

Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física*

(Analogies produced by high school students in physics class)

Luciana Bagolin Zambon¹, Eduardo Adolfo Terrazzan

Núcleo de Estudos em Educação, Ciência e Cultura, Centro de Educação,
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

Recebido em 26/9/2011; Aceito em 16/1/2013; Publicado em 18/3/2013

Analogias são consideradas recursos didáticos potencialmente úteis, pois servem para mediar o processo de aprendizagem de conceitos/fenômenos/assuntos desconhecidos, mediante o estabelecimento de relações de semelhança e diferença com situações familiares. Neste trabalho, apontamos os resultados de nossas ações investigativas sobre a utilização de analogias produzidas pelos alunos como instrumento de avaliação da compreensão conceitual acerca do conceito de energia interna, realizadas em duas turmas de 2^a série do Ensino Médio. Constituímos um conjunto de critérios/categorias, a partir de proposições encontradas na literatura sobre a temática, os quais foram utilizados para analisar essas analogias. Percebemos que nenhum análogo utilizado pelos estudantes teve origem no próprio domínio da física e a maioria deles era de natureza concreta. A grande maioria dos estudantes conseguiu estabelecer efetivamente relações analógicas entre o análogo proposto e o conceito alvo. Dos resultados obtidos até o momento, podemos afirmar que a produção de analogias pelos estudantes mostra-se como uma boa estratégia de avaliação, tanto da compreensão do conceito envolvido, quanto do procedimento de pensar mediante analogias.

Palavras-chave: analogias, ensino de física, Ensino Médio, atividade didática, avaliação em sala de aula, aprendizagem em física.

Analogies are considered as helpful didactical recourses, it serves to mediate the learning process of concepts/phenomenon/subjects unknown, through the establishment of relations of similarity and differences with familiar situations. In this paper, we presents the results of our investigative actions about the utilization of the analogies produced by students as evaluation of the comprehension conceptual about Internal Energy, performed in two classes of 2^a grade on high school. We constitute one set of criteria/category, from the propositions found in the literature about that thematic, which were used to analysis these analogies. We found that none analogous used by the students had origins in the own Physics domain and the major part of them were from concrete nature. The major part of the students got to establish effectively relations analogue between the analogous proposed and the concept target. From the obtained results until the moment, we can affirm that the production of analogies by the students shows as a good strategy of evaluation, so to comprehension of the involved concept as the procedure of think by means of analogies.

Keywords: analogies, Physics teaching, High School, didactical activities, assessment in classroom, physics learning.

1. Introdução

Este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla² na qual procuramos investigar, dentre outros aspectos, a utilização de recursos didáticos diversos no ensino de ciências, de modo a favorecer a aprendizagem dos alunos em três campos: *conceitual*, *procedimental* e *atitudinal* [1]. Nesta pesquisa, investigamos, mais especificamente,

o uso de analogias como recurso didático em aulas de física.

2. Analogias no ensino de ciências

Uma das formas de explicar a aquisição/construção de conhecimento, segundo uma visão construtivista, é aquela que sugere que uma aprendizagem efetiva ocorre

*Este artigo foi produzido no âmbito do Grupo de Estudos, Pesquisas e Intervenções INOVAEDUC – “Inovação Educacional, Práticas Educativas e Formação de Professores”, sediado no Núcleo de Estudos em Educação, Ciência e Cultura (NEC/CE/UFSM). Apoio CNPq e FAPERGS.

¹E-mail: luzambon@gmail.com.

²Pesquisa vinculada ao Projeto ACOCERP – *Ampliando a Concepção de Conteúdo de Ensino mediante a Resolução de Problemas* (FAPERGS, Edital Pesquisador Gaúcho, Processo 1009786; Reg. GAP/CE/UFSM 015482)
Copyright by the Sociedade Brasileira de Física. Printed in Brazil.

quando o aprendiz atribui significado ao conhecimento ensinado. Para atribuir esse significado, o aprendiz precisa encontrar ou criar conexões entre a nova informação e o conhecimento já existente [2]. Um dos modos de efetivar esse processo é realizá-lo por mediação ao uso de analogias.

Na literatura relativa à pesquisa em ensino de ciências, encontramos uma grande variedade de definições, terminologias e posicionamentos em torno da conceituação acerca das analogias, do seu uso em atividades didáticas e da avaliação desse uso. Apesar disso, segundo Vosniadou e Ortony (1989), apud Ref. [3], existem aspectos comuns nas definições, no sentido de que todas elas afirmam que o raciocínio analógico envolve a transferência de informações que se relacionam de um domínio presente na memória para outro a ser explicado. Nesse sentido, entendemos que uma analogia é uma comparação entre conceitos/fenômenos/assuntos desconhecidos ou pouco conhecidos que mantêm relações de correspondência com outras situações mais familiares e conhecidas para o aprendiz.

Quanto às terminologias, temos utilizado, em nossos estudos, o termo *alvo* para nos referir ao conceito, fenômeno ou assunto a ser compreendido, o termo *análogo* para o conceito, fenômeno ou assunto conhecido e familiar ao aprendiz e o termo *relações analógicas* para fazer referência às correspondências entre alvo e análogo.

