Lat. Am. J. Sci. Educ. 1, 12062 (2015)

Latin American Journal of Science Education

www.lajse.org

Modelo de compreensão do raciocínio analógico por duas vias: uma contribuição para o ensino e a aprendizagem em ciências com recursos às analogias

Ferry, Alexandre Da Silva, Nagem, Ronaldo Luiz

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Av. Amazonas, 5253, Bairro Nova Suíça, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

ARTICLE INFO

Received: XX Mes 2014

Accepted: XX Mes 2014

Keywords:
Educación preuniversitaria.
Analogías.
Razonamiento analógico.

E-mail addresses:
asferry@deii.cefetmg.br
ronaldo@dppg.cefetmg.br

ISSN 2007-9842

© 2015 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The aim of this study is to provide a contribution to the field of studies about the role of analogies in Science Education, by presenting and describing a model of analogical reasoning, supported by a review specific literature to this theme and empirical data in previous studies (Ferry, 2008). An analysis of published research on analogies in science teaching reveals some approaches, interests and trends among the research in Science Education published from the 1990s. However, there are few works devoted to the description and/or characterization of analogical reasoning (Marques, 2011). We examined conceptions and schemes proposed by different authors: Duit (1991), Gentner (1983, 1989, 1997), Vosniadou (1989), Clement (1993), González (2005), Wilbers & Duit (2001, 2006) and Mozzer (2008). From the major considerations these authors, we expanded the comprehension proposed in such models, considering research data obtained with students from first grade of High School Basic Education in Brazil. Which were inquired about the characteristics of one of the atomic models studied - the Dalton's atomic model, and an analogy often used in the teaching and learning process of this atomic model. Based on that study, we consider that analogical reasoning could be characterized as a process to be developed in two-way analysis, and that such consideration is constituted as a contribution to the improvement of science teaching with use of analogies.

O objetivo deste trabalho é oferecer uma contribuição para o campo de estudos sobre o papel das analogias na Educação em Ciências, por meio da apresentação e descrição de um modelo de raciocínio analógico, corroborado por uma revisão de literatura específica dessa temática e por dados empíricos obtidos em trabalhos anteriores (Ferry, 2008). Uma análise das investigações publicadas sobre analogias no ensino de ciências revela alguns enfoques, interesses e tendências entre as pesquisas na área da Educação em Ciências publicadas a partir da década de 1990. Há, no entanto um número pouco expressivo de trabalhos dedicados à descrição e/ou caracterização do raciocínio analógico (Marques, 2011). Neste trabalho analisamos concepções e esquemas propostos por diferentes autores: Duit (1991), Gentner (1983, 1989, 1997), Vosniadou (1989), Clement (1993), González (2005), Duit & Wilbers (2001, 2006) e Mozzer (2008). A partir das principais considerações desses autores, ampliamos a compreensão proposta em tais modelos, considerando dados de pesquisa obtidos com alunos da 1ª série do Ensino Médio da Educação Básica no Brasil, que foram inquiridos quanto às características de um dos modelos de átomo estudados – o modelo atômico de Dalton, e uma analogia frequentemente utilizada no processo de ensino e aprendizagem desse modelo atômico. A partir desse estudo consideramos que o raciocínio analógico pode ser caracterizado como um processo a ser desenvolvido em duas vias de análise, e que tal consideração se constitui como uma contribuição para a melhoria do ensino de ciências com recurso às analogias.

I. INTRODUCCIÓN

O presente trabalho tem como objetivo contribuir para a melhoria do uso das analogias no ensino de Ciências através do estudo de modelos, esquemas ou teorias elaboradas para descrever, caracterizar ou fundamentar o mecanismo do processo conhecido como raciocínio analógico. Especificamente, analisar alguns modelos propostos na literatura e ampliar a compreensão acerca do raciocínio analógico, tendo em vista alguns elementos obtidos em uma pesquisa empírica envolvendo estudantes.

O uso de analogias no processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos, nas últimas décadas, tem se constituído objeto de estudo em muitas pesquisas que abordam o tema educação científica. Há um considerável acervo que aponta para as suas vantagens e, em especial para as suas potencialidades na assimilação de modelos, na apreensão de fenômenos e na compreensão de teorias e conceitos abstratos e complexos.

De acordo com Marcelos (2006), inicialmente consideradas meros ornamentos linguísticos, as analogias e as metáforas vêm ganhando *status* cognitivo, sendo referidas como facilitadoras da aprendizagem por estabelecerem relações entre o conhecimento já existente e o novo conhecimento, e possibilitando melhor assimilação e entendimento do desconhecido. Mozzer (2008) reconhece o papel crucial das analogias na cognição humana ao considerá-las como recursos potenciais do nosso pensamento permitindo, entre outras coisas, a aquisição de novos conhecimentos.

Cachapuz (1989), por exemplo, afirma que:

> ... analogias e metáforas podem bem ser uma necessidade epistemológica já que, em conjunto com a imagética que lhes está associada, podem constituir poderosos instrumentos de ajuda cognitiva e, nesse sentido, importantes mediadores da aprendizagem dos alunos.

Tendo como ponto de partida o crescente número de publicações acerca especialmente do uso de analogias no ensino de Ciências, considerando os aspectos funcionais e procedimentais intrínsecos, vimos a necessidade de ampliarmos a compreensão de aspectos tipicamente estruturais do conceito em questão, a fim de promover novas perspectivas, seja no ensino, na pesquisa ou até mesmo no desenvolvimento de novas metodologias com recurso às comparações.

Dessa forma, percorrendo a literatura relativa ao uso de analogias no processo de ensino e aprendizagem de ciências, encontramos muitas definições para o termo. Segundo Mól (1999), o conceito de analogia é amplo e utilizado por diferentes autores com significado distinto. Para alguns a analogia é o resultado da comparação de termos novos com outros já conhecidos; para outros, pode ser entendida como uma relação de semelhança ou dependência entre diferentes objetos; para outros, ainda, ela é um prolongamento de uma mera comparação, a partir da qual se tenta estabelecer múltiplas relações (Oliveira, 1996). Segundo Abbagnano (1999) o termo analogia tem dois significados fundamentais: primeiro é o sentido próprio e restrito, extraído do uso matemático (equivalente à proporção) de igualdade de relações.

O segundo é o sentido de extensão provável do conhecimento mediante o uso de semelhanças genéricas que se podem aduzir entre situações diversas. Verifica-se inclusive que, de fato, o conceito de analogia não mais se aproxima deste primeiro sentido. A analogia não pressupõe a existência de uma igualdade simétrica, mas antes uma relação que é assimilada a outra relação, com a finalidade de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece (Duarte, 2005).

Cachapuz (1989) cita a definição de Sternberg & Rifkin (1979): por analogia formal entende-se uma proposição da forma "A está para B assim como C está para D" de tal modo que a **relação** entre A e B é similar à **relação** entre C e D. O autor ainda afirma que o que está verdadeiramente em jogo não é o conhecimento individual dos termos A, B, C ou D, mas sim a natureza das relações supraordenadas aos domínios conceptuais.

Para outros autores, a analogia é entendida como um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita entre duas "coisas", uma definição de informação nova em termos já familiares (Newby, 1987), ou um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos, sendo um deles conhecido, familiar, e o outro desconhecido (Glynn, 1991).

Venville *et al.* (1994) apresentam a seguinte definição para analogia:

> a correspondência de algumas características entre conceitos, princípios ou fórmulas que são por si só diferentes. Mais precisamente, é um mapeamento entre características similares de dois conceitos, princípios ou fórmulas.

Nesta definição, como também observa Mól (1999), o conceito de analogia aparece como a identificação ou mapeamento das similaridades entre os dois conceitos, reforçando a ideia de que o uso de analogias deve explicitar que atributos são compartilhados. Trata-se de uma definição na qual claramente se observa o privilégio dado ao que há em comum, contrariamente ao que há de diferente. Assim como muitos pesquisadores na área, consideramos que é também necessário explicitar as características e as relações estruturais que não são compartilhadas. As características, propriedades ou relações que não são compartilhadas pelo domínio familiar e pelo domínio alvo constituem o que alguns pesquisadores chamam de limitação da analogia e para outros constituem apenas as diferenças entre o alvo e o veículo.

Para Mozzer (2008), analogias são modelos (em função de serem representações parciais de ideias) largamente utilizados na ciência, pois ajudariam cientistas a entender fenômenos abstratos. Ao citar a definição de modelo de Gilbert (1993, p. 5), Mozzer completa sua compreensão dizendo que as analogias seriam modelos que propiciam o estabelecimento de relações entre um domínio familiar chamado de domínio análogo (Glynn, 1991) ou base (Gentner, 1983), e um outro desconhecido chamado de domínio alvo. Mozzer adota como referencial teórico a definição de Gentner (1983), segundo a qual as analogias são *comparações relacionais entre um domínio familiar (base) e um domínio desconhecido (alvo).* Mozzer & Justi (2013) destacam a distinção que Gentner (1983, 1989) faz 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, ou seja, de atributos de objetos e de relações, trata-se de uma *similaridade literal*; e se a semelhança for exclusivamente de relações, trata-se de uma *analogia*.

