

CORRESPONDÊNCIAS ESTABELECIDAS E DIFERENÇAS IDENTIFICADAS EM ATIVIDADES DIDÁTICAS BASEADAS EM ANALOGIAS PARA O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS^[1]

(Established correspondences and differences identified in didactic activities based on analogies for the teaching of atomic models)

Leandro Londero da Silva [llondero@unicamp.br]

Universidade Estadual de Campinas

Cidade Universitária Zeferino Vaz, Distrito de Barão Geraldo, Campinas, SP, Brasil

Eduardo A. Terrazzan [eduterrabr@yahoo.com.br]

Universidade Federal de Santa Maria

Campus Universitário, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil

Resumo

O ensino de modelos atômicos ocupa lugar de destaque na estrutura conceitual da Física. Assim, propomos a utilização de Atividades Didáticas baseadas em Analogias (ADA) para o ensino dos modelos de Thomson, Rutherford e Bohr. Procuramos responder as seguintes questões: Quais são as correspondências estabelecidas e as diferenças identificadas entre análogo e alvo por alunos nas ADA para o ensino dos modelos atômicos? Qual o nível de explicitação destas correspondências e diferenças? Em que medida, as respostas dos alunos aproximam-se de nossas expectativas? Para isso, selecionamos os análogos a serem utilizados, elaboramos ADA e implementamos as atividades em aulas de Física no Ensino Médio. Utilizamos, como instrumentos de registro de informações, a produção escrita dos alunos e a videogravação das aulas. Os resultados encontrados permitem afirmar que a identificação das semelhanças e das diferenças, feita mediante uma simples visualização de atributos, ocorre com maior grau de facilidade como, por exemplo, as do tipo estrutural e as que envolvem proporções. Independente da turma, os alunos estabeleceram correspondências e identificaram diferenças para além daquelas previstas nas atividades. Um fator que pode ter contribuído para isso foi o grau de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados. A dificuldade ou simples ausência de identificação de semelhanças e diferenças por certos alunos pode ser devida à falta de habilidades específicas de identificar atributos, estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar diferenças, sintetizar e registrar. Sendo assim, podemos dizer que o registro escrito, assim como a aprendizagem dos procedimentos acima mencionados, é um processo lento e que carece de práticas sucessivas.

Palavras-chave: Analogias, Modelos Atômicos, Educação em Ciências, Atividades Didáticas.

Abstract

The atomic models teaching occupies a prominent place in physics' conceptual structure. Thus, we proposed the use of Didactic Activities based on Analogies (ADA) for the teaching of Thomson, Rutherford and Bohr models. We sought to answer the following questions: Which are the established correspondences and the differences identified between analogous and target by pupils in the ADA for the teaching of atomic models? Which is the explicitation level of these correspondences and differences? To what extent, the pupils' answers get close to our expectations? For this, we selected the analogous to be used, elaborated ADA and we implemented the activities in physics lessons at high school. We used, as instruments of information records, the pupils' written productions and the lessons recordings. Research findings show that the similarities and the differences identification made through a simple attributes visualization occur in an easier way, as, for instance, the structural type ones and the ones that involve ratio. Independent on the group, the pupils had established correspondences and identified differences for beyond those foreseeing in the

^[1] Artigo baseado em resultados discutidos na Dissertação de Mestrado de Leandro Londero da Silva, sob orientação de Eduardo Adolfo Terrazzan.

activities. A factor that may have contributed for this was the pupils' familiarity degree with the analogous used. The difficulty or simple absence of similarities and differences identification for certain pupils can be due to the lack of specific abilities to identify attributes, to establish relations, to raise hypotheses, to identify differences, to synthesize and to register. Thus, we can say that the written record, as well the procedures learning mentioned above, is a slow process and that it lacks successive practices.

Keywords: Analogies, Atomic Models, Science Education, Didactic Activities.

1. Considerações iniciais

O uso de analogias como recurso didático vem sendo, há tempos, objeto de estudo de pesquisadores da área de Ensino de Ciências Naturais. Particularmente dos anos 90 em diante Duit (1991), Harrison e Treagust (1993), Lawson (1993), Treagust *et al.* (1994), Thiele e Treagust (1995), Dagher (1995), Glynn e Takahashi (1998), Godoy (2002), González e González (2003), SILVA (2006), dentre outros, têm destacado tanto o caráter facilitador como os aspectos a serem levados em consideração, tanto por autores de livros didáticos como por professores quando da utilização de analogias.

Duarte (2005) em revisão de literatura se deparou com várias definições de analogia, de acordo com as perspectivas teóricas dos autores. Neste estudo, consideraremos uma outra perspectiva diferente daquelas identificadas por Duarte (2005). Levaremos em conta o ponto de vista de Martins (1998). Segundo este autor, dois objetos de quaisquer tipos, A e B, são análogos se existem partes, propriedades ou relações semelhantes em A e B, isso é, se eles são equivalentes sob algum aspecto, e se, além disso, eles possuem alguma diferença.

Sendo assim, para os interesses do presente estudo, uma analogia é definida como uma comparação entre dois conceitos/fenômenos/assuntos que mantém certa relação de semelhança entre ambos. Os elementos que constituem uma analogia são: o *análogo* (representa o conhecimento já familiar, é aquele onde há diferenças bem nítidas), o *alvo* (representa o conhecimento desconhecido) e as *relações analógicas* (conjunto de relações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença, permitindo a compreensão/entendimento do alvo).

No ensino, a utilização de analogias possibilita a construção de conceitos científicos, considerando aquele numa perspectiva construtivista. Portanto, seu uso favorece a compreensão/entendimento de conceitos que na maioria dos casos são considerados difíceis pelos alunos.

No caso das analogias podemos dizer que a compreensão/entendimento que cada aluno adquire de um determinado conceito é formado com base no conjunto de relações analógicas que consegue estabelecer. Quanto menor o número de relações que estabelecer, menor será o entendimento/significado que irá adquirir, ou seja, o entendimento/significado que possui, aumenta com o número de relações estabelecidas. É o conjunto de relações analógicas estabelecidas entre as partes e o todo de ambas as situações (alvo e análogo) que permite aos alunos reconstruírem e darem significado ao conceito em estudo, reconhecendo as partes como elementos que o constitui.

