L11) que também haviam passado por discussões sobre analogias, citaram exemplos como analogias.

Esses resultados nos levam a supor que os licenciandos não tinham clareza sobre as distinções entre analogias e as demais comparações. Isso também pode ser evidenciado pelo fato de que apenas cinco deles (L2, L3, L5, L10, L14) colocaram em correspondência *relações* entre os domínios, e apenas três (L4, L12, L13) explicitaram o mapeamento de suas comparações.

Não explicitar o mapeamento no contexto de ensino, significaria deixá-lo a cargo dos estudantes. Nesse processo, eles podem colocar em correspondências ideias completamente diferentes das que os professores almejam e gerar concepções alternativas sobre o tema em estudo (DAGHER, 1994; DUIT, 1991).

Ao relacionarmos o conhecimento declarativo dos licenciandos sobre analogias com as comparações que eles elaboraram, percebemos que, embora nove deles tenham enfatizado que as correspondências relacionais entre os domínios alvo e análogo definem as analogias (categoria I), apenas três destes estabeleceram *relações* entre os domínios ao elaborar a analogia (categoria V). Além disso, os quatro licenciandos que mencionaram a importância de explicitar tais relações (categoria I), não o fizeram nas comparações elaboradas. Isso nos fornece evidências de que, mesmo os poucos licenciandos que mencionaram ideias mais coerentes com a definição de analogias encontrada na literatura, parecem apresentar um conhecimento apenas declarativo a esse respeito.

Por outro lado, no caso de L2 e L3, que ainda não haviam passado por

um processo formal de discussões sobre analogias, o conhecimento procedimental mostrou-se mais desenvolvido do que o declarativo. Essas licenciandas elaboraram comparações do tipo *Analogia em Potencial* e *Similaridade Literal*, respectivamente (categoria V), embora não tenham destacado aspectos importantes que caracterizam e diferenciam as analogias de outros tipos de comparações, como as correspondências de relações de similaridade entre os domínios e a explicitação dessas.

Além disso, dominar apenas aspectos teóricos sobre analogias pode não ser suficiente para garantir que futuros professores as utilizem de forma adequada no ensino. Isso pode ser evidenciado ao observarmos, por exemplo, que L11 e L14, quando solicitados a elaborar uma analogia, não explicitaram todas as relações possíveis entre os domínios (L11, em específico, citou um exemplo de reação química, acreditando ter elaborado uma analogia), e que apenas L14 apontou limitações na comparação elaborada, embora ambos as tenham apontado como características que definem e que caracterizam uma boa analogia para o Ensino de Ciências.

No Ensino de Ciências, a atitude do professor de ignorar a discussão das limitações de uma analogia pode reforçar nos estudantes a concepção comum entre eles de que o conhecimento científico é constituído de verdades absolutas ou de representações exatas da realidade investigada (HARRISON, 2008).

Apesar de quatro licenciandos terem apontado que as *relações* entre o alvo e análogo diferenciam analogias das demais comparações (categoria IV), apenas dois deles (L10 e L14) estabeleceram correspondências relacionais entre os domínios ao elaborar a comparação. L10 elaborou uma similaridade literal ao colocar em correspondência atributos de objetos e relações de similaridade entre os domínios. Ademais, os dois licenciandos (L10 e L11), que mencionaram a importância do mapeamento explícito dessas relações, em resposta à quarta questão do questionário, não o fizeram quando solicitados a elaborar uma analogia (categoria V).

Nossos resultados indicam também que os licenciandos que cursavam disciplinas específicas do sétimo período do curso não se saíram melhor na elaboração de analogias do que aqueles que estavam em períodos iniciais. Isto é, embora os licenciandos que já haviam passado por discussões sobre analogias tenham apresentado um conhecimento declarativo mais acurado se comparado aos demais, tais licenciandos não apresentaram um conhecimento procedimental satisfatório.