Concordando com Duarte (2005), apesar das diferenças, em todas as definições se reconhece que a analogia envolve o estabelecimento de comparações ou relações, entre o conhecido e o pouco conhecido ou desconhecido. Em seu trabalho sobre os contributos e desafios no estudo das analogias na educação em Ciências, Duarte também sinaliza que há alguma falta de acordo entre os diferentes investigadores em função da variabilidade terminológica associada às analogias, especialmente no que diz respeito ao termo utilizado para designar o conceito/fenômeno do domínio conhecido. Segundo a autora, enquanto o termo alvo (*target*) para o domínio desconhecido parece obter um elevado consenso, termos como objecto, problema, branco, meta, tópico, tema, também são referidos com o mesmo significado.

Para o domínio conhecido, o termo parece ser menos consensual, aparecendo sob a denominação de foro, base, fonte, veículo, âncora e análogo. Contudo – completa a autora – esta variedade não pressupõe divergência entre os autores sobre o significado atribuído aos termos.

Embora esta variedade não pressuponha tal divergência, e não obstante exista uma valoração das analogias como recurso didático útil para aplicação nos processos de ensino-aprendizagem de ciências, de acordo com González (2005), algumas definições não apresentam uma explicação clara e concisa do termo que explicite sua estrutura e como se relacionam "*el análogo y el tópico*". Afirma ainda que tampouco permitem diferenciar as analogias de outros tipos de comparações utilizadas com a mesma finalidade e discernir acerca das variáveis relacionadas com a efetividade de uma analogia, com os passos e com variáveis que intervêm no raciocínio analógico.

II. MODELOS DE RACIOCÍNIO ANALÓGICO

Entre inúmeras publicações encontradas que tratavam do conceito em questão, nos deparamos com alguns esquemas cujo intento era o de apresentar um modelo ou simplesmente uma caracterização do que viria a se constituir como raciocínio analógico.

Destacamos as representações esquemáticas (modelos) de Duit (1991), Clement (1993), González (2005), Mozzer (2008), bem como a teoria de *mapeamento estrutural* de Gentner (1983, 1989, 1997), o *mecanismo analógico*

descrito por Vosniadou (1989) e o *modelo de raciocínio analógico para analogias heurísticas,* proposto por Duit & Wilbers (2001, 2006).

Não obstante à cronologia apresentada anteriormente, preferimos discutir primeiramente as características dos modelos apresentados por Clement (1993), para logo depois abordar os elementos associados aos de Duit (1991) e de González (2005). Em seguida, apresentamos as principais considerações dos trabalhos da Gentner (1983, 1989, 1997), Vosniadou (1989), Duit & Wilbers (2001, 2006) e de Mozzer (2008).

Clement (1993) propôs um modelo básico de raciocínio analógico segundo o esquema ilustrado na Figura 1.

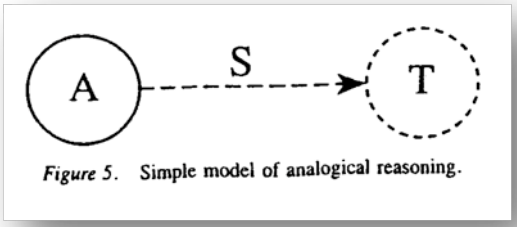

FIGURA 1. Modelo básico de raciocínio analógico proposto por Clement (1993).

No esquema proposto por Clement (1993) a letra A (*case A*) representa o domínio análogo que se pretende relacionar com o *target*, representado pela letra T (*case T*). A relação analógica existente entre os conceitos é representada pela letra S. A linha tracejada indicaria que nem sempre a relação é compreendida. Para que numa situação de ensino a analogia alcance o propósito pretendido, existiriam, de acordo com o autor, três requisitos: o estudante deve perceber claramente o domínio análogo (A), confirmar a plausibilidade da relação analógica S e, aplicar atributos do domínio A ao conceito alvo T. As linhas tracejadas na relação analógica S e no domínio alvo T sugerem, de acordo com o autor, a inicial incerteza quanto a plausibilidade da relação analógica e a falta de entendimento do domínio alvo.

Duit & Wilbers (2001), antes de discutirem aspectos do modelo micro-estrutural para o raciocínio analógico, retomam algumas considerações básicas afirmando que uma relação analógica denota semelhanças entre a base e o alvo em relação às características superficiais e às características estruturais profundas. Para ilustrar esse processo, os autores utilizam o esquema apresentado na figura 2 e destacam a importância do contexto no qual a relação analógica está inserida. Para esses autores, o contexto em que a relação analógica (Figura 2) está incorporada é essencial.

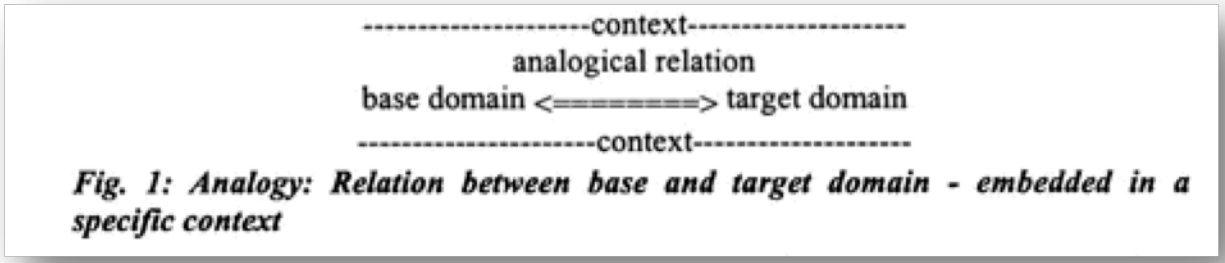

FIGURA 2. Apresentação de Duit & Wilbers (2001) para uma relação analógica com destaque à importância do contexto específico no qual a analogia é estabelecida.

Esses autores ainda evidenciam a **natureza simétrica** da relação analógica, afirmando que o mapeamento desenvolvido analogicamente não deve ocorrer exclusivamente por transferência da base para o alvo (p. 206).

A Figura 3 apresenta o diagrama anteriormente elaborado por Duit (1991) para representar o significado de uma analogia.

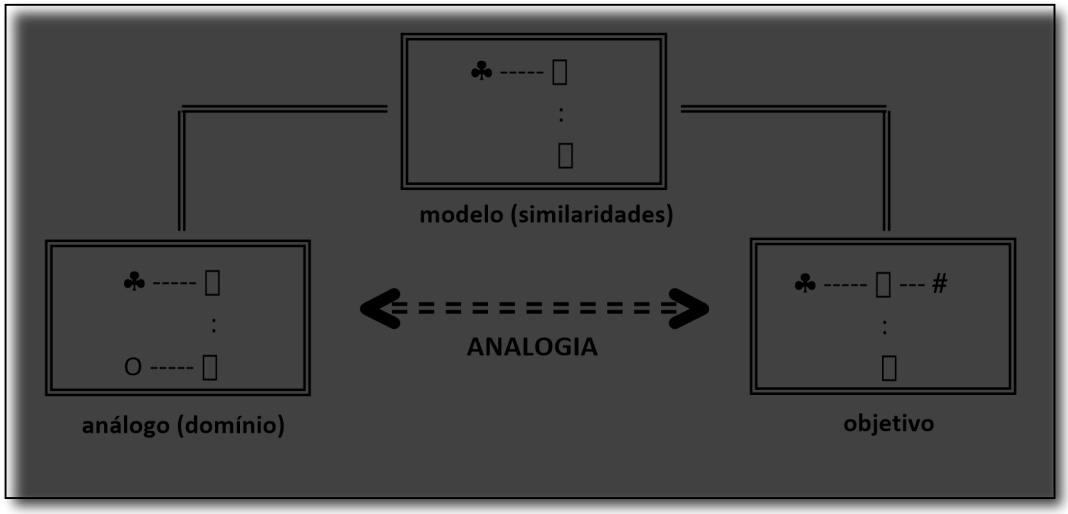

FIGURA 3. Modelo esquemático para compreensão das analogias, segundo Duit (1991).

Concordamos com Duit (1991) quando considera analogia como a relação entre partes comuns aos dois conceitos. Duit afirma em seu trabalho que "uma relação analógica é simétrica porque ela é baseada em identidades de partes das estruturas". Consequentemente, os termos análogo e alvo não indicam algum tipo de hierarquia lógica. Eles são termos que indicam o propósito do uso de uma analogia (p. 650).

Em uma perspectiva semelhante, González (2005), ao afirmar que a compreensão de um conceito científico implica em dispor de uma representação interna do mesmo, isto é, de um modelo mental, diz que ambos – o modelo mental e o conceito científico, devam ser semelhantes em sua estrutura e no seu aspecto ou aparência. De acordo com este autor, cada estudante constrói modelos mentais partindo da percepção do discurso (representações proposicionais que o conformam) ou da imaginação. Na medida que o estudante adquire um maior conhecimento do conceito, o modelo inicial é revisado e posteriormente substituído por outros modelos mais funcionais e mais consistentes com o modelo *conceptual* (conceitos científicos).

Para González (2005) a construção de um modelo mental de um conceito novo, abstrato, para o qual não existem "exemplos perceptíveis", se torna facilitado por meio do oferecimento de um modelo "confeccionado" em forma de comparação. Desse modo, o autor compreende a comparação como um recurso didático que poderia ser utilizado no processo de ensino e de aprendizagem de ciências, e que teria a finalidade de ajudar o estudante a criar um modelo mental inicial que serviria de base para a aprendizagem futura. Afirma ainda que este modelo mental inicial é construído mediante uma operação na qual se relacionam as representações de duas situações e se abstrai a estrutura comum para todas as relações existentes. Entre tais situações há uma que é familiar:

> "La familiaridad facilita la correlación de la información y, también, la elaboración de modelos mentales más comprensibles, y contribuye de esta manera a um aprendizaje menos memorístico y más significativo (...)" (González, 2005).