A compreensão/entendimento de conceitos, mediante o uso de analogias, requer que os alunos aproximem-se de tarefas, de certos tipos de atividades ou de conteúdos de natureza procedimental, entre eles: comparar, relacionar alguns conceitos com outros, representá-los mediante imagens e esquemas, escrever.

Estes procedimentos estão fortemente presentes quando do uso de analogias em atividades de ensino, especificamente quando o aluno é solicitado a estabelecer relações de semelhança entre atributos e identificar limites de validade.

Podemos dizer que, os conteúdos procedimentais são regras, técnicas, métodos, destrezas ou habilidades, estratégias e procedimentos que, de acordo com Zabala (1998), formam um conjunto de ações ordenadas e com um objetivo, ou seja, ações dirigidas para se atingir uma meta. São exemplos de conteúdos procedimentais: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, relacionar, sintetizar, inferir, etc. Para este autor estes conteúdos se situam dentro de três eixos:

1) Motor/Cognitivo: ações realizadas que implicam componentes motores ou cognitivos. Exemplos: saltar e recortar estariam mais próximos do aspecto motor, já as ações inferir, hipotetizar, relacionar estariam mais próximas do cognitivo.

2) Número de ações: determinado pelo número de ações que se realizam. Alguns procedimentos são compostos por poucas ações e outros por múltiplas ações. Saltar e correr são exemplos de poucas ações. Desenhar e observar necessitariam um número maior de ações.

3) Grau de determinação da ordem das seqüências: de um lado teríamos os conteúdos cuja ordem das ações é sempre a mesma. Do outro lado estariam os conteúdos cujas ações a serem desenvolvidas e a maneira de organizá-las dependem em cada caso das características da situação em que se deve aplicá-los, como as estratégias de leitura ou qualquer estratégia de aprendizagem.

Pozo (2000) nos esclarece que quando a ênfase está na aprendizagem de conceitos, é conveniente que as atividades de ensino se baseiem em procedimentos que os alunos já conheçam ou dominem. Este cuidado contribui para melhorar o procedimento, mas também para tornar a aprendizagem conceitual mais fácil e significativa.

2. Propósito do trabalho e questões norteadoras

Dadas as considerações acima, o presente trabalho é parte de uma pesquisa que objetivou *estudar as contribuições e as limitações do uso de Atividades Didáticas baseadas em Analogias para o ensino de conteúdos conceituais de Física no Ensino Médio*.

Neste artigo, especificamente, relatamos as análises das correspondências estabelecidas e as diferenças identificadas, por alunos de Ensino Médio, em Atividades Didáticas baseadas em Analogias (ADA) para o Ensino de Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr. Procuramos responder as seguintes questões norteadoras:

- a) *Quais são as correspondências estabelecidas e as diferenças identificadas entre análogo e alvo por alunos nas ADA para o ensino dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr?*
- b) *Qual o nível de explicitação destas correspondências e diferenças?*
- c) *Em que medida, as respostas dos alunos aproximam-se de nossas expectativas?*

Para tanto, alguns caminhos foram percorridos até às implementações em sala de aulas. No próximo item, tecemos comentários sobre os passos de desenvolvimento da pesquisa, os sujeitos e locais de realização, bem como os instrumentos de coleta de informações (usos e funções).

3. Desenvolvimento do trabalho

Num primeiro momento, selecionamos o tópico curricular que ensinaríamos mediante o uso de ADA. Optamos pelo tópico de Modelos Atômicos tendo em vista que ele ocupa lugar de destaque na estrutura conceitual da física, na explicação científica de muitos fenômenos e na

programação curricular das escolas, sendo sua aprendizagem de grande importância para a correta compreensão de fenômenos físicos.

Neste sentido, tanto autores de livros didáticos como professores em salas de aula, normalmente, utilizam analogias no ensino de modelos atômicos, porém de forma não organizada.

Definido o tópico curricular, escolhemos os modelos atômicos que ensinávamos. Elegemos os Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr por serem, em geral, os inseridos nas programações curriculares de física dentro do tópico de Modelos Atômicos e, também, por possuímos análogos para eles. No entanto, não descartamos o ensino de outros modelos por professores de física, tais como o de Dalton, como também não a existência de outros análogos para aqueles.

Na sequência, selecionamos os análogos a serem utilizados. Escolhemos um pudim de ameixas, o sistema planetário e livros alocados em uma estante. Como notado previamente, estes análogos são frequentemente usados em livros didáticos, porém, utilizados de forma não organizada.

Vale a pena lembrar neste momento o estudo realizado por Souza, Justi e Ferreira (2006). Esses autores investigaram como os alunos do Ensino Médio compreendem os modelos atômicos mediante analogias usadas para apresentá-los e explicá-los. Para tanto, escolheram apenas os modelos atômicos propostos por J. J. Thomson e Niels Bohr pelo fato de analogias (do “pudim de passas” e do “sistema solar”, respectivamente) serem frequentemente utilizadas na explicação desses dois modelos. Os dados foram coletados por meio de um questionário aplicado a 99 alunos de uma escola pública e de uma escola particular que cursavam o primeiro ano do Ensino Médio.

A análise dos dados coletados por Souza, Justi e Ferreira (2006) evidenciou que a maioria dos alunos não entende as analogias e, conseqüentemente, os modelos aos quais elas se referem. Além disso, eles não percebem sentido em se utilizar duas analogias diferentes para o átomo.

O estudo desenvolvido por Souza, Justi e Ferreira (2006) permite uma boa compreensão de como os alunos compreendem/percebem a relevância as analogias “pudim de passas” e “sistema solar” utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr. No entanto, os autores não procuraram identificar as correspondências estabelecidas e os limites identificados pelos alunos. Assim, o estudo aqui relatado difere em grande escala do trabalho desenvolvido por Souza, Justi e Ferreira (2000), tanto no problema e questões a serem respondidas como no encaminhamento metodológico. Certamente a investigação realizada por esses autores servirá de base para as análises descritas no presente artigo.