Frequentemente, na literatura da área, encontramos indicações para a utilização de analogias no ensino de conceitos denominados *abstratos*. No entanto, entendemos que este é um termo difícil de ser definido, sendo, no cotidiano, usualmente confundido com algo difícil ou complexo. Além disso, em geral, a classificação de um conceito como *abstrato* ou *concreto* depende fundamentalmente de quem o interpreta/estuda. Em função das dificuldades decorrentes da utilização dos termos *abstrato* e *concreto*, temos preferido a classificação alternativa de Lawson [4], para o qual, existem dois tipos de conceitos: os *teóricos*, ou seja, aqueles conceitos que não possuem exemplares perceptíveis no ambiente – por exemplo, os conceitos de *gene*, *quark*, *átomo* – e os *descritivos*, aqueles que possuem exemplares perceptíveis no ambiente. Para o ensino dos conceitos *teóricos*, esse autor sugere a possibilidade de utilização de analogias como recurso didático.

As pesquisas sobre a temática “analogias no ensino de ciências” encontradas na literatura referem-se, em geral, à utilização de analogias em materiais didáticos [5-9] e à utilização de analogias em sala de aula [10-16]. Estas pesquisas indicam que, apesar de ser comum a utilização de analogias, tanto em materiais didáticos quanto espontaneamente por professores em sala de aula, há pouca preocupação nessa utilização, visto que, em geral, não há o emprego intencional de nenhum modelo de ensino com o uso de analogias.

Outro conjunto de pesquisas encontrado na literatura da área defende como estratégia alternativa ao uso de analogias trazidas pelo professor ou livro didático, a produção de analogias pelos próprios alunos [17-21].

Cosgrove [22] relata um estudo realizado com 30 meninos de 14 anos de idade que tinham aulas com seu professor regular e eram observados pelo pesquisador. Em um momento da aula, um dos alunos gerou uma analogia para explicar a conservação da corrente em um circuito elétrico e, nas aulas seguintes, a analogia foi explorada pela turma. Pelo estudo realizado, o autor concluiu que o processo de gerar e explorar analogias é uma importante alternativa para promoção de autonomia e auto-estima dos estudantes.

O estudo de Kaufman et al [23] envolveu 15 sujeitos, entre novatos e especialistas da área de medicina, os quais foram solicitados a responder questionários sobre conceitos de fisiologia cardiovascular e, em suas respostas, utilizaram analogias geradas por eles mesmos. Os resultados mostram que a frequência de utilização de analogias, o propósito em seu uso e a origem do análogo utilizado, difere significativamente entre especialistas e novatos. Os novatos utilizam analogias com mais frequência que os especialistas, com o propósito de dar sentido aos conceitos desconhecidos, mediante comparação com análogos extraídos do mundo físico; já os especialistas, quando utilizam analogias, têm como intenção esclarecer uma explicação feita previamente, utilizando análogos extraídos do próprio campo da medicina.

Pittman [24], por sua vez, desenvolveu um estudo em aulas de ciências durante três anos, tendo como sujeitos 189 alunos de oitavo ano. Os alunos passavam pelo ensino do tópico “síntese de proteínas”, sendo que um dos recursos utilizado pelo professor era a analogia. Depois disso, os alunos eram solicitados a elaborar suas próprias analogias. O pesquisador conclui que as analogias geradas pelos estudantes são ferramentas mais eficazes de avaliação do que exames tradicionais como os de múltipla escolha, por exemplo.

Mais recentemente, outras pesquisas tiveram como foco a produção de analogias por alunos. Fabião e Duarte [25] investigaram as dificuldades sentidas por 18 alunos de um curso de formação de professores na produção de analogias utilizadas na explicação do tema “equilíbrio químico”. Para esses autores, a análise das analogias geradas evidenciou várias dificuldades tanto na seleção de um análogo, quanto nas correspondências estabelecidas.

Mendonça et al relatam um estudo com alunos de ensino médio, sobre o tópico “ligação química”. As autoras constataam, dentre outros aspectos, que é “importante os alunos criarem suas próprias analogias, pois isso favorece o desenvolvimento de competências e habilidades como, por exemplo, a criatividade, a análise crítica e o estabelecimento de relações coerentes entre dois domínios distintos” [26].

Em outras pesquisas encontradas na literatura, as quais não tratam especificamente de produção de analogias pelos alunos, alguns pesquisadores também defendem esse recurso. Clement [27] relata um estudo desenvolvido com solucionadores de problemas especialistas (*experienced problem solvers*) cujo objetivo era compreender como eles utilizam ou criam analogias para resolver problemas. Neste artigo, o autor enfatiza o potencial criador do trabalho com analogias e defende seu uso no ensino de ciências, já que este parece ser um procedimento muito comum na produção científica. Thagard [28] analisa o que é uma boa e uma má analogia e recomenda, como uma de suas sugestões para superação de impedimentos para uso efetivo de analogias, que os estudantes gerem as analogias por eles mesmos.

Uma das preocupações de alguns autores [29-30] é a de que muitas vezes o análogo utilizado pelo professor ou livro didático não seja conhecido por todos os alunos. As pesquisas sobre atividades com produção de analogias pelos alunos apontam que essa é uma das vantagens em sua utilização, pois o análogo é criado pelo próprio aprendiz e, portanto, é uma situação familiar para ele. Outra vantagem apontada por essas pesquisas é que as analogias geradas pelos estudantes podem ser uma ferramenta para ajudar o professor a identificar concepções dos estudantes que não são compatíveis com as concepções científicas [31].