Nessa operação de estabelecimento de relações, de acordo com o autor, ocorre transferência de uma situação conhecida para outra desconhecida: *"se transfiere aquello que es semejante y de interés..."*.

Por fim, para González, analogia ou modelo analógico é a estrutura mental comum entre o análogo e o alvo. A Figura 4 mostra a representação da "estrutura externa" de uma analogia.

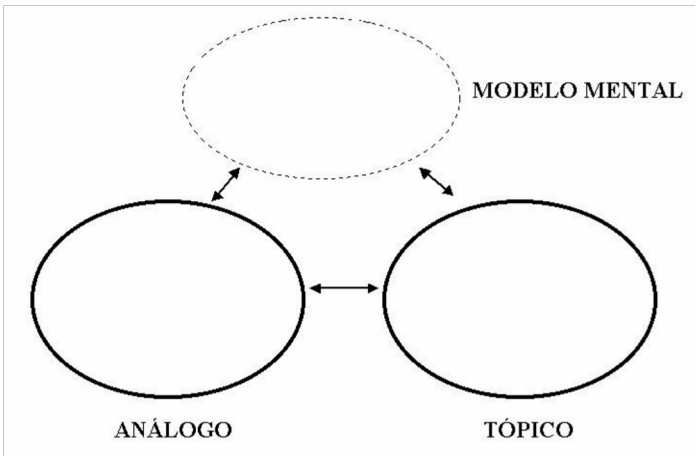

FIGURA 4. Representação da estrutura externa de uma analogia, proposta por González (2002).

Dessa maneira a analogia é concebida como um processo em que, mediante a comparação do análogo e do tópico, se estabelece uma correspondência de relações entre as características similares de ambos, denominada trama de relações ou relação analógica. O tipo de semelhança e as características similares que constituem parte da trama de relações formam a estrutura interna da analogia. González (2005) ainda diz que as investigações conduzidas por Gentner (1983, 1989) sobre analogia e raciocínio analógico têm culminado no denominado modelo de mapeamento estrutural do raciocínio analógico, do qual é possível se admitir o seguinte:

1. Que tanto el análogo como el tópico están constituídos por elementos y que éstos forman parte de sua estructura;
2. Que cada elemento viene caracterizado por uma serie de propiedades o características;
3. Que entre los elementos existen conexiones que son las correlaciones o comparaciones entre estos elementos;
4. Que estas conexiones constituyen la estructura del análogo y del tópico.

González (2005) ainda afirma que estudos recentes têm conduzido a denominar como componentes os elementos que constituem o análogo e o alvo, e *nexos* as conexões que existem entre estes componentes. Assim, denominam-se de atributos as características dos componentes e de relação analógica (ou *malha*) o conjunto de relações de características similares entre o análogo e o alvo que constituem o modelo mental. E que, além disso, o modelo do mapeamento estrutural do raciocínio analógico distingue as comparações de atributos de componentes, ao que se denomina comparações de ordem inferior, das comparações de *nexos*, ao que se denomina de ordem superior. A figura 5, como apresenta González, mostra a estrutura da analogia incluindo estes termos.

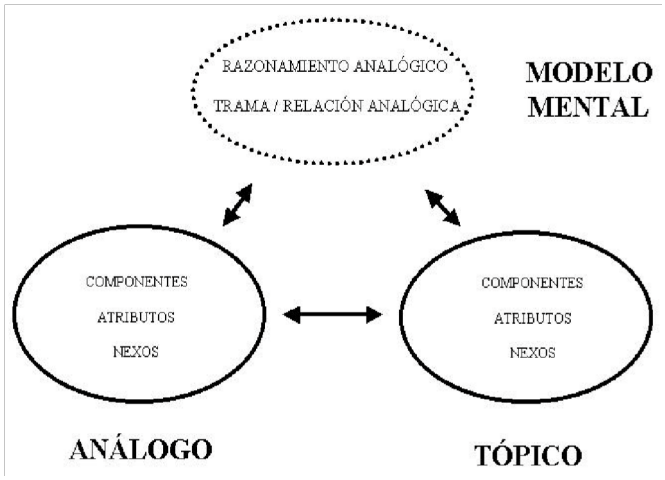

FIGURA 5. Estrutura da analogia, segundo González (2005) com referência aos trabalhos de Gentner.

> ***El análogo es el punto de partida de la analogia.*** *Representa el conocimiento que posse el estudiante... (...). Las características de los componentes se denominam características superficiales del análogo, y lãs de los nexos características estructurales.* (González, 2005. Grifo nosso).

A fim de explanar seu modelo estrutural, González recorre ao esquema proposto por Duit (1991), elaborando uma representação da estrutura de uma analogia utilizando os mesmos símbolos deste. A Figura 6 mostra essa adaptação.

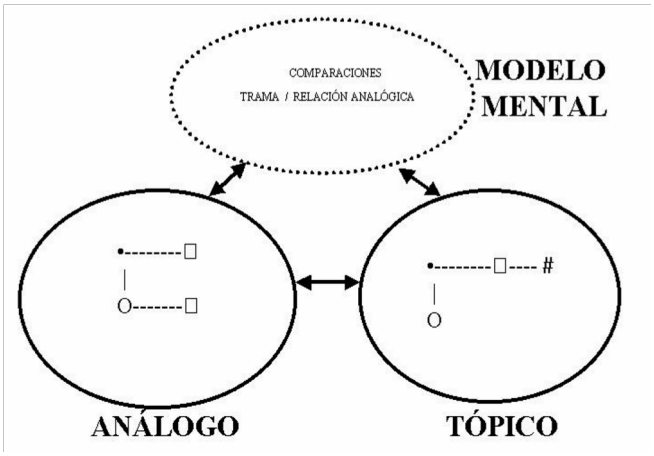

FIGURA 6. Representação da estrutura de uma analogia por adaptação ao modelo de Duit, elaborado por González (2005).

González prossegue dizendo que os *nexos* semelhantes constituem um subconjunto dentro da totalidade de nexos do análogo e do alvo, e que se um nexo do análogo não tem seu semelhante no alvo, ou vice-versa, este não é relevante. A Figura 7 presenta esta consideração do autor.

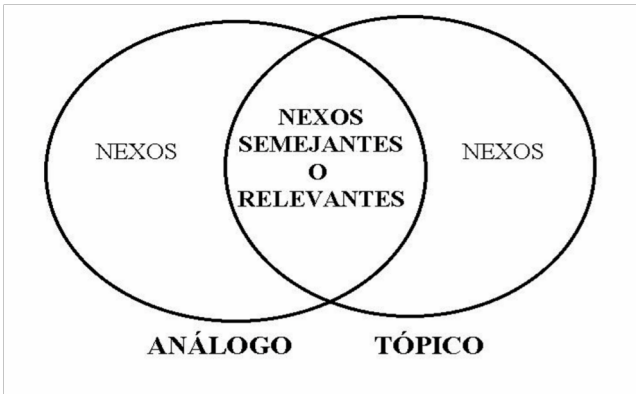

FIGURA 7. Ilustração proposta por González (2005) para representar os nexos relevantes.

De acordo com o autor, a semelhança estrutural nunca atinge a totalidade da estrutura do análogo e do alvo, isto é, a totalidade dos *nexos* de ambos. Sempre existirão *nexos* que não se correspondem, que não são semelhantes e que, dessa forma, em sua perspectiva, não serão relevantes para a analogia. Estes constituiriam a *restricción estructural*. E por fim, nesta concepção admite-se que o raciocínio analógico:

1º Está constituído por dois processos:

a) Acesso a o análogo e;

b) Extrapolação ou estabelecimento de comparações entre a informação relevante do análogo e do alvo.

2º O processo de extrapolação é a etapa fundamental do raciocínio analógico.

3º O raciocínio analógico se completa com a transferência de conhecimento e aprendizagem.

A *teoria do mapeamento estrutural* de Gentner (1983), que descreve as regras implícitas de interpretação da analogia, já descrevia o processo de raciocínio analógico por meio de sub-processos que serão apresentados a seguir.

De acordo com essa teoria, a ideia central é a de que uma analogia deve ser caracterizada pelo mapeamento de relações entre objetos, ao invés de atributos de objetos, da base para o alvo; e, ainda, que as relações particulares mapeadas são aquelas dominadas por relações de ordem superior que pertencem ao mapeamento (o princípio da sistematicidade) (p. 168). Segundo a autora, a ideia central do mapeamento estrutural é a de que uma analogia é um mapeamento de conhecimento de um domínio (base) em outro (alvo), o que sugere que o sistema de relações que existe entre no domínio base também existe no domínio alvo. Então, uma analogia é um modo de focar em similaridades relacionais independentemente do objeto no qual tais relações estão embutidas. Ao interpretar uma analogia, as pessoas buscam colocar os objetos da base em correspondência um a um com os objetos do alvo de forma a obter o máximo de similaridade estrutural. Os objetos são colocados em correspondência em função de seus papéis similares na estrutura relacional comum; não existe a necessidade de qualquer semelhança entre os objetos-base e seus correspondentes objetos-alvo. Mozzer (2008) completa resumindo da seguinte forma: "relações devem ser mapeadas, objetos e funções devem estar em correspondência, e semelhanças superficiais devem ser ignoradas" (p. 12).