Em continuidade, elaboramos as ADA seguindo as diretrizes, para a utilização coerente de analogias em sala de aula. Entre os modelos/propostas para o uso organizado de analogias no ensino identificados na literatura da área (RAFORD *apud* DAGHER, 1995; OTERO, 1997; ZEITOUN, 1984; MÓL, 1999; GLYNN *apud* DUIT, 1991; HARRISON e TREAGUST, 1993; CACHAPUZ, 1989; GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001; NAGEM *et al.*, 2001) optamos pela versão modificada do modelo TWA (Teaching with Analogies), inicialmente proposto por Shawn M. Glynn, sugeridas posteriormente por Harrison e Treagust (1993), porque ele é relativamente simples em relação a outros (pela quantidade de passos previstos) e também porque considera essencial para a utilização de analogias como recurso didático não só a compreensão das similaridades possíveis, como também das diferenças. Além disso, este modelo nos possibilita, junto aos alunos, a realização de tarefas de estabelecimento de correspondências entre alvo e análogo, de identificação de limites de validade da analogia.

Segundo o modelo TWA, deve-se procurar seguir seis passos, são eles: 1º) Apresentar a “situação alvo” a ser ensinada, 2º) Apresentar a “situação análoga” a ser utilizada, 3º) Identificar as características relevantes do “análogo”, 4º) Estabelecer as similaridades entre o “análogo” e o “alvo”, 5º) Identificar os limites de validade da analogia e 6º) Inferir conclusões sobre a “situação alvo”.

Para a elaboração das ADA tomamos o cuidado de seguir as indicações, encontradas na literatura da área, sobre as características desejáveis para a seleção de analogias para fins didáticos. Para que as analogias se constituam como um recurso didático eficaz é necessário que elas contemplem uma série de características, são elas: a) O análogo deve ser mais familiar que o alvo. Deve-se dar preferência a situações do cotidiano (Duit, 1991), b) Deve ser possível de representação através de imagens, tanto do alvo como do análogo (Dupin e Joshua, 1990; Duit, 1991), c) As comparações entre análogo e alvo não devem ser demasiadamente grandes nem pequenas (Stavy e Tirosh, 1993).

Após, passamos à preparação dos 03 (três) professores que implementariam as ADA, o Prof. ALE, a Profa. MS e o Prof. LLS, sendo que o último implementou as ADA em 02 (duas) turmas.

Os encontros com os professores ocorriam em diferentes locais. A preparação do Prof. ALE ocorreu na cidade de Candelária, onde a escola em que ministra as aulas se localiza. Com a Profa. MS e com o Prof. LLS aconteceu no Núcleo de Educação em Ciências onde este trabalho foi desenvolvido.

Concluída a etapa anterior, passamos à implementação das ADA. Foram utilizados como instrumentos para a realização da análise das implementações e das atividades a produção escrita dos alunos durante as aulas, referente ao preenchimento de fichas, entregues durante o desenvolvimento das ADA, relacionadas aos passos 4, 5 e 6 do modelo TWA. Utilizamos também, a videogravação das ADA implementadas para registrarmos o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelos professores durante o ensino e entrevistas semiestruturadas com os implementadores.

Após algumas considerações sobre o desenvolvimento do trabalho avançamos na discussão detalhada dos resultados obtidos das implementações.

4. Resultados das implementações

4.1. Implementação da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Thomson

4.1.1. A implementação do Prof. ALE

Na turma do Prof. ALE, a análise das produções dos alunos mostra que eles conseguiram estabelecer as relações analógicas sem nenhuma dificuldade, o que também foi verificado para os limites de validade, sendo que os alunos identificaram duas limitações não presentes na atividade, reproduzidas abaixo.

‘Os elétrons não tem o mesmo tamanho das passas. E os prótons não tem o mesmo tamanho das massas.’ (D. R.)

‘Os elétrons estão em constante movimento no átomo, enquanto as passas estão paradas, e entre os prótons e os elétrons existe um “vazio” o que não ocorre entre as passas e a massa.’ (A. M.)

Uma provável justificativa para o bom desempenho dos alunos nesta atividade é o número pequeno de relações analógicas a serem identificadas, sendo, em nossa opinião, uma analogia onde os atributos são facilmente comparados.

4.1.2. A implementação da Profa. MS

Na turma da Profa. MS, a grande maioria dos alunos não teve dificuldade em estabelecer as relações analógicas pretendidas, na íntegra. No entanto, eles comparam o pudim como o átomo e

não com o volume esférico do modelo de Thomson. Uma argumentação para isto pode ser percebida na produção reproduzida na figura 1.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	Nº:
<p>Quais comparações podem ser feitas entre a árvore e um átomo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.</p>		
Pudim de Ameixa		Modelo Atômico de Thomson
<p>O pudim de ameixa não é o modelo de Thomson na referência a minha opinião e se minha opinião o pudim seria uma forma de disco e assim a carga positiva estaria e a como comparação de a parte negativa dentro a fora das ameixas e a massa.</p>		

Figura 1 – Produção escrita de um aluno da Profa. MS

Além das relações analógicas de semelhança presentes na atividade, os alunos estabeleceram a comparação *‘as passas são fixas e unidas à massa/os elétrons são fixos e grudados com as cargas positivas’*.

Na identificação dos limites, também não constatamos dificuldades por parte dos alunos, uma vez que a grande maioria identificou a limitação do modelo de Thomson, como verificado em uma das produções abaixo, onde reproduzimos o limite explicitado pelo aluno.

‘Cargas opostas se neutralizam, elas tem que estar separadas e não misturadas com o no modelo do pudim.’ (M. B.)

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nesta atividade, nos procedimentos de comparar e identificar, podem ser justificados pelo grau contemplação dos passos do modelo TWA executados pela Profa. MS quando da implementação, já que ela contemplou os passos 1, 2, 3 e 5, e parcialmente o 4, não contemplando apenas o 6. No entanto, pensamos que o bom desempenho dos alunos nesta atividade está mais associado ao pequeno número de atributos a serem relacionados. Para esta professora *‘essa analogia também ela foi muito interessante onde os alunos trouxeram pra sala de aula o pudim, o análogo, pra depois no final da aula poder ver a representação e foi muito interessante assim, foi uma analogia de fácil compreensão e que eu acredito que eles compreenderam mesmo o conteúdo’*.