No entanto, é importante ressaltar que a produção de análogos com a intenção explícita de construção de conhecimento não é algo “dado”, mas sim o resultado de um “caminho” a ser construído e trilhado pelos alunos. E, portanto, depende, no nosso entendimento, de uma programação clara por parte do professor.

Em síntese, parece haver uma aceitação, por parte dos pesquisadores, em relação ao potencial didático da utilização de analogias produzidas pelos alunos como recurso para aprendizagem. No entanto, ainda são poucas as pesquisas que tratam da utilização desse recurso como estratégia de avaliação da aprendizagem em aulas de física.

Neste sentido, propusemos este estudo de forma a contribuir para o estabelecimento de possibilidades de utilização de analogias produzidas pelos alunos, como parte de uma estratégia de avaliação de aprendizagem conceitual. Mais especificamente, buscamos, neste trabalho, responder o seguinte problema de pesquisa: Que possibilidades se apresentam para a utilização de analogias produzidas pelos alunos como base de uma estratégia de avaliação da compreensão do conceito de energia interna em aulas de física?

Para responder esse problema central, formulamos as seguintes questões de pesquisa: (1) Em que medida os objetos, situações ou processos apresentados por alunos são adequados como possíveis análogos para uma explicação do conceito aprendido? (2) Que relações de correspondência entre o análogo criado e o alvo estudado, os alunos conseguiram formular, e qual a per-

tinência dessas correspondências, do ponto de vista físico? (3) Que elementos relevantes não correspondentes entre o análogo criado e o alvo estudado, os alunos conseguiram apontar? (4) Quais concepções alternativas são percebidas, na exploração das analogias pelos alunos?

3. Metodologia do trabalho

Nesta seção, apresentamos, inicialmente, uma caracterização da *Atividade Didática baseada na Produção de Analogias pelos Estudantes* elaborada e das turmas nas quais essa atividade foi implementada. Depois, apresentamos as formas pelas quais as informações foram coletadas e analisadas para responder as questões de pesquisa propostas.

3.1. Caracterização das turmas e da atividade didática

A investigação que está sendo aqui relatada foi realizada junto a aulas de física, em duas turmas de 2ª série do ensino médio, onde tratou-se do tópico conceitual “termodinâmica”. Esta escolha se deu devido ao fato de um dos autores estar realizando estágio nesta série do ensino médio, no âmbito de seu curso de licenciatura em física, e ser o próprio implementador da atividade em análise. Como o desenvolvimento desse estágio foi acompanhado pela professora regente da turma, (denominada aqui de *professora tutora*), havia também um interesse dela em implementar algumas das atividades planejadas pela estagiária e discutidas por ambas (estagiária e tutora). Dessa forma, a atividade foi implementada tanto na turma da estagiária (que denominamos aqui de turma A) como em uma das turmas da professora tutora (denominada aqui de turma B).

Para atingir os propósitos da pesquisa, foi preciso, primeiro, elaborar um roteiro de atividade que incorporasse a produção de analogias pelos alunos como recurso didático principal. Para tanto, fizemos um levantamento de modelos de atividades dessa natureza e compomos, a partir de modificações e adaptações do roteiro adotado como referência [32], nosso próprio roteiro de *Atividade Didática baseada na Produção de Analogias pelos Estudantes* (ver Apêndice 1). As modificações e adaptações foram necessárias para adequar o roteiro aos interesses dessa pesquisa e à terminologia que já vinha sendo utilizada com os estudantes em nossas atividades.

Esta atividade didática foi inserida em um planejamento mais abrangente, denominado aqui de *módulo didático*, que foi utilizado nas aulas ministradas por uma estagiária (turma A) e pela professora tutora dessa estagiária (turma B). A atividade foi organizada com o objetivo de avaliar, mediante a produção de analogias pelos alunos, a compreensão do conceito de energia interna de um gás confinado em um sistema.

Em ambas as turmas (A e B), a atividade foi realizada em duplas. No total, participaram da atividade 50 alunos, sendo 26 da turma A e 24 da turma B. Portanto, a amostra total dessa pesquisa envolveu 25 analogias criadas pelos alunos. Na descrição e nos comentários que seguem, deve-se lembrar que, apesar de nos referirmos sempre aos alunos de modo geral, só conseguimos especificar o que cada dupla produziu.

Nas duas turmas, os alunos já haviam trabalhado anteriormente com o recurso didático “analogias”, mediante desenvolvimento das denominadas *Atividades Didáticas baseadas em Analogia*, as quais foram produzidas utilizando como referência o modelo *teaching with analogies* (TWA). Esse modelo foi proposto por Glynn [33], modificado por Harison e Treagust [34] e é composto por seis passos: 1) Introduzir a ‘situação alvo’ a ser aprendida; 2) Introduzir a ‘situação análoga’ a ser utilizada; 3) Identificar as características relevantes do ‘análogo’; 4) Mapear as semelhanças entre o ‘análogo’ e o ‘alvo’; 5) Identificar os limites de validade da analogia; 6) Extrair conclusões sobre a ‘situação alvo’.

Na turma A, a professora já havia implementado duas atividades desse tipo (*Atividades Didáticas baseadas em Analogia*) e na turma B uma atividade, as quais tratavam também de assuntos/conceitos do tópico conceitual “termodinâmica”. Nessas atividades didáticas que já haviam sido implementadas, foram as professoras que apresentaram/forneceram o análogo (seguindo sugestões do modelo TWA, adotado como referência). Já os estudantes se envolveram com as tarefas de estabelecimento de relações analógicas entre o conceito alvo e o análogo, estabelecimento de limites de validade da analogia e elaboração de conclusões sobre o conceito alvo.

