

# ANALOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA: ALGUNS EXEMPLOS EM MECÂNICA

## ANALOGIES IN PHYSICS TACHING: SOME MECHANICS EXAMPLES

FERNANDA C. BOZELLI<sup>1</sup>  
ROBERTO NARDI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências – Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências - UNESP Câmpus de Bauru. Apoio: FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo [ferboz@fc.unesp.br]

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências - Professor Assistente Doutor - Departamento de Educação – Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência - Faculdade de Ciências - UNESP - Campus de Bauru [nardi@fc.unesp.br] Apoio: CNPq

### RESUMO

A literatura em Educação em Ciências mostra que as analogias são apontadas por pesquisadores como estratégias didáticas fundamentais no ensino e na aprendizagem de temas complexos pela possibilidade que elas oferecem de construir, ilustrar ou compreender um domínio científico (alvo) a partir de um domínio familiar (análogo) com base na exploração de atributos/relações comuns e não comuns de ambos os domínios. Esta comunicação mostra algumas conclusões de um estudo, que acompanhou as aulas de física básica ministradas durante um semestre num curso de licenciatura em Física, procurando mapear e, posteriormente, analisar as analogias utilizadas pelo docente e seus alunos durante as aulas.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Analogias e Metáforas, Ensino Superior de Física.

### ABSTRACT

Metaphors and analogies are pointed by Science Education researchers as fundamental didactical strategies in the complex subjects teaching and learning processes for the possibility that they offer to build, illustrate or understanding a scientific domain (objective) starting from a familiar domain (similar) based in the exploration of common attribute/relationship and no common of both domains. We report here some outcomes of a broader study, which observed undergraduate basic physics classes taught during a semester in a course designed to future High School Physics teachers in order to map and, afterwards, to analyze analogies used by professors and their students in classroom situations.

**Keywords:** Physics Teaching, Analogies and Metaphors, University Physics Teaching.

### INTRODUÇÃO

A literatura mostra que as analogias são apontadas pelos investigadores como estratégias didáticas fundamentais no ensino e na aprendizagem de temas complexos pela possibilidade que elas oferecem de construir, ilustrar ou compreender um domínio científico (alvo) a partir de um domínio familiar (análogo) com base na exploração de atributos/relações comuns e não comuns de ambos os domínios.

Pode-se dizer que pesquisas sobre analogias e metáforas têm se constituído numa promissora linha de investigação na área de Educação em Ciências. Algumas das investigações realizadas destacam os estudos sobre a utilização das analogias e metáforas enquanto recurso didático mediador entre os processos de ensino e de aprendizagem. Duit (1991), ao destacar o papel das analogias e metáforas na aprendizagem de Ciências, realiza extenso levantamento sobre os estudos realizados nos últimos 15 anos que envolvem a utilização das analogias e metáforas. Esses estudos (DUIT, 1991; HARRISSON e TREAGUST, 1993; DAGHER, 1995; GODOY, 2002) têm mostrado que as analogias e metáforas promovem o entendimento do que não é familiar para o que é comumente conhecido, mas ressaltam a importância em estar atento para as limitações das mesmas.

No caso específico da pesquisa em Ensino de Física, muitos pesquisadores têm mostrado interesse no levantamento de fenômenos físicos que podem ser expressamente comparados através do uso das analogias e metáforas (JORGE, 1990).

Descreve-se aqui resultados de um estudo que acompanhou e analisou o uso e as condições de produção de analogias, por um docente de ensino superior e seus alunos, durante as aulas de física básica ministradas durante um semestre num curso de licenciatura em Física de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo. São apresentadas discussões sobre as analogias mapeadas nos episódios de ensino registrados.