4.1.3. As implementações do Prof. LLS

Apresentamos agora as ocorrências evidenciadas nas implementações realizadas pelo Prof. LLS. em 2 (duas) turmas.

Na 1ª turma os resultados são semelhantes aos da classe da Profa. MS. Nela, houve um caso, de uma aluna que sugeriu uma analogia com um brigadeiro, onde a pasta/massa do brigadeiro seria a carga positiva e os granulados seriam os elétrons. Porém, esta analogia foi rapidamente abandonada, pois uma aluna argumentou que na analogia os elétrons ficariam somente na superfície, em não em toda a massa como no pudim. Mesmo assim, a aluna que propôs esta analogia enfatizou, na Ficha 2, que a comparação melhor seria com o brigadeiro, como pode ser comprovado na figura 2.

FICHA 2		
Nome: <i>MA</i> de <i>CA</i>	Turma: 3º	Nº: 18
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<i>O modelo atômico de Thomson considerava o átomo como esférico, para compará-lo com o pudim, este também deveria ser esférico, porém, é plano.</i>		
<i>Uma comparação, talvez mais adequada seria com um suspiante (esférico e com "granuloso"), átomo que tem "continuidade" (e $\ominus \rightarrow \oplus$).</i>		

Figura 2 – Limite identificado pela aluna MA

Com respeito ao estabelecimento de correspondências, em geral, os alunos estabeleceram todas as relações pretendidas sem nenhuma dificuldade. Já na identificação dos limites de validade da analogia, os alunos, na grande maioria, também apontaram à limitação do modelo atômico de Thomson, como na ficha reproduzida na figura 3.

FICHA 2		
Nome: <i>LLS</i>	Turma: 3º	Nº: 06
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<i>A analogia falha, pois o pudim de leite condensado contém pedaços de chocolate, enquanto o átomo não contém pedaços de matéria, sendo apenas um todo contínuo.</i>		

Figura 3 – Limitação explicitada pelos alunos do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Na 2ª turma os alunos sugeriram uma analogia com um Panetone de Natal para o modelo atômico de Thomson ao invés de um pudim de passas ou ameixas, pois justificaram que estavam mais familiarizados com esta situação.

Um aluno sugeriu a correspondência 'no panetone temos a massa do pão/no átomo temos a massa atômica'. Na figura 4 apresentamos uma produção que expressa, em geral, as relações analógicas estabelecidas pela maioria dos alunos nesta atividade, os quais estabeleceram as relações pretendidas pelo professor.

FICHA 1		
Nome: <i>CW</i>	Turma: 3º	Nº: 09
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Pudim de ameixa	PANETONE	Modelo Atômico de Thomson
<i>o pudim tem a mesma massa,</i>	<i>o panetone também tem a mesma massa,</i>	<i>o átomo também tem a mesma massa.</i>
<i>o pudim tem a mesma forma,</i>	<i>o panetone também tem a mesma forma,</i>	<i>o átomo também tem a mesma forma.</i>
<i>o pudim tem a mesma cor,</i>	<i>o panetone também tem a mesma cor,</i>	<i>o átomo também tem a mesma cor.</i>
<i>o pudim tem a mesma textura,</i>	<i>o panetone também tem a mesma textura,</i>	<i>o átomo também tem a mesma textura.</i>

Figura 4 – Correspondências estabelecidas pela aluna CW

Nesta produção percebemos que a aluna explicita uma das limitações presente na atividade que se refere às dimensões das situações. Ainda, em relação a este aspecto, os alunos, em geral, identificaram diferenças para além daquelas previstas na atividade. No quadro 3 encontram-se listadas as limitações identificadas pelos alunos.

Quadro 1 – Limitações explicitadas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Panetone de Natal	Modelo Atômico de Thomson
Vemos as frutas	Não vemos os elétrons
Podemos encontrar o Panetone em migalhas se partirmos ele	Podemos transferir cargas elétricas, mas não podemos partir o átomo
Temos diversos tipos de frutas cristalizadas	Temos apenas os elétrons
Não é esférico e sim cilíndrico	É esférico
Pode-se pegar e ser cortado	Não pode ser cortado
As frutas ficam paradas	Os elétrons não ficam parados
O volume do panetone varia, existem panetones de vários tamanhos	O volume do modelo não varia
Se tirar uma fruta nada ocorre	Se retirar um elétron o modelo se transforma num cátion

Com base nas implementações da primeira atividade podemos dizer que, embora a maioria dos estudantes tenha informado que estavam familiarizados com um pudim de ameixas ou passas, é provável que alguns deles estivessem mais familiarizados que outros, devido ao fato de alguns sugerirem a comparação com um panetone de natal ou com um brigadeiro.

Neste sentido, percebe-se que os estudantes geram espontaneamente analogias como, por exemplo, um panetone de natal ou um brigadeiro para o modelo atômico de Thomson, ao invés de utilizarem um pudim de ameixas ou passas como proposto na atividade. Esta ocorrência indica um esforço dos estudantes para conectar um com novo conceito a uma situação familiar, tal esforço mostrou-se necessário para tornar a aprendizagem significativa.

A necessidade de compreender/entender o significado de um determinado conceito faz com que explorem suas experiências pessoais em busca de analogias que lhes permitam compreender os mesmos.

Em relação a aprendizagem, podemos dizer que os índices obtidos foram satisfatórios, uma vez que os alunos, em geral, estabeleceram as relações e identificaram as diferenças, o que remeteu a uma aprendizagem significativa, pois conectaram o novo conhecimento por meio de um mais familiar.

4.2. Implementação da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Rutherford

4.2.1. A implementação do Prof. ALE

A 2ª ADA estruturada para o ensino de Modelos Atômicos é para o modelo de Rutherford e foi implementada primeiramente na turma do Prof. ALE. Nela, verificamos que os alunos estabeleceram as comparações de forma satisfatória. Em geral, eles não tiveram dificuldades de estabelecer as semelhanças, sendo que cada aluno estabeleceu em média 04 comparações, tanto de origem estrutural como funcional. O quadro 2 apresenta as semelhanças mapeadas pelos alunos.