Cabe lembrar ainda que, anteriormente ao desenvolvimento da atividade que está aqui sendo proposta e avaliada (Atividade Didática baseada na Produção de Analogias pelos Estudantes), os alunos já haviam passado por situações onde fora discutido o conceito de temperatura associado ao nível microscópico da matéria, ou seja, associado ao conceito de energia interna. Independente disso, como o primeiro passo do modelo TWA, utilizado como referência na elaboração de nossas atividades baseadas em analogia, prevê a apresentação da situação *alvo* a ser aprendida, apresentamos/retomamos, no início da atividade com produção de analogias pelos alunos, o conceito de energia interna, restringindo-o para o caso de um gás confinado em um sistema e explicando as características principais desta situação. Desse modo, procuramos garantir, no início de cada atividade didática, que todos os alunos estivessem no mesmo patamar de compreensão do conceito estudado.

3.2. Coleta e análise das Informações

Para coleta de informações, utilizamos fontes de informação do tipo *documentos*. Dentro desta catego-

ria, poderíamos caracterizar estes documentos como *já existentes* [35], no sentido de que eles existem como produção resultante do trabalho de implementação da atividade didática em sala de aula, independentemente de haver, ou não, uma preocupação adicional da professora em investigar a utilização do recurso “analogia produzida por alunos”. No entanto, como havia este interesse, tivemos que não só coletar as produções dos alunos como também organizar roteiros de análise deste material.

Assim, os documentos utilizados como fonte de informação para esta pesquisa foram os próprios materiais produzidos pelos alunos durante a realização da atividade didática em análise, com base no roteiro específico para o desenvolvimento da atividade preparada, referentes às analogias criadas/propostas por eles, bem como os registros de observações do desenvolvimento da atividade didática realizados pela própria professora (diários de campo).

A análise destes documentos foi realizada em duas etapas, nas quais buscamos analisar tanto as analogias criadas pelos alunos (as comparações feitas), como a forma pela qual eles apresentaram tais analogias (apresentações analógicas). Para isso, constituímos um conjunto de critérios/categorias de análise, a partir de proposições encontradas na literatura sobre a temática, os quais já são utilizados nos diversos trabalhos realizados por nosso grupo [36-38]. Na Tabela 1 estão detalhados os critérios/categorias utilizados para análise das analogias (comparações), propriamente ditas.

Na segunda etapa, analisamos a maneira como os alunos expressaram suas analogias. Para isso, utilizamos os critérios/categorias referentes à análise de apresentações analógicas, detalhados na Tabela 2.

Devido à natureza das informações coletadas (produções dos alunos e registros da professora) e dos objetivos da análise pretendida, consideramos nossa pesquisa como do tipo qualitativa, visto que concentramos nosso estudo em uma interpretação das produções dos alunos, ou seja, uma análise das analogias propostas e utilizadas por eles. Porém, para a análise pretendida, não descartamos o uso de quantificações, as quais foram utilizadas para avaliar o conjunto das produções dos alunos das turmas A e B, relativamente aos critérios utilizados.

4. Constatações e resultados

Das analogias produzidas pelos alunos, observamos que quase todas elas (20 casos; 80%) possuem um análogo pertinente, do ponto de vista físico. Como critério para essa análise, consideramos pertinentes aqueles análogos que possuem pelo menos duas relações de semelhança com o conceito de energia interna e que não apresentam equívocos conceituais, do ponto de vista físico.

Tabela 1 - Critérios de análise de analogias.

	Critério	Categorias	Descrição
Queiroz	Natureza do análogo	Interno à própria estrutura conceitual da física	O análogo utilizado para compreender um determinado assunto tem origem no próprio domínio científico específico, porém proveniente de outro tópico conceitual
		Externo à estrutura conceitual da física	O análogo utilizado não tem origem no domínio científico específico
Curtis & Reigeluth	Tipo de relação analógica	Estruturais	Quando alvo e análogo compartilham a mesma aparência física geral ou constituição similar
		Funcionais	Quando o alvo e o análogo compartilham funções similares
		Estruturais-Funcionais	Este tipo de relação analógica é uma combinação de relação estrutural e funcional
Condição da analogia*		Abstrata-abstrata	Quando alvo e análogo são de natureza abstrata
		Concreta-abstrata	Quando o análogo é de natureza concreta e o alvo de natureza abstrata

*Para o critério “condição da analogia”, Curtis & Reigeluth apresentam, além das categorias utilizadas neste trabalho, a categoria *concreta-concreta*. Nesse caso o conceito, tanto o fenômeno ou assunto a ser aprendido e quanto o análogo são de natureza *concreta*. Como nosso alvo (energia interna) é classificado como *abstrato* (ou *teórico*, segundo terminologia de Lawson) não utilizamos tal categoria.

Tabela 2 - Critérios de análise de apresentações analógicas.