## **ANALOGIAS E METÁFORAS NO ENSINO DE FÍSICA**

Historicamente, a analogia tem sido muito utilizada como “recurso heurístico auxiliar no Ensino de Física e das demais Ciências Naturais” (ADÚRIZ-BRAVO e MORALES, 2002, p. 84). Gordillo (2003) ressalta que o uso das metáforas tem chegado a ser um componente essencial na formulação das teorias e até de experimentos em campos centrais da Física. Especificamente, no Ensino de Física, as pesquisas têm indicado, por exemplo, que elas são ferramentas didáticas úteis na comparação de fenômenos (ou conceitos) semelhantes (HERRMANN e SCHMID, 1985; JORGE, 1990; GRANT, 1996; OTERO, 1997).

O aprendizado da Física torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido. O estudo torna-se mais eficaz se a analogia é feita com um fenômeno encontrado na natureza ou de simples realização na sala de aula [...] A comparação entre fenômenos semelhantes contribui para a sedimentação dos conceitos semelhantes e facilita a introdução de conceitos novos (JORGE, 1990, p. 196).

Jorge (1990) enfatiza que a analogia age como um mecanismo que facilita a compreensão de “abstratos”, provocando a visualização dos mesmos. Esse poder de visualização das analogias é observado por Ibrahim Halloun (1996 apud Moreira, 1996) quando o autor aponta que,

[...] a aprendizagem do aluno será tanto mais significativa quanto maior for sua capacidade de modelar. Física é uma ciência de modelos e a modelagem é uma atividade sistemática dos físicos para construir e aplicar o conhecimento científico. Aprender Física implica, então, aprender e jogar o “jogo da modelagem” (MOREIRA, 1996, p. 28)

O Ensino de Física possui várias preocupações, sendo uma delas estabelecer relações entre a teoria (conceitos) e os fenômenos da realidade. Dessa forma, o aprendizado torna-se mais fácil e agradável se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido do aluno, como, por exemplo,

[...] o estudo da queda de uma gota d'água no ar ou da queda de um pára-quedas fica bem mais compreensível ao aluno se explicado após o estudo do movimento de pequenas esferas de aço em uma proveta contendo glicerina. Para o aluno fica mais evidente associar as forças e os movimentos da gota d'água e do pára-quedas (JORGE, 1990, p. 196).

Apesar do conhecimento científico ser um conhecimento distinto do conhecimento do senso comum, este tem grande utilidade para se aceder àquela forma de conhecimento. Assim, analogias e metáforas são utilizadas pelos professores e alunos baseadas no senso comum ou no universo sócio-relacional experimentado, abstrata ou concretamente por eles. Segundo Cunha (1989), os professores compreendem que tudo o que é mais próximo, que é real para o aluno tem maior significado. Exemplifica com a fala de um professor de física: “Antes da conceituação, procuro elementos que concretizem a idéia do fenômeno. Uso os próprios alunos, suas experiências de vida e de trabalho. Parto daí...” (p. 110).

Com isso, as principais contribuições dadas pelas analogias e metáforas ao Ensino de Ciências, portanto, ao Ensino de Física, são os estímulos à criatividade e imaginação dos alunos. Talvez seja por isso o crescente número de pesquisas que apontam para a idéia da aprendizagem ser mediada por tais fenômenos. Otero (1997), em um de seus estudos<sup>1</sup>, analisa o uso da analogia hidráulica para explicar o conceito de corrente elétrica. Uma das conclusões que chega é que

[...] deve-se explorar o significado que para os alunos tem as chaves, resistências e uniões entre condutores, que em geral não é coincidente com o que atribuímos a física. Em um segundo passo devem “negociar-se” os significados do professor e do aluno até que estes sejam compartilhados com a melhor aproximação possível a o que compartilha a comunidade científica (OTERO et al., 1996) (OTERO, 1997, p. 184).

Jorge (1990) destaca o importante papel desempenhado pelas analogias no ensino de Física, uma vez que o professor pode utilizá-las em quase todas as áreas, tornando o seu ensino mais agradável e eficiente. Toma como exemplo o estudo do movimento harmônico simples, que se torna muito mais inteligível se for avaliado sobre a projeção do movimento circular uniforme. De acordo com ele

[...] a analogia entre os dois movimentos serve para reforçar conceitos já introduzidos e assimilados no estudo do movimento circular uniforme e destaca as diferenças entre os dois movimentos dando ainda a oportunidade de introduzir novos conceitos e demonstrações das equações do movimento harmônico simples de uma forma mais natural e atrativa para o aluno (JORGE, 1990, p. 196).