Nessa perspectiva, Gentner e Holyoak (1997) mostram que existe certo consenso entre cientistas cognitivos em descrever o processo de raciocínio analógico nos seguintes sub-processos:

- *Acesso*: seleção mental de um ou mais domínios (base) relevantes;
- *Mapeamento (ou transferência)*: identificação e alinhamento das correspondências sistemáticas entre os domínios comparados;
- *Inferências* e *avaliação*: inferências realizadas pelo indivíduo sobre o domínio alvo, decorrentes do mapeamento, que posteriormente devem ser avaliadas e, às vezes adaptadas para atender aos requisitos deste domínio;
- e *Generalizações*: extensão das inferências a todos os casos em que poderiam ser aplicadas.

De acordo com Gentner e Holyoak (1997), de maneira geral, os trabalhos sobre analogias tratam de algum subconjunto desses componentes, diferindo quanto à forma com que são abordadas e à ênfase dada.

Na perspectiva de Vosniadou (1989), para se resolver um problema sobre um determinado sistema alvo, o *mecanismo analógico* envolveria três etapas: (1˚) retirada de um sistema fonte que fosse similar ao sistema alvo de alguma maneira; (2˚) mapeamento de uma estrutura relacional do sistema fonte para o sistema alvo; (3˚) avaliação da aplicabilidade dessa estrutura relacional para o sistema alvo (p. 422).

Duit & Wilbers (2001) apresentaram um modelo micro-estrutural para o raciocínio analógico. Como já foi apresentado anteriormente, esse modelo considera que o contexto no qual a relação analógica está inserida é essencial, devendo-se levar em consideração os tipos de conhecimentos utilizados por professores ou por estudantes.

Segundo a concepção de Duit & Wilbers (2001), na perspectiva dos professores as analogias são elaboradas a partir da estrutura de conteúdo do conhecimento envolvido, sendo chamadas de *analogias post-festum*. No contexto dos trabalhos desses autores, refere-se à geração de uma analogia após ter-se construído uma estrutura conceitual a qual a analogia objetiva (Mozzer, 2008). No caso dos estudantes, os domínios análogo e alvo são interpretados de modo diferente, uma vez que os estudantes desconhecem os conceitos científicos e os princípios almejados por meio da analogia. Pode-se dizer que os estudantes apenas sabem que entre as várias relações potenciais entre o análogo e o alvo, eles devem encontrar aquela que lhes possibilite um entendimento. Dessa forma, os estudantes utilizariam *analogias* de uma maneira *heurística*.

Duit & Wilbers (2001) propõem que o conhecimento não proposicional, baseado em informações visuais, constitui a essência no uso de analogias heurísticas. Do ponto de vista cognitivo, essas analogias dependeriam de imagens (esquemas intuitivos, imagens mentais e modelos mentais) espontaneamente geradas pelos alunos quando eles são inicialmente confrontados com o alvo. Os esquemas intuitivos e modelos mentais (imagens mentais) levariam a uma ligação associativa preliminar entre o alvo e a base. As associações espontaneamente geradas guiariam o processo subsequente da construção analógica. A analogia seria, então, um meio de construção de hipóteses com base em modelos mentais e esquemas intuitivos provocados pelo fenômeno alvo. Esse processo de construção analógica que satisfaz a uma exploração heurística do alvo utiliza um análogo melhor conhecido, o qual fornece alguma "prototeoria" para um alvo ainda não explorado. Isso implica que as analogias heurísticas funcionariam mais como uma ferramenta de geração de hipóteses do que de seu suporte. A figura 8 apresenta o modelo de raciocínio analógico proposto por esses autores.

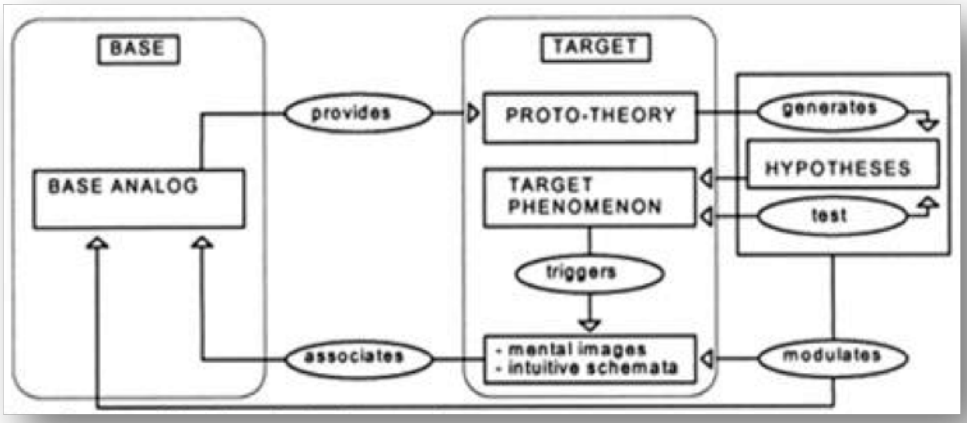

FIGURA 8. Modelo de raciocínio analógico proposto por Duit & Wilbers (2001).

Por último, destacamos o modelo de raciocínio analógico proposto por Mozzer (2008) que enfoca o ato criativo do processo. Sob o ponto de vista de Mozzer, o raciocínio analógico é um processo relacional por natureza, que tem como produto o estabelecimento de analogias ou similaridades literais, uma vez que esses dois tipos de comparações seriam regidos pelos mesmos princípios de alinhamento estrutural e mapeamento, já introduzidos por outros trabalhos, como o de Gentner (1983). Em seu trabalho, Mozzer destaca que a única suposição básica comum a essas abordagens teóricas é a de que o mapeamento analógico envolve a busca por correspondências estruturais que relacionem os domínios análogo e alvo. Mozzer ainda salienta que não existe concordância com relação à maneira pela qual esse mapeamento se processa e nem mesmo quanto aos fatores que determinam o acesso a ou a preferência de um indivíduo por um domínio análogo específico. Dessa forma, ela propõe que as explicações para os mecanismos que guiam o raciocínio analógico devem ser mais bem esclarecidas dada a importância já apontada desse tipo de pensamento.

Em sua investigação sobre as possíveis maneiras pelas quais professores e alunos estabelecem analogias, Mozzer (2008) propõe modelos de raciocínio analógico sob o enfoque do processo criativo. Segundo a autora, o raciocínio analógico dos professores seria guiado pelos seus conhecimentos de conteúdo e pedagógico, enquanto que o raciocínio analógico dos estudantes seria guiado pelos seus conhecimentos escolares e cotidianos. A figura 9 apresenta o esquema de Mozzer para os fundamentos da relação analógica estabelecida pelos professores, e a figura 10 o esquema dos fundamentos da relação analógica estabelecida pelos estudantes.

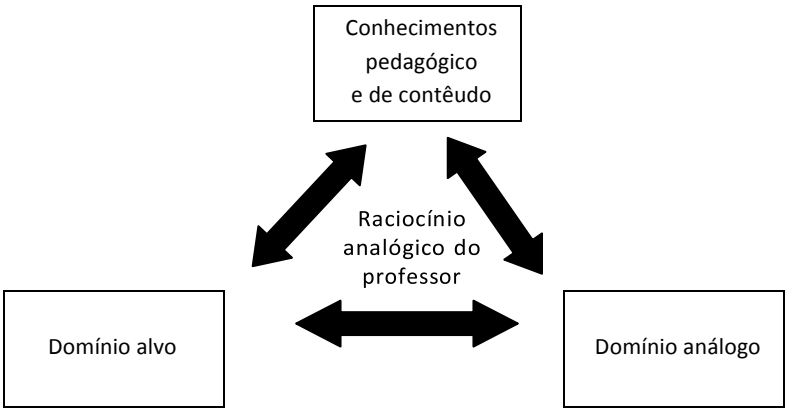

FIGURA 9 – Esquema dos fundamentos da relação analógica estabelecida pelo professor, proposto por Mozzer (2008).

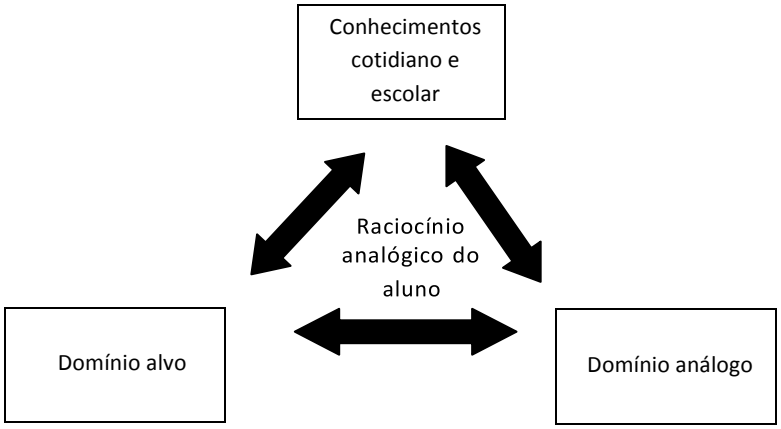

FIGURA 10. Esquema dos fundamentos da relação analógica estabelecida pelo estudante, proposto por Mozzer (2008).

Mozzer (2008) também conclui que considerando o contexto no qual os estudantes são solicitados a estabelecer suas próprias comparações, principalmente no que se refere à seleção do domínio análogo, as analogias estabelecidas levam em consideração o conhecimento saliente na estrutura cognitiva do aluno, disponível no momento em que ele raciocina analogicamente.