	Critério	Categorias	Descrição
Curtis & Reigeluth	Formato da apresentação analógica	Verbal	Quando a analogia é explicada apenas por palavras
		Pictórico-verbal	Quando a explicação da analogia é reforçada por uma ou mais figuras do análogo
	Nível de enriquecimento	Simples	Também denominadas apresentações analógicas de 1º nível, apresentam apenas uma pequena semelhança entre alvo e análogo. São usualmente compostas de três partes principais – o alvo, o análogo e um conectivo do tipo “é como” ou “pode ser comparado a”
		Enriquecida	Também denominadas apresentações analógicas de 2º nível, apresentam algumas relações entre o alvo e o análogo
		Estendida	Também denominadas apresentações analógicas de 3º nível, podem ser de duas formas: são utilizados vários análogos para descrever o alvo ou são estabelecidas várias relações entre o alvo e o análogo

A maioria das analogias classificadas dessa forma utilizou como análogo algum lugar onde existem pessoas se movimentando no interior, como locais de festa (boate, balada, salão de festa, show), shopping, academia, estádio ou quadra esportiva, escola, sala de aula, etc. As demais analogias utilizaram como análogo situações tais como: formigueiro, panela com lentilha, corpo humano, etc. Apresentamos alguns exemplos dessas analogias.

Foi feita uma analogia com alunos em sala de aula em dois momentos: no primeiros (sic) os alunos estão sentados, concentrados em uma prova de física. (...) No segundo momento há a ausência de professor em sala de aula, em que ocorre um ‘fuzuê’. Nesse momento o grau de agitação é elevado.

Na saída de um colégio, todas as turmas saem pelo corredor ao mesmo tempo e isso aumenta o movimento de pessoas no corredor igual a (sic) agitação de moléculas que aumentam a temperatura.

um clube fechado tendo um show (...). A visão de fora do clube seria como a caixa (sistema com gás), as pessoas são como os átomos e as moléculas, a música é como as energias que fazem a movimentação dos átomos, quanto mais rápida for, mais as pessoas vão se agitar.

Uma das analogias produzidas (turma B) utilizou como análogo um recipiente com água, considerando que “quanto maior a agitação das moléculas maior a temperatura”; no entanto, aqui observa-se um equívoco, pois este é o próprio conceito a ser explicado, e o que está sendo utilizado é um exemplar (água) e não um análogo para compreender tal conceito.

As demais analogias produzidas (5 casos, todos da turma B), por outro lado, não se mostraram pertinentes, do ponto de vista físico. Todas elas se referiam a um lugar (shopping, sala de aula, ônibus, mercado) que inicialmente estava vazio e com a chegada de pessoas se tornou mais agitado e “mais quente”. Pode-se dizer que essas colocações geram ou são fruto de con-

cepções incorretas do ponto de vista da física e da teoria cinética dos gases. A primeira incoerência ocorre pelo fato de não existir um gás, caso para o qual a atividade foi restringida, sem átomos/moléculas! Como as pessoas foram relacionadas aos átomos/moléculas, fica a idéia de que assim como a sala de aula está vazia de manhã, logo cedo, antes da chegada dos estudantes, um gás também pode, em algum momento, estar “vazio de átomos/moléculas”.

Alguns destes análogos são transcritos abaixo:

De manhã bem cedo quando a sala de aula está vazia ela está fria. Na medida em que os alunos vão chegando e o tempo vai passando, a sala se torna mais quente. Os alunos vão agitando as partículas da sala de aula e assim produzindo energia, por isso a sala se aquece.

Quando entramos no mercado começa a entrar e sair gente, logo no mercado vai estar mais quente devido à movimentação das pessoas...

(...) Quando o elevador chega, ele está frio e sem agitação de moléculas, conforme as pessoas vão entrando o elevador vai ficando cheio, (...) e as moléculas vão se agitando e aumenta a energia interna do elevador

Nos trechos acima percebemos que não há o estabelecimento de relações entre os átomos/moléculas num recipiente (alvo) com o conjunto de pessoas que está entrando na sala de aula, no mercado ou no elevador (análogo), mas há uma confusão entre os átomos/moléculas do gás *na* sala, *no* mercado ou *no* elevador com as pessoas que lá estão. Para tornar a analogia adequada, seria necessário desconsiderar o gás *na* sala, mercado ou elevador e imaginar as duas situações separadamente.

Uma das relações que poderia ser estabelecida nestes casos é que o início da aula ou abertura do mercado ou chegada do elevador permite entrada de pessoas em seu interior, assim como uma abertura permite entrada de partículas num sistema onde inicialmente se fez vácuo. No último exemplo, podemos perceber, ainda, que os alunos têm a concepção de que quando um ambiente está “frio”, com temperatura baixa, as moléculas estão paradas, o que não é verdade para o modelo cinético dos gases.

Em relação aos limites de validade das analogias, a maioria dos alunos indicou como aspecto de não correspondência o tamanho entre átomos de um gás e o tamanho de pessoas, grãos de lentilha, formigas, etc. Outros indicaram também que os elementos de seus análogos, como pessoas e alunos, “não se chocam o tempo todo”, ou que “formigas não se chocam com as paredes”.

Da análise realizada a partir dos critérios escolhidos, constatamos que todos os análogos utilizados nas

analogias criadas pelos alunos são *externos ao domínio da física*, ou seja, são análogos com origem no cotidiano desses alunos, em situações que eles vivenciam e experimentam em suas vidas (Fig. 1). Essa constatação é bastante diferente da que obtivemos quando analisamos, por exemplo, livros didáticos de física [39], nos quais as analogias apresentadas pelos autores, em geral, utilizam análogos internos à estrutura conceitual da física.



Figura 1 - Gráfico indicativo da distribuição das analogias quanto à natureza do análogo.