Um exemplo representativo dessa situação é o caso de L11. Esse licenciando demonstrou uma adequada compreensão sobre a definição de analogias ao reconhecer que elas são correspondências entre as relações de similaridade de um domínio conhecido – análogo – com um domínio desconhecido – domínio alvo. O licenciando também reconheceu, em vários momentos, em resposta às questões do questionário, a importância das correspondências entre relações dos domínios e a explicitação dessas, mas, ao ser solicitado a elaborar uma analogia, citou um exemplo de reações químicas que ocorrem nas frutas devido à ação de micro-organismos.

Os demais resultados obtidos neste trabalho também demonstram que a maioria dos licenciandos pesquisados compartilha grandes dificuldades na elaboração de suas analogias com propósitos voltados para o ensino. Se, por

um lado, poderíamos atribuir essa dificuldade principalmente à temática – algo que consideramos menos provável, dado que pesquisas com outras temáticas envolvendo professores experientes na área têm apresentado resultados similares (MOZZER; JUSTI, 2013b; TREAGUST et al., 1998) – por outro, não podemos negar a deficiência na formação desses futuros professores para desenvolver um conhecimento mais funcional sobre as analogias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas na Psicologia Cognitiva e na Educação em Ciências vêm atribuindo diversos benefícios às analogias. Apesar disso, o que tem sido evidenciado é que professores parecem desconhecer essas potencialidades das analogias para o Ensino de Ciências, assim como os cuidados no uso adequado dessas.

O presente trabalho evidenciou que futuros professores de Química atribuem o uso de analogias por professores de Ciências – e mesmo pelos cientistas – somente a fins explicativos, ignorando, dessa forma, a importância delas no processo de construção do conhecimento. Tal concepção pode implicar o uso restrito das analogias no ensino apenas a partir do paradigma da recepção, no qual são fornecidos aos estudantes os domínios alvo e análogo, e se espera que os estudantes estabeleçam as relações entre esses de modo independente (BLANCHETTE; DUNBAR, 2000).

Essa abordagem restritiva no uso das analogias privaria os estudantes de vivenciar, por meio das analogias, processos semelhantes àqueles vivenciados pelos cientistas na construção do conhecimento científico. Assim, pesquisas recentes como as de Clement (2008a) e Mozzer e Justi (2011) têm evidenciado que, ao se fornecer oportunidades para que os próprios estudantes elaborem, critiquem e reformulem suas analogias, a construção de um conhecimento de Ciências mais coerente com o curricular, são favorecidos o desenvolvimento de habilidades investigativas e uma maior consciência sobre aspectos importantes do trabalho científico.

A visão limitada que os futuros professores demonstraram sobre o uso de analogias no Ensino de Ciências está relacionada à sua própria concepção sobre o que são analogias. Os licenciandos, em geral, compreendem as analogias como um tipo de comparação, mas não evidenciaram aspectos importantes que as caracterizam e as diferenciam das demais comparações: as correspondências relacionais entre os domínios e a explicitação dessas correspondências.

Como discutido na análise dos dados, mesmo os poucos licenciandos que apresentaram um conhecimento declarativo satisfatório sobre analogias, quando foram solicitados a elaborar sua própria analogia para facilitar a compreensão de estudantes da educação básica sobre o tema reações químicas, não foram capazes de fazê-lo. Na maioria das vezes, apenas citaram características e comportamentos do análogo e não realizaram o mapeamento de forma explícita.

Essa confusão entre analogia e análogo já foi apontada por Duit (1991) como uma concepção frequente entre professores de Ciências e discutida por Mozzer e Justi (2015) como uma das causas de os estudantes construírem modelos

mentais diferentes do modelo curricular almejado pelo professor.

É importante destacar também que a maioria dos licenciandos parece desconhecer a importância de explicitar as limitações das analogias, pois foram poucos os que mencionaram esse aspecto. No contexto de ensino, não explicitar as limitações das analogias pode gerar ou reforçar, nos estudantes, a concepção errônea de que as representações científicas são isentas de limitações (HARRISON, 2008).