III. PESQUISA EMPÍRICA COM ESTUDANTES – METODOLOGIA

Com o objetivo de fomentar a proposta apresentada acerca das vias do raciocínio analógico, consideramos apropriado fazer a apresentação de alguns elementos encontrados em investigações paralelas; pesquisas que temos feito sobre como determinados grupos de alunos do ensino médio interpretam e compreendem certas comparações potencialmente factíveis para modelos atômicos (Ferry, 2008).

Foi aplicado um questionário a uma amostra de 14 alunos, com idade entre 14 e 16 anos, da 1ª série do Ensino Médio (EM) de uma escola privada situada na cidade de Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais, Brasil.

Para responder o questionário, os 14 alunos foram selecionados intencionalmente, em decorrência de seu processo de validação. Houve a necessidade de selecionar alunos que demonstrassem conhecimento sobre conteúdos conceituais referentes aos modelos atômicos consensuais. De acordo com Thiollent (2000), amostras intencionais são interessantes em função da relevância que o grupo de pessoas escolhidas apresenta em relação ao assunto em estudo.

Os alunos foram selecionados em função de seus desempenhos e rendimentos demonstrados durante a etapa de estudos sobre os modelos atômicos. Aos estudantes foi entregue um termo de consentimento livre e esclarecido, assinado pelos pais ou responsáveis legais.

Para a análise dos dados, os alunos foram codificados com as letras de A até N.

O questionário constou de duas partes:

1. Um quadro que solicitava uma descrição das características do modelo de Dalton; em seguida, era solicitado que citassem alguma analogia para o modelo atômico; e descrevessem semelhanças e diferenças na analogia citada.
2. Apresentação de uma comparação *("De acordo com a teoria de Dalton, o átomo seria como uma bola de sinuca"*), sobre a qual cada estudante deveria analisar e assinalar a sua resposta quanto à concordância ou discordância, total ou parcial, devendo justificar sua resposta.

Um sistema de categorização inicial foi proposto para a primeira parte do questionário, considerando como relevante a identificação de três ideias nas descrições dos estudantes: formato esférico, preenchimento maciço e estrutura indivisível.

Os dados coletados por meio da segunda parte do questionário foram organizados em função das opiniões dos estudantes quanto à concordância ou discordância, total ou parcial, referentes à comparação entre o modelo de átomo e a bola de sinuca. Para cada caso de resposta, foram analisadas as justificativas com ênfase nas concepções latentes correlatas dos alunos quanto ao modo como concebem os aspectos estruturais do modelo atômico.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I reúne as características escritas pelos 14 estudantes da 1ª série relativas ao modelo atômico de Dalton.

TABELA I - Características descritas, pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio, presentes no modelo atômico de Dalton.

Estudante	Formato esférico	Maciço	Indivisível	Outras
A	X	X	X	
B	X	X	X	Indestrutível
C	X	X	X	
D	X	X	X	
E	X	X	X	
F	X		X	Esfera sólida
G	X	X	X	
H	X	X	X	
I	X	X	X	
J	X	X	X	
K	X	X	X	
L	X	X	X	
M	X	X	X	
N				Núcleo maciço
%	93%	86%	93%	-

Fonte: Arquivo pessoal.

Conforme podemos observar nos dados da tabela I, apenas o estudante N não mencionou as características do formato esférico, do preenchimento maciço e da indivisibilidade do átomo segundo a teoria de Dalton. Este estudante descreveu o modelo de Dalton se referindo à existência de um "núcleo maciço" e desenhou um círculo colorido para representá-lo. Em seu desenho, apresentado na figura 11, ainda havia marcas de linhas apagadas lembrando órbitas ao redor de um núcleo. Romanelli (1996), ao analisar desenhos e falas de alunos quanto ao conceito de átomo, constatou por vezes uma confusão entre átomo e núcleo do átomo. E esta confusão nos parece mais evidente quando nos deparamos com a analogia citada pelo estudante N: ele escreveu que "este modelo é comparado a uma esfera de chumbo maciça".

E, ao responder sobre quais são as semelhanças estabelecidas nesta analogia, escreveu: "todas, uma esfera de chumbo é exatamente igual ao núcleo". Sem a citação desta analogia, poderíamos pensar que o estudante apenas confundiu com idéias propostas por outros modelos. Porém, considerando o análogo citado e a sua resposta para as semelhanças estabelecidas, percebemos que, de fato, existe a confusão citada por Romanelli na concepção de átomo elaborada por este aluno.

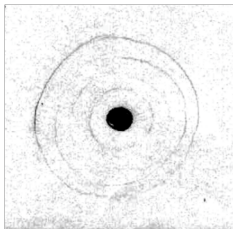

FIGURA 11. Desenho elaborado pelo estudante N para representar o modelo atômico de Dalton.

Agrupamos os desenhos elaborados pelos estudantes para representar o átomo segundo a teoria indicada, em três tipos: (a) um círculo não colorido – A, H, I; (b) um círculo colorido – B, C, K, L, N; (c) e um círculo com efeito tridimensional – D, E, F, G, J, M. A figura 12 apresenta três desenhos escolhidos para representar os tipos indicados.

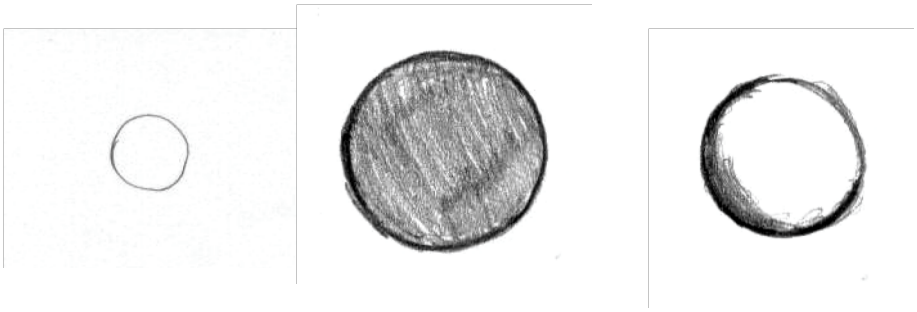

FIGURA 12. Três tipos de desenhos feitos pelos estudantes para representar o modelo atômico de Dalton.

Enquanto cerca de 90% dos estudantes descreveram o átomo, na perspectiva da teoria de Dalton, como esférico, maciço e indivisível, nas representações gráficas feitas por eles, não houve a mesma correspondência em termos percentuais. O desenho do átomo através de um círculo não-colorido foi feito por cerca de 20% dos estudantes.

Representando de tal maneira, ficam omitidas as características do preenchimento maciço e do formato esférico. Sendo este tipo de representação gráfica uma estrutura única e uniforme, a indivisibilidade talvez possa ser entendida pela ausência de estruturas menores.

O desenho do átomo através de um círculo colorido foi representado por cerca de 40% dos estudantes. Mesmo que neste tipo de representação gráfica esteja implícita a idéia do preenchimento maciço, o percentual de alunos que o fizeram ainda é pequeno se comparado com os 93% que citaram esta característica.

Do mesmo modo, observamos o terceiro tipo de representação gráfica que considerou o formato esférico através do efeito de tridimensionalidade. Cerca de 40% dos estudantes o fizeram dessa forma.

A análise desses três tipos de representação gráfica e as respectivas descrições do modelo nos sugere não haver, para estes alunos, uma associação necessária entre todas as características descritas e o modo como representam a entidade modelada. Devemos considerar também que nem todas as características são passíveis de uma representação gráfica simples, o que provavelmente contribui para as diferenças percentuais observadas. Além disso, essa especulação quanto aos desenhos ainda deveria ter sido explorada por meio de algum procedimento de entrevista com cada estudante a fim de verificar o significado dessas inscrições.

IV.1 Análogos citados para o Modelo de Dalton

Ao serem solicitados a citar alguma analogia que haviam conhecido no estudo deste modelo atômico, apenas 1 estudante (A) respondeu não se lembrar de alguma analogia. Nas analogias indicadas, os outros 13 estudantes citaram um ou mais objetos de formato esférico como análogos. Entre os análogos citados para o modelo de Dalton, 6

estudantes escreveram uma esfera metálica de aço ou chumbo, 05 escreveram uma bola de gude, 5 uma bola de bilhar ou sinuca, 1 uma cereja, 01 uma bola de futebol e 01 citou uma "bola qualquer". Entre os 14 estudantes inquiridos, 6 citaram mais de um análogo ao modelo de Dalton.

A Tabela II relaciona as semelhanças e as diferenças levantadas pelos estudantes entre o modelo atômico de Dalton e os análogos citados, com suas respectivas freqüências.

TABELA II. Semelhanças e diferenças entre o modelo atômico de Dalton e os análogos citados (esfera metálica, bola de gude, bola de sinuca, cereja, bola de futebol e bola qualquer), registradas pelos estudantes da 1ª série do ensino médio, com suas respectivas frequências.

Semelhanças	Diferenças
Formato (12 estudantes)	Divisibilidade (07)
Preenchimento (09)	Tamanho (05)
Indivisibilidade (02)	Destrutibilidade, incluindo fusão (02)
	Preenchimento (02)
	Visualização (02)
	Peso (01)
	Utilização / função (01) Cor (01)

Fonte: Ferry (2008).

Houve apenas três estudantes que não perceberam a existência de diferenças entre o alvo e o (s) análogo (s) citado (s), sendo que o estudante D, apesar de ter respondido que achava não haver diferenças, no caso entre as bolas de bilhar e de futebol com o modelo atômico, ao descrever as semelhanças considerou que o análogo – a bola de futebol – não é maciço como o átomo.