Além disso, conforme a Fig. 2, a maioria dos análogos utilizados pelos alunos (96%) é de *natureza concreta*, ou como temos preferido, segundo a terminologia de Lawson [40], são *descritivos*, isto é, são situações que possuem exemplares perceptíveis no ambiente. Isso confirma a noção de que quando queremos aprender um conceito, fenômeno ou assunto desconhecido ou, como nesse caso, explicá-lo para alguém que o desconhece, utilizamos situações familiares e exemplares perceptíveis que se relacionam – são análogos – ao que estamos estudando/explicando.



Figura 2 - Gráfico indicativo da distribuição das analogias quanto à condição da analogia.

Quanto ao tipo de relação analógica, constatamos que a maioria das analogias (88%) são *estruturais*, ou seja, o análogo utilizado pelos alunos compartilha a mesma aparência física geral do alvo ou tem constituição similar ao alvo, conforme gráfico indicativo da Fig. 3.

Isso pode ser explicado pelo fato de que, comumente, os alunos veem figuras com representações da situação alvo (energia interna de um gás confinado em um sistema) nos livros didáticos, o que dá uma ideia geral da estrutura dessa situação; além disso, também consideramos que as analogias em que alvo e análogo compartilham uma função similar são mais elaboradas

e complexas, o que justifica a produção de analogias do tipo estruturais pelos estudantes.



Figura 3 - Gráfico indicativo da distribuição das analogias quanto ao tipo de relação analógica.

Na turma A, em que não foi dada instrução para elaboração de figuras do análogo, os alunos não utilizaram espontaneamente nenhum tipo de representação em forma de figuras (56% de *apresentações analógicas verbais*, conforme gráfico da Fig. 4).



Figura 4 - Gráfico indicativo da distribuição das apresentações analógicas quanto ao seu formato.

Os desenhos/figuras auxiliam na exploração da analogia, no sentido de que possibilitam uma visualização mais direta da situação alvo, da situação análoga e das relações de correspondência entre ambas as situações. O fato de os estudantes não terem utilizado desenhos/figuras indica, portanto, que eles não conseguiram fazer uma representação das situações alvo e análoga ou, ainda, que eles não sentiram necessidade de utilizar esse recurso para explicar sua analogia.

Já na implementação da atividade na turma B, inserimos uma questão no roteiro a qual solicitava que os alunos fizessem um esboço, desenho ou representação de sua analogia. Nesse caso, os alunos foram solicitados explicitamente a utilizarem uma figura do análogo, o que enriqueceu suas analogias. Essas analogias, com exceção de uma delas em que nenhuma figura foi utilizada, foram classificadas, portanto, como pictórico-verbais (44%). Da análise destas figuras, percebemos que algumas delas não são uma “boa” figura/representação da analogia, no sentido de que não representam aqueles aspectos do análogo que são correspondentes ao alvo.

Em relação às correspondências entre alvo e análogo, apesar de haver uma solicitação na atividade para que elas fossem estabelecidas (item 2 do roteiro), nos surpreende a porcentagem de alunos (36%, 9 alunos, sendo 8 da turma B) que não incluiu em suas apre-

sentações essas relações analógicas, ou seja, que teve dificuldades nessa tarefa, conforme gráfico da Fig. 5. Alguns alunos chegaram a citar elementos de seu análogo (pessoas, movimento das pessoas, etc.), mas não estabeleceram correspondência desses elementos com o conceito de energia interna. Isso demonstra claramente uma dificuldade na exploração das analogias produzidas por eles. Nas apresentações em que esta tarefa foi cumprida (64% de *apresentações enriquecidas*) a maioria das correspondências estabelecidas entre os elementos do conceito de energia interna e os elementos do análogo utilizado refere-se aos *átomos*, relacionados com pessoas, grãos de lentilha, formigas, alunos, etc.; *sistema com gás*, relacionado com boate, balada, escola, ônibus, formigueiro, sala de aula, etc.; *movimento dos átomos*, relacionado ao movimento dos elementos que foram comparados aos átomos; *fornecimento de energia, na forma de calor*, relacionado ao tipo de música que toca na festa, ao horário de recreio na escola, à troca de período (aula) na escola, etc.



Figura 5 - Gráfico indicativo da distribuição das apresentações analógicas quanto ao nível de enriquecimento.

É importante notar que nenhum aluno utilizou em sua produção mais de um análogo para explicar o conceito de energia interna (0% de apresentações estendidas).

A maior parte dos alunos indicou que a grande dificuldade sentida na elaboração da atividade desenvolvida foi encontrar alguma situação análoga a uma situação física (sistema com gás) onde o conceito de energia interna poderia ser utilizado. Mas, do nosso ponto de vista, as maiores dificuldades dos alunos se referem à exploração dessas analogias, no estabelecimento de correspondências e de não-correspondências entre alvo e análogo.

Percebemos, então, que a grande maioria dos alunos conseguiu indicar um análogo que tem potencial de relações a serem estabelecidas com situações físicas onde o conceito de energia interna pode ser aplicado, mas muitos não conseguiram estabelecer e verbalizar claramente tais relações, nem explorar devidamente suas analogias.