As limitações dos licenciandos em relação ao conhecimento sobre analogias, também foram identificadas a partir de suas próprias comparações. A maioria dos licenciandos, quando solicitados a elaborar uma analogia, criou outros tipos de comparação e até mesmo outras ferramentas didáticas. Isso é um indício de que não têm clareza sobre aspectos que distinguem analogias das demais comparações e/ou do que são, de fato, analogias.

Os poucos licenciandos que demonstraram algumas concepções satisfatórias sobre analogias pareciam apresentar um conhecimento apenas declarativo. Isso porque as ideias relevantes que eles mencionaram em resposta às questões do questionário não foram contempladas nas comparações elaboradas. Adicionalmente, os licenciandos de períodos mais avançados no curso não se saíram melhor na elaboração de ideias do que os licenciandos que ainda não haviam vivenciando tais discussões, apesar de terem apresentado um conhecimento declarativo mais acurado do que esses. Isso evidencia um conhecimento procedimental pouco satisfatório.

Por outro lado, alguns licenciandos que ainda não haviam passado por um processo de formação sobre analogias (L2 e L3) demonstraram um conhecimento procedimental mais elaborado em relação ao declarativo. Acreditamos que esses licenciandos possam ter aprendido a fazer uso de analogias como estratégia pessoal de aprendizagem e foram, assim, desenvolvendo habilidades importantes para elaborá-las (como a imaginação, a criatividade e a abstração).

Assim, tivemos várias evidências de que experimentar apenas discussões teóricas durante o processo de formação pode não ser suficiente para garantir que os futuros professores utilizem as analogias de forma apropriada no Ensino de Ciências. Acredita-se que a elaboração de analogias requer habilidades que vão além do conhecimento sobre aspectos teóricos (TREGUST; HARRISON; VENVILLE, 1998), as quais devem ser desenvolvidas durante o processo de formação, com a prática.

Julga-se fundamental que o professor tenha um bom conhecimento de conteúdo, isto é, que ele saiba selecionar e tenha clareza sobre os aspectos alvo do conteúdo curricular de Ciências a ser construído com os estudantes. Como observado em nosso trabalho, em alguns casos, os licenciandos transpuseram características do domínio análogo para o alvo. Em um contexto de ensino, isso poderia implicar o desenvolvimento de possíveis concepções alternativas pelos estudantes.

Por outro lado, dominar o conteúdo não é o bastante para determinar o uso satisfatório de analogias no Ensino de Ciências. É fundamental que professores também desenvolvam seu conhecimento pedagógico de conteúdo (SHULMAN, 1987), para que possam utilizar as analogias da melhor forma possível, como

recurso para auxiliar a construção de conhecimentos curriculares pelos estudantes.

A reflexão sobre os aspectos levantados e discutidos neste trabalho mostra-se relevante para a investigação no Ensino de Ciências, pois possibilita pensar em estratégias que tenham como objetivo sanar as lacunas presentes nos cursos de formação de professores em relação às analogias. Para isso, seria indispensável propiciar aos futuros professores diferentes ocasiões para que eles elaborem e discutam suas próprias analogias; algo que poderia contribuir não só para que eles elaborassem analogias mais coerentes e consistentes com o conhecimento científico, mas também para que eles reconhecessem a importância de propiciar tais oportunidades no Ensino de Ciências. Acreditamos que tais estratégias poderiam favorecer a formação de professores com concepções coerentes sobre analogias e mais aptos a utilizá-las em toda sua potencialidade no ensino.

Apoio Financeiro

CNPq e FAPEMIG.

NOTAS

1 Simplificações dos modelos consensuais, desenvolvidas com finalidades pedagógicas. Aqui, modelos são compreendidos como representações de ideias, objetos, eventos, processos ou fenômenos para um dado sistema, que apresentam uma finalidade específica (GILBERT et al., 2000).

2 O processo de correspondência de propriedades descritivas (atributos de objeto) e/ou de relações entre os domínios comparados é conhecido como mapeamento (GENTNER, 1989).