Os aspectos levantados pelos estudantes ao serem perguntados sobre as semelhanças e diferenças entre o modelo atômico de Dalton que eles haviam representado e os análogos citados sugerem que, no ato da comparação, os atributos de objetos não são irrelevantes, como propõe Gentner (1983). Vale ainda considerar que a entidade alvo da comparação corresponde a um modelo para o átomo isento de uma estrutura constituída de elementos menores em relação. A própria descrição do modelo consensual para o átomo na perspectiva de Dalton o faz dessa forma. Naturalmente, ao se pensar analogicamente em qualquer entidade semelhante, os únicos aspectos a serem levantados deveriam realmente ser os atributos físicos dos objetos comparados.

Analisando a tabela II que apresenta as semelhanças e as diferenças indicadas pelos estudantes, percebemos um número maior de diferenças apresentadas. Contudo, devemos observar que, apesar desta maior quantidade, a freqüência de cada diferença, com exceção à divisibilidade e ao tamanho, é bem menor que as freqüências obtidas para as semelhanças. No caso da indivisibilidade indicada como uma semelhança, a análise detalhada dos questionários nos permitiu perceber que enquanto o estudante D, ao afirmar que as bolas de bilhar e de futebol *"não possuem divisão"* (provavelmente se referindo a alguma estrutura de montagem ausente nestes dois objetos), o estudante K afirmou que assim como *"o átomo [de Dalton] era indivisível"*, também é a esfera de chumbo, *"apesar de poder ser fundida"*.

Observamos que este estudante **descreveu um objeto análogo a partir de um conceito por ele conhecido sobre o modelo alvo.** E é interessante perceber, neste caso, que o aluno associou equivocadamente propriedades relacionadas à resistência mecânica do material com a falsa incapacidade de provocar sua divisão, mesmo considerando a capacidade de se fundir o material. Por outro lado, percebemos através da consideração final do estudante sobre essa possibilidade de se fundir a esfera de chumbo que, a sua concepção sobre a entidade átomo provavelmente não se caracteriza pelo o que Mortimer (2000) chama de "atomismo substancialista". Segundo esta concepção substancialista

que, de acordo com Mortimer, é muito comum nos modelos atomistas intuitivos elaborados pelos estudantes, propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas. Segundo Bachelard (1996), também comentado por Mortimer, esse substancialismo está intimamente ligado à "metafísica da poeira", ou seja, à idéia de que o atomismo é uma composição racional elaborada a partir de intuições sensoriais.

Sobre o preenchimento indicado como uma semelhança entre o modelo atômico de Dalton e alguns análogos citados, nos pareceu, pela análise das respostas, especialmente das comparações estabelecidas, que há entre os estudantes uma provável relação equivocada entre a propriedade de ser maciço com a propriedade de ser denso, como se maciço fosse somente aquilo que contém muita massa. Percebemos esta concepção nas comparações feitas especialmente com esferas de chumbo.

Outras comparações citadas pelos estudantes nos permitiram perceber a relação simétrica da relação analógica enunciada por Duit (1991) e reiterada nos esquemas apresentados nos outros trabalhos (Duit & Wilbers, 2006; González, 2005; Mozzer, 2008). Por exemplo, o estudante E comparou o modelo atômico de Dalton com uma *"bola toda completa (como se fosse cheia por dentro também)"*. Embora aparentemente esse estudante tenha feito alguma confusão entre o análogo e o alvo, podemos observar que ele buscou **descrever um objeto análogo em termos do que ele conhecia sobre o alvo**, como se estivesse idealizando o análogo. Ele justificou a escolha do análogo referindo-se ao formato esférico da bola e à necessidade de que esta fosse maciça e não pudesse sofrer divisão. Somente quando lhe foi solicitado escrever as diferenças, o aluno disse que a bola comparada não é maciça e indivisível.

IV.2 Análise das interpretações dos estudantes para a comparação entre o *Modelo Atômico de Dalton* e uma *Bola de Sinuca*

Além de termos solicitado a descrição das características do modelo atômico de Dalton e a citação de alguma analogia que haviam conhecido no estudo deste modelo científico, investigamos também como determinadas comparações são interpretadas por estes estudantes, verificando o grau de concordância ou discordância, isto é, total ou parcial, assinalada em questionário, bem como as justificativas apresentadas para as mesmas. Foram propostas às estudantes comparações factíveis que, no contexto da teoria citada em cada uma, podem, a princípio, contribuir para o ensino e aprendizagem de determinados aspectos dos modelos em estudo, uma vez que permitem a elaboração de imagens mentais e representações gráficas de estruturas não conhecidas, abstratas, a partir de um domínio familiar (Cachapuz, 1989).

As justificativas destes estudantes às marcações foram submetidas a uma análise proposicional. Conforme Romanelli (1996), a análise proposicional consiste em extrair orações que expressam definições conceituais ou atributos conceituais. Consideramos que estas definições ou atributos apresentados por estes estudantes nos possibilitaram compreender como cada comparação, analisada por eles, possivelmente pode contribuir para a elaboração de modelos mentais coerentes com os modelos científicos estudados.

Consideremos aqui, somente alguns elementos encontrados em respostas dos estudantes para a primeira comparação proposta entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca: *"De acordo com a teoria de Dalton, o átomo seria como uma bola de sinuca"*.

Antes da apresentação dos resultados obtidos através das respostas dos estudantes, vale fazer algumas considerações prévias sobre esta comparação.

Primeiramente é importante ressaltar que o conceito alvo referido trata-se do primeiro modelo atômico consensual que normalmente é ensinado aos alunos do ensino médio da educação básica. Limitamo-nos a discutir em nossa análise apenas os aspectos estruturais propostos por este modelo, apesar das considerações de Gentner (1983) sobre as comparações de mera aparência. Dessa forma nos interessou verificar apenas o "nível" de compreensão dos alunos quanto a indivisibilidade estrutural da entidade modelada, seu formato esférico e seu preenchimento maciço.

Ao analisarem a comparação proposta entre o modelo atômico de Dalton e a bola de sinuca, 10 estudantes – o equivalente a 71% - assinalaram concordar parcialmente com a analogia, enquanto que o restante (29%) concordou

totalmente com a mesma. O gráfico da figura 13 indica em barras o percentual obtido para cada opção de resposta apresentada no questionário.

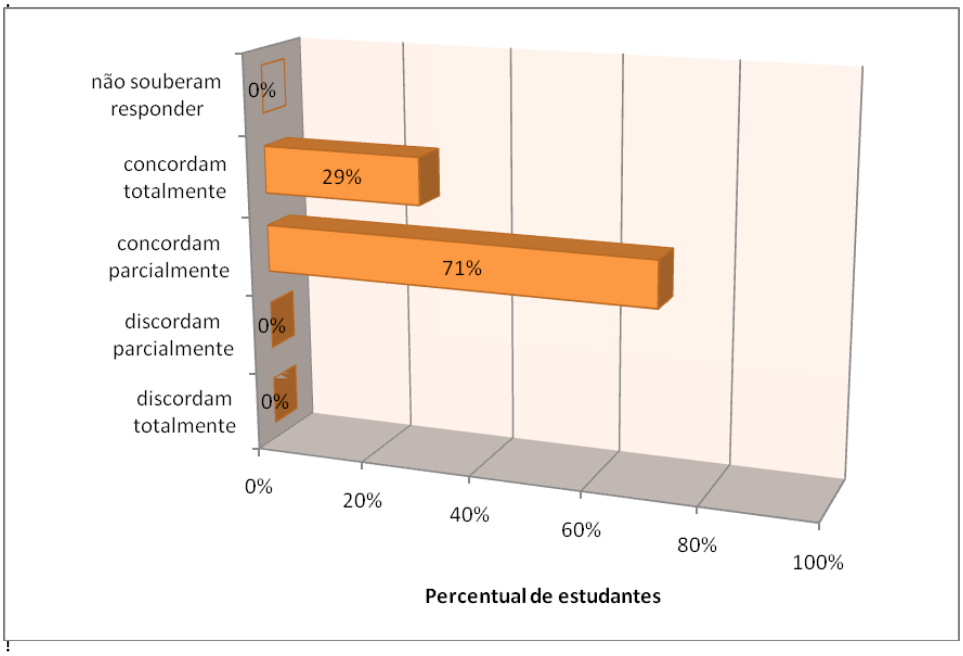

FIGURA 13. Percentagem das respostas dos estudantes da 1ª série do Ensino Médio diante da questão se concordavam ou discordavam, total ou parcialmente com a analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca (Ferry, 2008).

Entre aqueles que concordaram parcialmente com a analogia, encontramos justificativas que consideraram: (a) a diferença quanto às dimensões da estruturas comparadas (B, F, G, M); (b) a divisibilidade da bola de sinuca que não se aplica ao átomo modelado de Dalton (E, H, J, K, N); e (c) a cor do objeto análogo (F). Esses estudantes justificaram esta opção expressando idéias tais como: *"... esta comparação está correta, mas há outras características do modelo que não combinam com a bola de sinuca"* (estudante C).

É interessante perceber como este estudante procede a análise da comparação: partindo do seu conhecimento sobre o modelo para o átomo, ele observa o análogo e avalia a analogia. Podemos dizer, a partir da justificativa deste estudante que, provavelmente, conhecendo as características relacionadas ao formato, ao preenchimento e à indivisibilidade do átomo, o raciocínio analógico foi estabelecido apenas no sentido do alvo para o análogo (**sentido alvo-análogo**). Ou seja, o estudante fez referência às características do modelo que "não combinam" com o objeto análogo (bola de sinuca), e não pensou – ou ao menos não deixou registrado – nas características do análogo que, em suas palavras, não combinariam com o modelo em questão.