5. Considerações finais

Pelos resultados obtidos, podemos afirmar que a produção de analogias pelos alunos é uma boa es-

tratégia de avaliação, tanto da compreensão do conceito envolvido na atividade, quanto do *procedimento de pensar mediante analogias* (raciocínio analógico). Tendo em vista a importância de inserir nos currículos escolares atuais não só conceitos, mas também procedimentos e atitudes como conteúdos de ensino, torna-se necessário a organização de instrumentos de avaliação também para as aprendizagens de tipo procedimental e atitudinal. Acreditamos que a metodologia utilizada nessa intervenção didática também pode ser utilizada como parte de uma estratégia de avaliação do procedimento de pensar mediante analogias. O papel da produção estimulada de analogias como instrumento de avaliação desta aprendizagem ficou evidenciado tanto nas apresentações analógicas em que encontramos certa confusão entre alvo e análogo, como naquelas em que não houve estabelecimento de relações entre alvo e análogo. Quase todas essas apresentações foram produzidas pelos alunos da turma B, os quais haviam trabalhado, anteriormente, com apenas uma Atividade Didática baseada em Analogias. Portanto, parece que ainda não tinham clareza de como trabalhar com analogias, como explorá-las no sentido de ter uma ferramenta (instrumento de pensamento) para o entendimento de conceitos *teóricos* (abstratos). Esse parece ter sido o motivo principal das dificuldades que eles tiveram nessa tarefa.

Assim, consideramos possível o uso deste recurso como estratégia de avaliação em aulas de física desde que os alunos já tenham trabalhado, anteriormente, com analogias fornecidas pelo professor e tenham compreendido o motivo de seu uso e sua importância para o aprendizado. É importante também que eles tenham compreendido que as analogias são apenas parte do processo para entender conceitos, fenômenos e assuntos, e não uma finalidade em si mesma. O não entendimento

disso pode dificultar tanto o desenvolvimento de uma atividade com uso de analogias fornecidas pelo professor, como o de uma atividade em que o aluno é solicitado a criar sua própria analogia, como no caso aqui investigado.

Reafirmamos, também, alguns dos resultados de Pittman [41], pois percebemos que a utilização das analogias produzidas pelos estudantes se mostrou mais adequada como estratégia de avaliação de sua aprendizagem do que a aplicação de provas “tradicionais”. O processo tradicional costuma dar apenas indicadores da memorização realizada e não de uma aprendizagem mais significativa dos estudantes. De outra forma, mediante a análise das analogias produzidas por eles, pudemos perceber melhor, mais claramente, como o conceito estudado se relacionou com o que os alunos já conheciam. Porém, ressaltamos que, para que isso aconteça, o professor deve dar um retorno aos alunos da análise das analogias criadas. Em nosso caso, por exemplo, aquelas analogias que apresentaram problemas foram discutidas com os estudantes, as inadequações ou inconsistências foram indicadas e “esclarecidas” para desfazer as “confusões” e os “equivocos” percebidos pelas professoras.

Por fim, apesar das indicações positivas da análise da intervenção didática realizada, consideramos necessário o aprofundamento desse tipo de estudo, no sentido de não só diversificar os assuntos tratados mediante a estratégia aqui analisada, mas também de acompanhar a evolução de turmas de estudantes em que o uso de analogias como recurso didático se faça mais frequente. Além disso, em relação ao roteiro utilizado, já percebemos a necessidade/possibilidade de sua reformulação, de modo a incluir outras duas questões: uma para solicitar um melhor detalhamento de como os alunos utilizariam sua analogia e outra para solicitar uma análise crítica de suas próprias analogias (Apêndice 2).

Apêndice 1

Atividade didática baseada na produção de analogias pelos estudantes.

Roteiro adaptado e utilizado em nossa pesquisa	Roteiro proposto por Mendonça et al (2006)
<p>Imagine que um colega seu faltou à aula de física onde foi estudado o conceito de Energia Interna. Você, então, se propõe a estudar com ele e a lhe explicar esse conceito. Durante o estudo, seu colega sente dificuldades e não consegue entender o conceito. Você, agora, tem o desafio de ajudá-lo a superar essas dificuldades.</p> <p>Elabore uma analogia para ajudar esse colega a entender o conceito de “energia interna”.</p> <p>Explique, com maior detalhamento possível, como você usaria essa analogia nesta explicação. Identifique as relações entre o análogo que você utilizou (conhecimento familiar) e o conceito de energia interna (conhecimento não-familiar).</p> <p>Quais aspectos importantes do conceito de energia interna não encontram correspondência no análogo utilizado na analogia que você criou (limites da analogia)?</p> <p>Que dificuldades você sentiu na execução dessa tarefa?</p>	<p>Suponha que sua turma vai fazer uma avaliação sobre “ligação química”. Para estudar, os alunos se organizam em grupos de estudo. Em seu grupo, alguns colegas apresentam dificuldades para entender o assunto. Elaborem uma analogia que poderia ajudá-los a entender como uma ligação química acontece.</p> <p>Expliquem detalhadamente como vocês usariam essa analogia para explicar para seus colegas como uma ligação química acontece.</p> <p>Vocês acham que a analogia que vocês criaram é uma boa analogia? Por quê?</p> <p>Que aspectos sua analogia dá conta de explicar?</p> <p>Que aspectos sua analogia não dá conta de explicar?</p> <p>Assinalem a opção que melhor representa o que vocês sentiram ao responder esse questionário e completem a frase assinalada.</p> <p>() Achamos muito difícil responder as questões porque _____</p> <p>() Inicialmente achamos difícil elaborar a analogia, mas depois gostamos de ter respondido o questionário porque _____</p> <p>() Achamos difícil elaborar a analogia, mas achamos que seria interessante conseguir pensar em termos de uma analogia porque _____</p> <p>() Não tivemos dificuldades em responder as questões porque _____</p>

Apêndice 2

Roteiro modificado

Atividade didática baseada na produção de analogias pelos alunos

Imagine que um colega seu faltou à aula de física onde foi estudado o conceito de Energia Interna. Você, então, se propõe a estudar com ele e a lhe explicar esse conceito. Durante o estudo, seu colega sente dificuldades e não consegue entender o conceito. Você, agora, tem o desafio de ajudá-lo a superar essas dificuldades.