Quadro 2 – Semelhanças apontadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Sistema Planetário	Modelo Atômico de Rutherford
Sol	Núcleo
Planetas	Elétrons
Órbitas dos planetas	Órbitas dos elétrons
Movimento dos planetas	Movimento dos elétrons

Os planetas giram em torno do sol	Os elétrons giram em torno do núcleo
Força gravitacional	Força elétrica
Espaço entre planetas (vácuo)	Espaço entre órbitas (vazio)
Sol (estrela principal)	Carga positiva
Região do universo entre planetas e Sol	Eletrosfera

Na identificação dos limites de validade os alunos mapearam apenas a falha apresentada pelo modelo atômico de Rutherford, mencionada pelo professor durante suas explicações. A título de ilustração reproduzimos na figura 5 a produção de um aluno que comprova esta afirmação.

Figura 5 – Limitação explicitada pelo aluno MM

Percebemos melhoras significativas no estabelecimento de correspondências e identificação de pontos falhos na turma do Prof. ALE, em comparação com as atividades que antecederam as implementações das ADA para o ensino de Modelos Atômicos.

4.2.2. A implementação da Profa. MS

Na turma da Profa. MS os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as similaridades. O mesmo ocorreu na identificação dos limites de validade. No entanto, os alunos reproduziram a fala da professora quando apresentava a limitação do modelo atômico de Rutherford durante seu diálogo em sala de aula, como na produção abaixo:

‘Cargas em movimento emitem radiação eletromagnética perdendo energia continuamente. Com isso descrevem órbitas cada vez menores chocando-se com o núcleo numa fração de segundo. Se isso acontecesse não sobraria nenhum átomo no universo.’ (D. F.)

Para a professora MS os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as semelhanças ‘por eles já conhecer o análogo, já ter estudado no caso o modelo planetário em geografia, então não teve problema nenhum, foi eficaz’. (M. S.)

Outro fator que está associado ao bom desempenho dos alunos nas tarefas solicitadas é o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS, uma vez que ela, após o desenvolvimento de um conjunto de atividades, executa os passos com maior segurança, contemplando a maior parte deles.

4.2.3. A implementação do Prof. LLS

A 3ª implementação desta atividade ocorreu na 1ª turma do Prof. LLS. Nela, os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois a grande maioria dos alunos estabeleceu em torno de duas ou três semelhanças, entre elas: *sol/núcleo, planetas/elétrons, força gravitacional/força elétrica*. Tal fato nos surpreende, visto que 89% dos alunos informaram que estavam familiarizados com o Sistema Planetário. Além disso, percebemos que não houve uma uniformidade no estabelecimento de semelhanças, ou seja, enquanto muitos alunos estabeleceram algumas comparações, outros

estabeleceram outras.

Os alunos apenas estabeleceram correspondências entre os atributos que compõem as duas situações, não associando os mesmos com a estrutura e funções que ocupam nos respectivos sistemas, preocuparam-se apenas em identificar os componentes de ambos os sistemas e relacioná-los, sem se deterem nas funções que estes ocupam em cada sistema.

Na identificação dos limites de validade, constatamos, novamente, que a grande maioria dos alunos apontou somente a falha apresentada pelo modelo atômico de Rutherford e apresentada por LLS em sala de aula, como na produção Express na figura 6. Uma provável justificativa para isso pode ser a ênfase atribuída a este aspecto durante a implementação da atividade pelo Prof. LLS.

FICHA 2		
Nome: F. B. A.	Turma: 3	Nº:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p>CARLAS EM MOVIMENTO EMITEM RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM ISSO, PERDEM ENERGIA CONTINUAMENTE, DESCREVENDO ORBITAS, CADA VEZ MENORES, NO FINAL, CHOANDO-SE COM O NÚCLEO.</p> <p>O SIST. PLANETÁRIO É VISÍVEL E O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD NÃO É VISÍVEL</p>		

Figura 6 – Limitação explicitada pelo aluno FGA

Uma possível justificativa para os baixos índices de rendimento dos alunos nas atividades pode ser a falta de habilidades e procedimentos não dominados por eles, como por exemplo: estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar, escrever.

Na 2ª turma do Prof. LLS obtivemos os melhores resultados em termos de semelhanças e diferenças identificadas, entre as 4 turmas analisadas, na atividade para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford.

Em geral, os alunos estabeleceram mais da metade das relações analógicas, sendo que as semelhanças estabelecidas na maioria das produções são aquelas que relacionam aspectos estruturais, como por exemplo, o sol como núcleo. As correspondências estabelecidas pelos alunos desta turma encontram-se listas no quadro 3.

Quadro 3 – Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Sistema Planetário	Modelo atômico de Rutherford
Sol (maior concentração de massa)	Núcleo com prótons e nêutrons
Planetas	Elétrons
Órbita	Eletrosfera
Força gravitacional	Força elétrica
Os planetas orbitam em torno do sol	Os elétrons orbitam em torno do núcleo (próton)
Translação	Movimento dos elétrons

Quanto aos limites de validade, em termos gerais, os alunos conseguiram identificar os pontos falhos, mapeando-os para além daqueles previstos na atividade. Os alunos mencionaram que não encontraram correspondência para o movimento de rotação, identificando falhas que vão deste as dimensões de ambos os modelos, passando pela natureza das forças envolvidas neles, até a falha apresentada pelo modelo de Rutherford que, consecutivamente, levou Bohr a elaboração de um novo modelo. Assim, os alunos identificaram os limites abaixo listados:

*‘Os elétrons não giram em torno do seu próprio eixo, os planetas sim.’ (E. M. R.)
(até este momento os alunos não tem conhecimento sobre o spin)*

‘Tamanho do sol em relação ao átomo.’ (E. M. R.)

‘Os elétrons são todos iguais, já os planetas podem ser sólidos ou gasosos.’ (E. M. R.)