Já entre os estudantes que concordaram totalmente com essa primeira comparação, destacam-se as seguintes respostas: *"Eu concordo com essa analogia (mesmo não achando-a necessária) pois representa de forma perfeita o que propõe o modelo de Dalton; ela é maciça, indivisível e é uma esfera"* (estudante D).

Nesta justificativa do estudante D há três considerações importantes. A primeira diz respeito à colocação do estudante ao considerar desnecessária a comparação proposta. Essa primeira consideração nos permitir pensar que o estudante desenvolveu seu raciocínio analógico em uma perspectiva próxima a do professor. Ou seja, considerando os esquemas dos fundamentos do raciocínio analógico de Mozzer (2008), o raciocínio analógico deste estudante possivelmente passou a ser guiado não simplesmente pelos seus conhecimentos escolares, mas sobretudo pelos seus conhecimentos de conteúdo a respeito da referida teoria atômica. Podemos dizer que o estudante D não se limitou em analisar apenas a extensão das correspondências semelhantes entre o alvo e o análogo; ele também fez uma

consideração sobre a necessidade de elaboração da analogia para a compreensão e visualização mental do modelo de átomo.

A segunda consideração se refere à expressão utilizada pelo estudante D: *"... de forma perfeita"*. No contexto desta expressão, mais uma vez podemos constatar o **sentido alvo-análogo** estabelecido durante a análise da analogia. A ênfase dada à representação do alvo pelo análogo utilizando a referida expressão sugere que a análise do estudante ocorreu em função das características fundamentais do modelo de átomo (conceito alvo) por ele conhecidas, que possuíam total correspondência no objeto análogo, isto é, na bola de sinuca. Raciocinando dessa forma, e não desenvolvendo o "caminho" inverso, não lhe foi possível (ou não considerou relevante) levantar características da bola de sinuca que não são semelhantes às do modelo atômico.

A terceira consideração diz respeito à palavra "indivisível" utilizada como característica da bola de sinuca. Ao nos depararmos com tal atribuição como algo semelhante ao átomo modelado, novamente perguntamos: quais são as concepções de indivisibilidade dos estudantes? O que significa, para eles, ser indivisível? É uma questão estrutural no sentido de não haver porções menores que compõe a entidade, ou é uma questão mecânica no sentido de oferecer resistência à deformação, partição e quebra? Qual é a correta conceptualização? Quais são as concepções de indivisibilidade dos professores de Química? Como esse conceito tem sido ensinado?

Apesar de estas questões escaparem ao alcance do presente trabalho, acreditamos que as mesmas são relevantes e nos permitirão visualizar novas perspectivas de pesquisa em torno desta temática.

V. CONCLUSÕES

V.1 Contribuição deste trabalho para os modelos de raciocínio analógico

Tendo em vista as análises das respostas aos questionamentos feitos aos 14 estudantes da 1ª série do Ensino Médio, e as principais contribuições de outros trabalhos na tentativa de compreender o mecanismo do raciocínio analógico, consideramos pertinente reconsiderar o raciocínio analógico como um processo dinâmico que ocorre em duas vias de análise.

A Figura 14 apresenta a nossa proposta de esquema do modelo de raciocínio analógico.

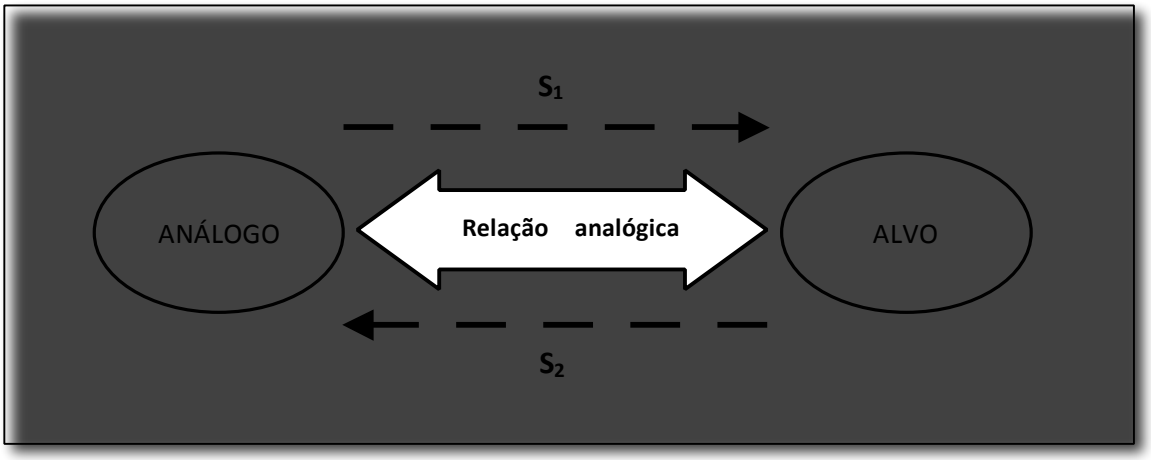

FIGURA 14. Modelo de raciocínio analógico que contempla as duas vias, S_1 e S_2, de uma relação analógica entre dois conceitos.

No esquema apresentado na figura 14 apresentamos as duas "vias" do raciocínio analógico. A via representada por **S_1 indica o sentido do raciocínio que busca descrever ou explicar o conceito alvo a partir do que se conhece sobre o conceito análogo**, enquanto que a via representada por **S_2 indica o sentido que busca descrever ou explicar o conceito análogo em termos do que se conhece sobre o conceito alvo**. Assim como no esquema proposto por Clement (1993), representamos as vias com linhas tracejadas para indicar que nem sempre a relação é totalmente compreendida.

Podemos dizer que certamente é bastante comum a situação na qual os professores, ao ensinar conceitos considerados difíceis para os alunos ou que não estão sendo claramente compreendidos num determinado instante, utilizarem a expressão: *"Para vocês entenderem melhor, vamos fazer uma analogia..."*. Logo em seguida, reportam-se a algum conceito ou situação fora do tema da aula, mas que tenha algo em comum com o conceito ou situação que está sendo estudado, e começa a descrevê-lo em função dos aspectos semelhantes conhecidos pelos alunos. Este raciocínio que começa a ser desenvolvido pelo professor juntamente com seus alunos é caracterizado pela via S_1. Ou seja, neste instante, o professor busca mentalmente um objeto ou fenômeno análogo a partir dos seus elementos estruturais ou funcionais que são semelhantes ao conceito alvo. Esse caminho possivelmente é realizado em função dos conhecimentos pedagógico e de conteúdo por parte dos professores, como já apontou Mozzer (2008).

Seguindo apenas os requisitos propostos no esquema de modelo básico de raciocínio analógico de Clement (1993), apresentado na figura 1, provavelmente o aluno consegue perceber o "conceito domínio", confirma a plausibilidade da relação analógica e passa a aplicar atributos do domínio ao conceito alvo inicialmente desconhecido. Porém, a falta de discussão com os estudantes sobre as limitações da analogia proposta normalmente tem como consequência transposições inadequadas de atributos do análogo para o alvo. Consideramos também que, raciocinando apenas pela "via" S_1, o estudante inconsciente de tais aspectos, não consegue perceber no alvo características importantes que não existem no análogo, como também não percebe outras características presentes no análogo que não existem no alvo.

Dessa forma consideramos que, se a via S_2 for planejada pelo professor numa determinada situação de ensino com analogia, provavelmente este poderá conduzir o estudante não somente no mapeamento de características comuns aos conceitos comparados, mas também naqueles aspectos não comuns presentes em ambos. Acreditamos que este processo do estabelecimento da relação analógica por ambas as vias do raciocínio provavelmente permite uma melhor compreensão da teoria ou do conceito científico, alvo do ensino e da aprendizagem.

Por fim, consideramos ser bastante importante, tanto para o professor mediador quanto para o aluno interlocutor no processo, entender que o raciocínio analógico é "uma via de duplo sentido". Para o professor, especialmente durante a fase de planejamento e de elaboração da analogia proposta, é necessário que no análogo escolhido sejam observadas e mapeadas as características comuns. Essa etapa a qual chamamos de sentido de observação alvo-análogo corresponde à via S_2, ou seja, é aquela que permite, no caso o professor, buscar um análogo que tenha características comuns ao conceito que ele pretende ensinar. Mas, tão necessária quanto essa primeira etapa é a que chamamos de sentido de observação análogo-alvo, na qual o professor, a fim de complementar a elaboração a que se propôs fazer, deve "olhar" para o alvo em função do que ele conhece sobre o análogo, buscando na teoria ou no conceito científico estruturas ou mecanismos que não poderão ser satisfeitos com a relação analógica proposta.

A fim de melhor ilustrar tais considerações acerca das "vias" do raciocínio analógico necessárias ao levantamento não somente dos aspectos semelhantes, mas também dos diferentes, adaptamos o esquema apresentado na figura 14 às idéias do diagrama apresentado por Duit (1991) para o significado de uma analogia, visto na Figura 3. O esquema adaptado está apresentado na Figura 15.