1. Elabore uma analogia para ajudar seu colega a entender o conceito de “energia interna”.
2. Explique, com maior detalhamento possível, como você usaria essa analogia nesta explicação.
3. Identifique as relações entre o análogo que você utilizou (conhecimento familiar) e o conceito de energia interna (conhecimento não-familiar).
4. Quais aspectos importantes do conceito de energia interna não encontram correspondência no análogo utilizado na analogia que você criou (limites da analogia)?
5. Que dificuldades você sentiu na execução dessa tarefa?
6. Agora que você terminou a tarefa, o que você pode dizer sobre a analogia criada? Você considera que ela é uma boa analogia? Justifique.

Referências

- [1] C. Coll, J.I. Pozo, B. Saraiba e E. Valls, *Os Conteúdos na Reforma: Ensino e Aprendizagem de Conceitos, Procedimentos e Atitudes* (Artes Médicas, Porto Alegre, 2000).
- [2] Kim M. Pittman, *Journal of Research in Science Teaching* **36**, 1 (1999).
- [3] Luís S. Fabião y Maria da C. Duarte, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **4**, 1 (2005).
- [4] Anton E. Lawson, *Journal of Research in Science Teaching* **30**, 1291 (1993).
- [5] Ruth V. Curtis and Charles M. Reigeluth, *Instructional Science* **13**, 99 (1984).
- [6] Shawn M. Glynn and Tomone Takahashi, *Journal of Research in Science Teaching* **35**, 1129 (1989).
- [7] I.G. Monteiro e R.S. Justi, *Investigações em Ensino de Ciências* **5**, 2 (2000).
- [8] E.A. Terrazzan, N.L. Pimentel, L.L. da Silva, R. Buske e M.A.L. Amorin, in *Anais do VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Educación científica para la ciudadanía*, Granada, 2005.
- [9] L.B. Zambon, I. Piccini e E.A. Terrazzan, in *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, 2009.
- [10] Shawn M. Glynn; Tomone Takahashi, op. cit.
- [11] Reinders Duit, *Science Education* **75**, 649 (1991).
- [12] Antonio Cachapuz, *Revista Portuguesa de Educação* **2**, 117 (1989).
- [13] D.F. Ferraz e E.A. Terrazzan, *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências* **4**, 213 (2002).
- [14] Maria Del M. Aragón, Manuel Bonat, José Maria Oliva y Joaquín Mateo, *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales* **22**, 199 (1999).
- [15] Anton E. Lawson, op. cit.
- [16] R.L. Nagem, D.O. Carvalhaes e J.A.Y. Dias, *Revista Portuguesa de Educação* **2**, 197 (2001).
- [17] Mark Cosgrove, *International Journal of Science Education* **17**, 295 (1995).
- [18] Kim M. Pittman, op. cit.
- [19] David R. Kaufman, Vilma L. Patel and Sheldon A. Magder, *International Journal of Science Education* **18**, 369 (1996).
- [20] Luís Samuel Fabião e Maria da Conceição Duarte, op. cit.
- [21] P.C. Mendonça; R.S. Justi e M.M. Oliveira, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **6**, 22 (2006).
- [22] Mark Cosgrove, op. cit.
- [23] David R. Kaufman, Vilma L. Patel e Sheldon A. Magder, op. cit.
- [24] Kim M. Pittman, op. cit.
- [25] Luís Samuel Fabião e Maria da Conceição Duarte, op. cit.
- [26] P.C. Mendonça, R.S. Justi e M.M. Oliveira, op. cit. p. 11.
- [27] J. Clement, *Cognitive Science* **12** 563 (1988).
- [28] Paul Thagard, *Journal of Research in Science Teaching* **29**, 537 (1992).
- [29] L.L. da Silva e E.A. Terrazzan, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **26**, 145 (2009).
- [30] Reinders Duit, op. cit.
- [31] Kim M. Pittman, op. cit. p. 19.
- [32] P.C. Mendonça, R.S. Justi e M.M. Oliveira, op. cit.
- [33] Shawn M. Glynn e Tomone Takahashi op. cit.
- [34] Alan G. Harrison and David F. Treagust, *Journal of Research in Science Teaching* **30**, 1291 (1993).
- [35] Colin Lankshear e Michele Knobel, *Pesquisa Pedagógica: Do Projeto À Implementação* (Artmed, Porto Alegre, 2008).
- [36] Ruth V. Curtis and Charles M. Reigeluth, op. cit.
- [37] Anton E. Lawson, op. cit.
- [38] Glória R.P.C. Queiroz, *Professores Artistas-Reflexivos de Física no Ensino Médio*. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.
- [39] L.B. Zambon, I. Piccini e E.A. Terrazzan, op. cit.
- [40] Anton E. Lawson, op. cit.
- [41] Kim M. Pittman, op. cit.