‘Os planetas não possuem carga e o elétron possui.’ (E. M. R.)

‘Falha na correspondência de elementos como massa, densidade, velocidade e distância (em proporção) das órbitas, proporção de tamanho, intensidade das forças (gravitacional e elétrica).’ (C. B.)

‘Os planetas giram em torno do sol sempre com a mesma trajetória e os elétrons não seguem sempre a mesma trajetória.’ (J. S. V.)

‘Não há proporção entre as massas dos planetas e as dos elétrons.’ (D. B.)

‘Tipo de forças diferentes Elétrica – Gravitacional.’ (C. D.)

‘Os elétrons giram em órbita até colidir com o núcleo, já os planetas não colidem com o sol em seu movimento de órbita.’ (A. R.)

‘As partículas α atravessam a lâmina de ouro que ele utilizou para sua experiência, enquanto os raios do sol não atravessam um planeta inteiro.’ (E. M. R.)

‘Os elétrons possuem energia que é perdida com o tempo, devido a isso as orbitas ficam cada vez mais curtas fazendo com que os elétrons se choque com o núcleo.’ (J. M. P.)

‘Alguns dos planetas são vistos a olho nu, agora os elétrons não (é um modelo microscópico).’ (S. W.)

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nas tarefas solicitadas, talvez possam ser explicados por dois fatores, são eles: a) grau de contemplação da maior parte dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS e b) grau de familiaridade com o análogo utilizado, pois 92,6% responderam que estavam familiarizados com esta situação.

Finalizamos o estudo dos modelos atômicos implementando a ADA que tem como análogo ‘Livros alocados em uma estante’ para o alvo Modelo Atômico de Bohr.

4.3. Implementação da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Bohr

4.3.1. A implementação do Prof. ALE

Os resultados, nas tarefas de estabelecimento de correspondências e identificação de limitações, obtidos na última implementação na turma do Prof. ALE para os modelos atômicos, melhoraram significativamente em comparação com as primeiras. Sendo assim, os alunos estabeleceram a maior parte das correspondências. No entanto, o grau de estabelecimento não foi uniforme, ou seja, variou entre os alunos. As correspondências estabelecidas por eles estão listadas no quadro 4.

Quadro 4 – Semelhanças identificadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Estante	Átomo
Base da estante	Núcleo
Livros	Elétrons
Prateleiras	Órbitas do átomo/camadas eletrônicas
Mudar de lugar o livro da prateleira	Um elétron mudar de órbita
Cair um livro no chão ou juntar o livro e por na prateleira	Excitar o elétron, variar a energia
Força gravitacional	Força elétrica

Quanto aos limites de validade, em geral, os alunos conseguiram identificá-los. Nesta ADA, perceberam que não deveriam considerar o chão como núcleo e sim a base da estante, tendo em vista que o núcleo tem de estar “junto” ao átomo, no caso do alvo. Se assim fosse, no análogo um livro iria colidir com o chão, no caso de uma queda, e no alvo o elétron iria colidir com o núcleo, não sobrando átomo algum. A título de exemplo reproduzimos 02 produções escritas (figuras 7 e 8) nas quais os alunos explicitam os pontos falhos da analogia.

FICHA 2			
Nome: A	9	Turma: 3	Nº: 3
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.			
A estante representa o átomo e o solo representa o núcleo, ocorre falta porque o núcleo deveria estar junto ao átomo, o que não acontece e o solo e a estante se não foi encarado como um sistema.			

Figura 7 – Limitação explicitada pela aluna AS

FICHA 2			
Nome:		Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.			
Acho que o núcleo deveria estar junto ao átomo, porque quando o livro (elétron) entra em contato com a estante, colide e desliza com o chão.			

Figura 8 – Limitação explicitada por um aluno do Prof. ALE

A leitura das produções acima nos permite verificar que as diferenças identificadas variaram entre os alunos. Sendo que, podemos atribuir o bom desempenho deles, nas tarefas presentes na ADA, ao domínio de procedimentos.

4.3.2. A implementação da Profa. MS

Na turma da Profa. MS, os resultados no desempenho dos alunos melhorou em comparação com as atividades anteriores. Com base na análise das produções escritas podemos afirmar que os alunos, na grande maioria, conseguiram estabelecer as correspondências entre alvo e análogo. O quadro 5 apresenta as correspondências estabelecidas por eles.

Quadro 5 – Semelhanças identificadas pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Livros alugados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Divisórias da estante	Estados estacionários
Livros em cada divisória	Elétrons distribuídos nas camadas
Base da estante como referencial	Núcleo como referencial
+ perto do chão: $E_c > E_p$	+ perto do núcleo: $E_c > E_p$
+ longe do chão: $E_c < E_p$	+ longe do núcleo: $E_c < E_p$
Força gravitacional	Força elétrica
Cair ou elevar um livro	Elétron excitado
Cair um livro no chão ou juntar o livro e por na prateleira	Excitar o elétron, variar a energia

Em relação à segunda tarefa, identificar os limites de validade, os alunos mapearam a maior parte dos pontos falhos, aproximando-se das nossas expectativas. As figuras a seguir expressam os limites identificados pelos alunos.

FICHA 2		
Nome: <i>Y. J.</i>	Turma: 3 ^o	N ^o : ?
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Os livros na estante, que por sua vez representam os elétrons de a terra, não se movem, como os elétrons. Um livro tem a capacidade, com sua energia potencial - similitude de chaco - de cair a chão. Já a estante, por sua vez, não chaco - se contra a micela, uma vez que possuem os átomos na camada mais interna dos átomos.</i></p> <p><i>Não é possível para os livros transpor as prateleiras, mas os elétrons transpõem as camadas sucessivas.</i></p>		

Figura 9 – Limitação explicitada pelo aluno FL

FICHA 2		
Nome: <i>G. M.</i>	Turma: 3 ^o	N ^o : 14
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Não podemos considerar o chão como núcleo, os parceiros não podemos falar quântos elétrons existem, mas nos camadas de elétrons cabem tantos em cada camada 2, 8, 18, 32, 32, 18, 8.</i></p>		

Figura 10 – Limitação explicitada pelo aluno GM

Além destas, os alunos identificaram outras diferenças, entre elas às abaixo listadas:

‘Um é macroscópico o outro e micro.’ (CG)

‘Os livros só voltam para seu lugar se alguém pegar, os elétrons podem voltar.’ (MM)

‘Os elétrons ao passar de uma camada para outra, não passa pelo espaço intermediário. Em uma estante, os livros não tem como desaparecer e passar para outra prateleira.’ (CG)

Podemos atribuir o bom desempenho dos alunos a três fatores, são eles: a) grau de familiaridade deles com o análogo utilizado, uma vez que a totalidade da turma respondeu estar familiarizada com este, b) grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS, já que ela contemplou os passos de 1 a 5, contemplando parcialmente apenas o 6^o, c) domínio dos procedimentos de comparar e identificar.