3 Nesse caso, os estudantes podem se apropriar da analogia utilizada pelo professor para explicar os aspectos do domínio alvo, sem que tenham compreendido adequadamente esse domínio. Por exemplo, ao ser solicitado a explicar o tema “ligações metálicas”, um estudante que não tiver compreendido como essas ligações ocorrem poderá apenas citar a analogia do mar de elétrons.

4 Conhecimento declarativo é aquele constituído por proposições referentes a conceitos, teorias, fatos, objetos, processos etc. que pode ser expresso verbalmente ou por meio da escrita (Anderson, 1995). Por exemplo, definir analogias e apontar aspectos de uma boa analogia destinada ao ensino.

5 Conhecimento procedimental é aquele que se constitui das habilidades cognitivas necessárias para realização de determinada ação (Anderson, 1995). Por exemplo, na elaboração de uma analogia, o indivíduo ser capaz de estabelecer relações de similaridade estruturais e/ou funcionais entre o análogo selecionado e o alvo e de explicitá-las.

6 O termo “facilitar a visualização” foi utilizado pelos licenciandos para facilitar a representação mental de algo muito abstrato (o alvo). Assim, a visualização ocorre quando o sujeito atua mentalmente sobre uma representação, interna ou externa, conferindo-lhe um sentido.

7 Foram denominadas “Analogias em Potencial” as comparações nas quais os licenciandos não explicitaram *todas as possíveis correspondências relacionais* entre os domínios.

8 Essa ideia foi esclarecida por L3, em entrevista, como uma espécie de reconhecimento pelas espécies de características afins existentes entre elas.

9 Embora L2 tenha dito inicialmente que o alvo seria reações em equilíbrio químico, a licencianda explicitou, durante as discussões que ocorreram após o preenchimento do questionário, que o alvo seria, na verdade, as reações reversíveis.

10 Correspondências entre relações de similaridade dos domínios.

11 Originalmente, L2 expressou-se, usando termos do alvo para se referir ao análogo: “A bolinha pode se mover tanto no sentido dos reagentes quanto no sentido dos produtos”.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. J. Cognitive psychology and their acquisition. **Psychological Review**, v. 94, n. 1, p. 192-210, 1995.
- AUBUSSON, P. J.; HARRISON, A. G.; RITCHIE, S. M. Metaphor and analogy: serious thought in science education. In: AUBUSSON, P. J.; HARRISON, A. G.; RITCHIE, S. M. (Eds.). **Metaphor and analogy in science education**. Dordrecht: Springer. 2006. p. 1-9.
- BLANCHETTE, I.; DUNBAR, K. How analogies are generated: the roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, v. 28, n.1, p. 108-124, 2000.
- BLANCHETTE, I.; DUNBAR, K. Representational change and analogy: how analogical inferences alter target representations. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 28, n. 4, p. 672-685, 2002.
- CLEMENT, J. Case study of a student who counters and improves his own misconceptions by generating a chain of analogies. In: CLEMENT, J (Ed.). **Creative Model Construction in Scientists and Students: the role of imagery, analogy and mental simulations**. Dordrecht: Springer. 2008a. p. 127-137.
- CLEMENT, J. Creativity and scientific insight in the case study for S2. In: CLEMENT, J (Ed.). **Creative Model Construction in scientists and students: the role of imagery, analogy and mental simulations**. Dordrecht: Springer. 2008b. p. 97-115.
- CLEMENT, J. Major process involved in spontaneous analogical reasoning. In: CLEMENT, J (Ed.). **Creative model construction in scientists and students: the role of imagery, analogy and mental simulations**. Dordrecht: Springer. 2008c. p. 21-32.
- COLL, R. K. The role of models/and analogies in science education: Implications from research. **International Journal of Science Education**, v.27, n. 2, p. 183-198, 2005.
- DAGHER, Z. R. Analysis of analogies used by science teachers. **Journal Research in Science Teaching**, v. 32, n. 3, p. 259-270, 1995.
- DAGHER, Z. R. Does the use of analogies contribute to conceptual change? **Science Education**, v.78, n. 6, p. 601-614, 1994.
- DAVIES, J.; NERSESSIAN, N. J.; GOEL, A. K. Visual models in analogical problem solving. **Foundations of Science**, v. 10, p. 133-152, 2005.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