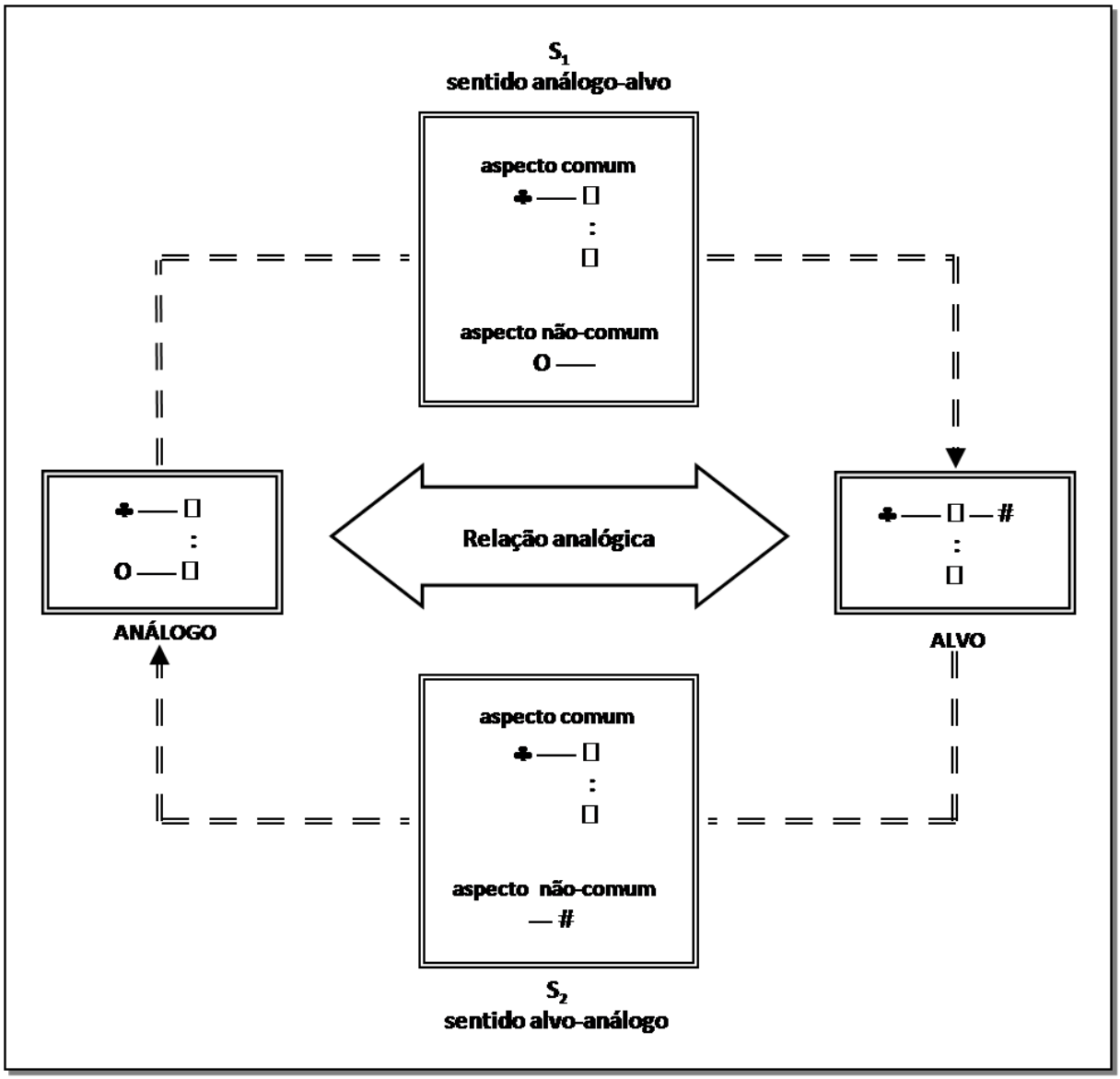

FIGURA 15. Esquema ilustrativo das vias do raciocínio analógico criado a partir do diagrama proposto por Duit (1991) associado com o Modelo de raciocínio analógico que contempla as duas vias, S_1 e S_2, de uma relação analógica entre dois conceitos.

De acordo com a figura 15, existem dois aspectos não comuns entre o alvo e o análogo. Porém, estes dois aspectos somente poderiam ser identificados se a relação percorrer as duas vias sugeridas para o raciocínio analógico. Caso contrário, um destes dois aspectos ficará omitido, isto é, não percebido na analogia.

É inegável a importância que vem sendo conferida ao uso de analogias no ensino de ciências. Há um grande número de publicações dedicadas ao tema; existem propostas metodológicas, divulgação de estratégias de ensino, análises de livros didáticos, levantamento de concepções de professores e alunos. Há, porém, certa carência na compreensão dos mecanismos intrínsecos ao raciocínio analógico.

Consideramos a analogia como sendo, semelhantemente à concepção de Duit (1991), uma forma de comparação baseada em similaridades entre duas estruturas de domínios diferentes – um conhecido e outro normalmente desconhecido. De acordo com esta concepção, entendemos o raciocínio analógico como um processo de reconhecimento das similaridades que deve ser estabelecido através do desenvolvimento de duas vias – a via análogoalvo e a via alvo-análogo. A primeira diz respeito à descrição do alvo, isto é, o levantamento de suas

características, tendo como ponto de partida o que se conhece sobre o análogo. A segunda se refere a uma espécie de "retorno ao análogo"; uma vez que o alvo já tenha sido conhecido, faz-se então o levantamento de características no análogo tendo em vista o que se conhece sobre o alvo.

Acreditamos que esse mecanismo de levantamento de características através das duas vias apresentadas potencializa o mapeamento das semelhanças bem como das diferenças entre as estruturas comparadas, permitindo uma melhor discussão das relações analógicas e provavelmente evitando transposições equivocadas.

Vale ressaltar que esse processo certamente é complexo e exige cuidados, o que nos remete ao que muitos pesquisadores da temática observam: não se pode deixar a interpretação de uma analogia inteiramente a cargo dos alunos. O papel do professor (e porque não dizer dos autores de livros didáticos) é fundamental, seja na aplicação de alguma metodologia de ensino ou no uso corriqueiro e espontâneo na sala de aula.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC) vinculado ao grupo de pesquisa AMTEC (Analogias e Metáforas na Tecnologia, na Educação e na Ciência) do CEFET-MG pelas contribuições oferecidas.

REFERÊNCIAS

Abbagnano, N. (1999) *Dicionário de Filosofia*. São Paulo: Ed. Martins Fontes. 3ª Ed.

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico:* contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto. Dos Santos Abreu, E. (Trad.).

Cachapuz, A. (1989). Linguagem Metafórica e o Ensino de Ciências. *Revista Portuguesa de Educação, 2*(3), 117-129. Universidade do Minho.

Clement, J. J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitios to deal with students preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, *30*(10).

Duarte, Ma. C. (2005). Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências, 10*(1). Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm. Acessado em: 20/06/2006.

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

Duit, R. & Wilbers, J. (2001). On the micro-structure of analogical reasoning: The case of understanding chaotic systems. In: H. Behrendt, H. Dahncke, W. G., R. Duit, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska (Eds.). *Research in Science Education - Past, Present and Future*. The Netherlands: Kluwer Academic. pp. 205-210.

Duit, R. & Wilbers, J. (2006). Post-festum and heuristic analogies. In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.). *Metaphor and Analogy in Science Education.* Dordrecht-NED: Springer. pp. 37-49.

Ferry, Alexandre da Silva (2008). *Analogias, metáforas e contra-analogias*: *uma estratégia didática auxiliar para o ensino de modelos atômicos*. Belo Horizonte-BRA: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, *7*(2), 155-170.

Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In: S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.). *Similarity and analogical reasoning.* Cambridge: Cambridge University Press. pp. 199-241.

Gentner, D. & Holyoak, K. J. (1997). Reasoning and learning by analogy. *American Psychologist*, *52*(1), 32-34.

Gentner, D., & Markman, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist, 52*(1), 45-56.

Gilbert, J. (1993). *Models & Modelling in science education*. Hatfield-USA: The Association for Science Education.

Glynn, S. (1991). Explaining science concepts*:* a teaching-with-analogies model. In: Glynn, S. M., Russell, Y. & B. K. Britton (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. Hilldale-USA: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 3-19.

González, B. M. (2002). *Las analogías en el proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza*. La Laguna-ESP: Universidad de La Laguna, Tenerife.

González, B. M. (2005) El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*. *37*(2). Disponible em: http://www.rieoei.org/1080.htm. Acesado:12/12/2007.

Marcelos, Ma. de F. (2006). *Analogias e metáforas da árvore da vida, de Charles Darwin, na prática escolar*. Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte: CEFET-MG.

Mól, G. de S. (1999). *O uso de analogias no ensino de Química*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Instituto de Química. Brasília: Universidade de Brasília.

Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 383 pp.

Mozzer, N. B. (2008). *O ato criativo de comparar:* um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.

Mozzer, N. B. & Justi, R. S. (2013) A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de Química. *Educación Química, 24*(1), 163-173.

Newby, T. (1987). Learning abstract concepts: the use of analogies as a mediational strategy. *Journal of Instructional Development, 10*(2), 20-26.

Oliveira, M. (1996). *A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma abordagem didáctica*. Tese de Doutorado. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Romanelli, L. I. (1996). O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. *Química Nova na Escola, 3*, 27-31.

Sternberg, R. & Rifkin, B. (1979). The development of analogical reasoning processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, *27*, 195-232.

Venville, G. J., Bryer, L. & Treagust, D. F. (1994). Training students in the use of analogies to enhance understanding in science. *Australian Science Teacher Journal*, *40*(2).

Vosniadou, S. (1989). 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. pp. 413-437.