4.3.3. A implementação do Prof. LLS

Na 1^a turma do Prof. LLS a quase totalidade dos alunos estabeleceu as relações de semelhança consideradas de 1^a ordem ou superficiais, ou seja, aquelas facilmente identificáveis são elas: livros/elétrons e prateleiras/camadas.

Em virtude dos alunos não estabelecerem a maior parte das relações de semelhança, esperávamos que os mesmos não identificassem os pontos falhos. No entanto, os alunos mapearam mais da metade dos limites de validade, entre eles os abaixo listados.

‘Os elétrons estão em movimento na órbita e os livros estão parados’. (L. C. C.)

‘Na estante todas as prateleiras cabem o mesmo número de livros, já nas camadas do átomo há um número diferente para cada uma’. (F. G. A.)

‘Estante visível, átomo não visível’. (F. G. A.)

‘Entre os é e o núcleo existe um vazio, enquanto entre os livros e o solo existe a atmosfera’. (A. M.)

Tendo sido a última analogia implementada nesta turma, comprovamos um crescimento nos alunos, ainda que pequeno, no domínio dos procedimentos de comparar e identificar. Devemos destacar que o desenvolvimento destas habilidades, especificamente, nesta turma, foi mais lento em comparação com as demais turmas. Em geral, os alunos da 1^a turma do Prof. LLS realizavam as

atividades em um espaço de tempo maior, sendo que na maioria das implementações eles necessitavam da ajuda do professor para executarem as tarefas.

Na 2ª turma do Prof. LLS os alunos, em geral, estabeleceram as semelhanças sem nenhuma dificuldade. Contribuiu para isso o grau de familiaridade dos alunos com a situação análoga, visto que 100% deles consideraram a situação familiar. No quadro 6 encontram-se listadas as semelhanças identificadas pelos alunos.

Quadro 6 – Semelhanças identificadas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Prateleiras	Camadas de valência (K, L, M, N, O, P, Q)
Livros	Elétrons
Chão como referencial	Núcleo como referencial
Queda ou elevação do livro (se o ponto de referência é o chão e o livro cai, a energia cinética aumenta e a energia potencial diminui)	Salto quântico (se o elétron pula para perto do núcleo a energia cinética aumenta e a energia potencial diminui)
Força gravitacional	Força elétrica

Além das correspondências previstas na atividade, os alunos mapearam outras que se encontram listadas no quadro 7.

Quadro 7 – Correspondência estabelecida pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS para além das previstas na atividade

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Capacidade de armazenamento de livros em cada prateleira	Número de valência (2, 8, 18, 32, 32, 18, 8)
Livro cai da estante perdendo energia potencial e ganhando energia cinética	Elétrons só podem se mover em determinadas órbitas, situadas a distâncias precisas do núcleo, nas quais não irradia energia.

Embora a maioria dos alunos tenha estabelecido a correspondência “Chão/Núcleo”, muitos perceberam a necessidade de idealizar a base “bem de baixo” da estante como núcleo e não o chão. No caso de um livro cair de uma prateleira na situação análoga, iria colidir com o chão, o que não poderia ocorrer no caso do modelo atômico, já que o elétron poderia saltar até o nível mais baixo, caso contrário iríamos esbarrar na limitação do modelo atômico de Rutherford.

Quanto aos limites da analogia, não houve dificuldades por parte dos alunos em identificar os pontos falhos. No entanto, o grau de identificação varia entre os alunos, sendo que alguns identificam um maior número de limitações que outros. As falhas apontadas pelos alunos são descritas na seqüência.

‘Que ao passar de uma órbita para outra os elétrons simplesmente sumiriam e após surgiriam no outro orbital instantaneamente, o que não ocorre no livro que a gente vê caindo’. (C. B.)

‘Na estante pode colocar quantos livros quiser e na camada tem um número x’. (S. B.)

‘O modelo atômico de Bohr possui apenas 7 camadas (órbitas) diferente da estante que pode possuir mais do que sete camadas ou prateleiras’. (J. D.)

‘Os livros são macros e o modelo é micro’. (E. M. R.)

‘As prateleiras de uma estante normalmente cabe o mesmo número de livros em todas as prateleiras, enquanto no átomo varia de 2 a 32 elétrons em cada camada’. (D. S.)

‘Na estante os livros ã se mechem / No nível de energia os elétrons pulam de uma camada p/ outra’. (A. R.)

‘Na prateleira ã se tem restrição de qtos livros podem ser colocados / Nas camadas de valência tem um no certo de elétrons que ã pode ser ultrapassado’. (A. R.)

‘As dimensões da estante para as dimensões do átomo’. (V. S.)

‘Não é possível comparar os efeitos causados pelos deslocamentos dos elétrons’. (C. D.)

‘A força de atração existente entre elas são diferentes uma é gravitacional a outra eletromagnética’. (V. C.)

Mediante a leitura das produções, podemos afirmar que a ADA para o modelo atômico de Bohr cumpriu o seu papel de facilitadora da aprendizagem, já que os alunos compreenderam que neste modelo os elétrons somente se movimentam em determinadas camadas (estados estacionários), e que nestas não irradia energia, como é facilmente comprovado mediante a leitura das semelhanças estabelecidas e limites identificados.