- DUNBAR, K.; BLANCHETTE, I. The in vivo / in vitro approach to cognition: the case of analogy. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 5, n. 8, p. 334-339, 2001.
- GENTNER, D. The mechanisms of analogical learning. In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A (Eds.). **Similarity and analogical reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p. 199-241.
- GENTNER, D.; MARKMAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, v. 52, n. 1, p. 45-56, 1997.
- GESS-NEWSOME, J. **Implications of the Definitions of Knowledge and Beliefs on Research and Practice in Science Teacher Education**. In: Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, 2003, PA.
- GILBERT, J.; BOULTER, C.; ELMER, R. Positioning models in science education and in design and technology education. In: GILBERT, J.; BOULTER, C. (Eds.). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer. 2000. p. 3-17.
- GLYNN, S. M. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In: GLYNN, S. M.; YEARN, R. H.; BRITTON, B. K.(Eds.). **The psychology of learning science**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum. 1991. p. 219-240.
- GLYNN, S. M. Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies. In: MIKELSKIS-SEIFERT, S.; RINGELBAND, U.; BRUKMAN, M. (Eds.). **Four decades of research in science education: From curriculum development to quality improvement**. Münster: Waxmann. 2008. p. 113-125.
- GLYNN, S. M.; BRITTON, B. K.; SEMRUD-CLIKEMAN, M.; MUTH, K. D. Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In: GLOVER, J.; RONNING, R.; REYNOLDS, C. (Eds.). **Handbook of creativity: assessment, research and theory**. New York: Plenum Press. 1989.
- HARRISON, A. G. Teaching with analogies: friends or foes? In: HARRISON, A. G.; COLL, R. K. (Eds.). **Using analogies in middle and secondary science classrooms: The FAR guide-an interesting way to teach with analogies**. California: Corwin. 2008. p. 6-21.
- HOLYOAK, K. J.; THAGARD, P. Analogical mapping by constraint satisfaction. **Cognitive Science**, v. 13, p. 295-355, 1989.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. Analogy and the exercise of creativity. In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A.(Eds.). **Similarity and analogical reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p. 313-331.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. The role of analog models in the understanding of nature of models in chemistry. In: AUBUSSON, P. J.; HARRISON, A. G.; RITCHIE M. (Eds.). **Metaphor and analogy in science education**. Dordrecht: Springer. 2006. p. 119-130.
- KAUFMAN, D. R.; PATEL, V. L.; MAGDER, S. A. The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 3, p. 369-386, 1996.
- LEDERMAN, N. G.; GESS-NEWSOME, J. Reconceptualizing secondary science teacher education. In: LEDERMAN, N. G.; GESS-NEWSOME, J. (Eds.). **Examining pedagogical content knowledge - The construct and its implications for science education**. Dordrecht: Kluwer. 1999. v.6, p. 199-213.
- LOPES, C. V. M.; MARQUES, D. M. Modelos atômicos de J. J. Thomson e Ernest Rutherford. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITTO, F.; TRINDADE, L. S. P.(Eds.). **História da ciência: tópicos atuais 2**. São Paulo: Livraria da Física. 2010. p.131-158.
- MAY, D. B.; HAMMER, D.; ROY, P. Children's analogical reasoning in a third-grade science discussion. *Science Education*, v. 90, n. 2, p. 316-329, 2006.
- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de química. **Educación Química**, v. 24, p. 163-173, 2013a.

- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Science teachers' analogical reasoning. **Research in Science Education**, v. 43, n. 4, p. 1689-1713, 2013b.
- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Nem tudo que reluz é ouro: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.
- MOZZER, N. B.; JUSTI, R.; COSTA, P. P. Students' analogical reasoning when participating in modelling-based teaching activities. **9th International Conference of the European Science Education Research Association (EBook Proceeding of the ESERA 2011 Conference)**, Lyon, França: European Science Education Research Association. 2011. p. 764-769.
- NERSESSIAN, N. J. Creating scientific concepts. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology. 2008a.
- NERSESSIAN, N. J. How do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. In R GIERE, N. (Ed.). **Cognitive models of science**. Minneapolis: University of Minnesota Press. 1992. p. 3-44.
- NERSESSIAN, N. J. Model-based reasoning in conceptual change. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Eds.). **Model-based reasoning in scientific discovery**. New York: Academic Plenum Publishers. 1999. p. 5-22.
- NERSESSIAN, N. J. Representation and reasoning: analogy, imagery, thought experiment. **Creating scientific concepts**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology. 2008b. p. 131-181.
- OPPENHEIMER, R. Analogy in science. Paper presented at the Sixty-Third Annual Meeting of American Psychological Association, San Francisco, California. 1955.
- ORGILL, M.; BODNER, G. What research tells us about using analogies to teach Chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 5, n.1, p. 15-32, 2004.
- PITTMAN, K. M. Student-generated analogies: another way of knowing. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 1, p. 1-22, 1999.
- RATTERMANN, M.; GENTNER, D. More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a causal-mapping task. **Cognitive Development**, v. 13, p. 453-478, 1998.
- SHULMAN, L. S. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, p. 1- 22, 1987.
- SPIER-DANCE, L.; MAYER-SMITH, J.; DANCE, N.; KHAN, S. The role of student-generated analogies in promoting conceptual understanding for undergraduate chemistry students. **Research in Science & Technological Education**, v. 2, n. 2, p. 163-178, 2005.
- TABER, K. J.; WATTS, M. The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 5, p. 557-568, 1996.
- THAGARD, P. Analogy, explanation and education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 6, p. 537-544, 1992.
- THIELE, R. B.; TREAGUST, D. F. An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 3, p. 227-242.
- THIELE, R. B.; TREAGUST, D. F. Using analogies in secondary chemistry teaching. **Australian Science Teachers Journal**, v. 37, p. 10-14, 1991.
- TREAGUST, D. F.; DUIT, R.; JOSLIN, P. Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 4, p. 413-422, 1992.
- TREAGUST, D. F.; HARRISON, A. G.; VENVILLE, G. J. Teaching science effectively with analogies: an approach for pre-service and in-service teacher education. **Journal of Science Teacher**

Education, v. 9, n. 1, p. 85-101, 1998.

VOSNIADOU, S. Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. (Eds.). Similarity and analogical reasoning. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p. 413-437.

VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. Similarity and analogical reasoning: a synthesis. In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. (Eds.). Similarity and analogical reasoning. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p. 199-241.

WONG, E. D. Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. Journal of Research in Science Teaching, v. 30, n. 10, p. 1259-1272, 1993.

ANEXOS

Anexo 1. Questionário para Licenciandos de um Curso de Licenciatura em Química

1. Para você, o que é analogia?
2. Com qual(is) objetivo(s) você acha que os cientistas elaboram e usam analogias na ciência?
3. Com qual(is) objetivo(s) você acha que os professores usam analogias no Ensino de Ciências?
4. Em sua opinião, existe alguma distinção entre analogias e outros tipos de comparações? Explique.
5. Elabore uma analogia com o objetivo de facilitar a compreensão de um estudante sobre o tema reações químicas.
6. Que características você considera fundamentais para que uma analogia facilite a compreensão de um estudante sobre um conceito?

Anexo 2. Protocolo da entrevista de validação dos dados

1. Faça uma análise crítica da analogia elaborada, considerando os aspectos que julgar relevantes.
2. Quais aspectos estão em correspondência entre os domínios alvo e análogo na analogia que você elaborou?
3. (Leitura da análise pelo licenciando). O que você considera coerente e o que você considera incoerente com suas ideias nessa análise que fizemos?

Submetido em 22/01/16

Aprovado em 27/12/16

Contato:

Thais Mara Anastácio Oliveira

Rua Alfa, 107 F, Bauxita

35400-000-Ouro Preto-MG.