Assim, consideramos que os alunos, em razão de terem estabelecido as correspondências e identificarem os limites de validade, alcançaram um nível de compreensão elevado, resultando em uma aprendizagem significativa, uma vez que conseguiram conectar os novos conhecimentos com base nos já conhecidos. Contribuíram para isso: a) o professor ter explicado detalhadamente o alvo e o análogo; b) análogo ser familiar aos alunos; c) os alunos possuírem habilidades e destrezas necessárias para a execução das atividades, ou seja, dominarem alguns procedimentos.

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nas tarefas solicitadas, talvez também possam ser explicados em razão da contemplação da maior parte dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS.

Uma vez realizado a descrição dos resultados obtidos em cada uma das ADA implementadas e respondidas as questões de pesquisa, cabe-nos tecer as conclusões a que chegamos e comentar as principais contribuições da investigação realizada.

5. Considerações Finais

Os resultados que possuímos nos permitem afirmar que as semelhanças e as diferenças que dependem de um menor esforço cognitivo, em virtude de uma simples visualização de atributos, são identificadas mais facilmente, como, por exemplo, as do tipo estrutural e aquelas que envolvem proporções.

Comprovamos que, independente da turma, os alunos estabeleceram correspondências e identificaram diferenças para além daquelas previstas. Um fator que pode ter contribuído para isso foi o grau de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados.

Devemos destacar que as implementações aqui analisadas fazem parte de um conjunto maior de atividades implementadas. Com isso, os resultados obtidos especificamente nestas atividades foram mais significativos que nas anteriores.

Uma possível justificativa para a não identificação de semelhanças e diferenças por alguns alunos pode ser a falta de habilidades e procedimentos não dominados por estes, como, por exemplo, estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar e escrever. Estes procedimentos mostraram-se imprescindíveis e tarefas habituais de aprendizagem em sala de aula. O desempenho dos alunos nas atividades propostas esteve fortemente condicionado, entre outros fatores, ao domínio destes procedimentos.

Sendo assim, podemos inferir que o registro escrito, assim como os procedimentos de comparar e identificar é um processo lento e que carece de práticas sucessivas. Neste sentido, as atividades propiciaram, ao longo da realização destas, evoluções significativas nos procedimentos de comparar, identificar e escrever.

Os resultados sugerem que o entendimento que o aluno construiu não acaba nas comparações da analogia, mas que aquele é um primeiro modelo desenvolvido que pode mudar e/ou evoluir com o tempo.

Com este trabalho foi possível conhecermos as semelhanças e diferenças identificadas, por alunos de Ensino Médio, em Atividades Didáticas baseadas em Analogias para o Ensino de Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr.

De posse destas informações, os professores estarão informados sobre quais correspondências e diferenças os alunos, em geral, tem mais dificuldades de identificar, necessitando para a identificação destas a ajuda dele. Com isso, os professores saberão quais semelhanças e diferenças devem ser discutidas com seus alunos no momento da utilização destas ADA.

Em síntese, o que vimos em nossa investigação é que os alunos adquiriram um entendimento mais profundo dos conceitos estudados e um potencial maior para realização de alguns procedimentos possíveis de serem ensinados com este tipo de atividade. Comparam, emitem hipóteses, identificam e argumentam, unindo o conceitual ao procedimental.

Referências

CACHAPUZ, A. (1989) Linguagem metafórica e o ensino das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2(3), 117-129.

DAGHER, Z. R. (1995) Review of studies on the effectiveness of instructional analogies. *Science Education*, 79(3), 295-312.

DUARTE, M. C. (2005) Analogias na Educação em Ciências Contributos e Desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 1. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a1.htm> Acesso em 11 jun. 2008.

DUIT, R. (1991) On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 79(6), 649-672.

DUPIN, J.J.; JOSHUA, S. (1989) Analogies and “Modeling Analogies” in teaching: some examples in basic electricity. *Science Education*, 73(2), 207-224.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. (1993) Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

GLYNN, S. M.; TAKAHASHI, T. (1998) Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129-1149.

GODOY, L. A. (2002) Success and problems with analogies in teaching mechanics. *Journal of Science Education*, 3(1), 11-14.

GODOY, L. A. (2002) Sobre la estructura de las analogías en ciencias. *Interciencia*, 27(8), 422-429.

- GONZÁLEZ, J. F.; GONZÁLEZ, B. M. G.; Moreno, T. (2003) Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 35, 82-89.
- LAWSON, A. E. (1993) The importance of analogy: a prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1213-1214.
- MARTINS, R. de A. (1998) Jevons e o papel da analogia na arte da descoberta experimental: o caso da descoberta dos raios X e sua investigação pré-teórica. *Episteme*, 6(3), 222-249.
- MÓL, G. (1999). *O uso de Analogias no Ensino de Química*. Brasília: Programa de Pós-Graduação, Instituto de Química, Universidade de Brasília. (Tese de Doutorado).
- NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D. de O.; DIAS, J. A. Y. T. (2001) Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1).
- OTERO, M. R. (1997) Cómo usar analogías em classes de física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(2), 179-187.
- POZO, J. I. (2000) A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In COLL, C.; et al., *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes* (pp.17-71). Porto Alegre: Artes Médicas.
- SILVA, L. L. da. (2006). *As analogias no ensino de conteúdos conceituais de física*. Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Maria. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, V. C. de A.; JUSTI, R. da S.; FERREIRA, P. F. M. (2006) Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 11, n. 1. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n1/v11_n1_a1.htm> Acesso em 10 jun. 2008.
- STAVY, R.; TIROSH, D. (1993) When analogy is perceived as such. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1229-1239.
- THIELE, R. B.; TREAGUST, D. F. (1995) Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783-795.
- TREAGUST, D. F.; VENVILLE, G.; HARRISON, A.; STOCKLMAYER, S.; THIELE, R. (1994) The far guide for teaching and learning science with analogies (Using Analogies In a Constructivist Approach). In: *A Workshop at the International Course: Science and Mathematics Education: Some Topics About Which We Should Think*, Santiago: (1994). Atas... Santiago.
- ZABALA, A. (1998). *A prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- ZEITOUN, H. H. (1984) Teaching scientific analogies: a proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2, 107-125.