Herrmann e Bruno Schmid (1985) acentuam a potencialidade da aplicação das analogias em contextos e temas diferentes, mas estruturalmente análogos. Pacca e Utges (1999), particularmente discutem em sua pesquisa a questão da transposição didática e a possibilidade da inserção das analogias para se trabalhar um determinado conceito de Física. Gentner & Gentner (1994 apud QUEIROZ et al. 2001) consideram o domínio de eletricidade ideal para se investigar o papel das analogias. Os autores apontam que, além de ser um fenômeno do dia-a-dia, seus mecanismos são essencialmente abstratos. Nos estudos realizados, demonstram que as “analogias têm efeitos conceituais reais, não sendo simples terminologia superficial” (p. 89).

Pacca e Utges (1999) ao estudarem o modelo ondulatório, assinalam que tal fenômeno tem sido pouco difundido no ensino de física. Discorrem que tal situação, talvez, seja por causa da complexidade e do nível de abstração apresentado pelo mesmo. Salientam que, são pouco exploradas as analogias e “situações prototípicas” (p. 02) oferecidas pelos livros didáticos para explicar tal fenômeno. Além disso, ressaltam o problema da linguagem matemática, que

<sup>1</sup> OTERO, M. R. ¿Cómo usar analogías en clases de Física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 2, p. 179-187, ago. 1997.

normalmente utiliza diversas fórmulas, funções de duas variáveis, ou seja, grandezas que, às vezes, estão muito longe da realidade do aluno. Essas autoras reforçam que

[...] ao pretender utilizar analogias para propiciar a aprendizagem de algum conceito científico é fundamental conhecer as representações espontâneas dos estudantes a respeito dele, mas também o modo como eles representam o elemento análogo que pode estar envolvido; esses dois aspectos definirão de que maneira a analogia realmente poderá ser interpretada (PACCA e UTGES, 1999, p. 09).

Baseando-se nas conclusões de vários pesquisadores, Utges (1999) aponta algumas características que se deve considerar ao se propor situações didáticas: a) atenção aos limites da analogia; b) ao se utilizarem analogias múltiplas ou integradas, usar aquela que mais se adequa ao conceito estudado; c) ter conhecimento das idéias prévias dos estudantes, selecionando, assim, as analogias que podem ser assimiladas em suas estruturas de conhecimento, por exemplo, as analogias “âncoras”; d) balancear o nível das representações, não entrando em excesso de detalhes; e) simetria entre domínio fonte e domínio análogo; e f) trabalhar a modelagem analógica com os alunos. A autora assinala que, com relação ao saber docente, as pesquisas voltam-se para compreender: a) quais são as fontes das analogias usadas pelos professores; b) o quanto elas são planejadas ou surgem espontaneamente nas aulas; c) em que momento das aulas elas são introduzidas; d) qual o grau de familiaridade para os docentes e para os alunos das analogias utilizadas; e) se os limites das analogias são ressaltados ou não; e f) valor dado pelos professores às analogias.

Devido à variedade de problemas encontrados no uso das analogias tanto em salas de aula quanto em livros didáticos, Pacca e Utges (1999) propõem um estudo que visa a analisar a potencialidade das analogias como ferramentas didáticas, enfatizando questões que permitam entender em que medida essa figura de linguagem contribui para o conhecimento que se espera; quais poderiam ser frutíferas; e de que forma poderiam ser utilizadas em sala de aula de maneira efetiva. Essas autoras acreditam que

A caracterização sistemática dos modelos espontâneos dos estudantes em relação à noção de onda, com a determinação dos obstáculos e ressonâncias que esses modelos apresentam em relação ao modelo científico permitirá a análise da potencialidade de distintas situações para promover, através do raciocínio analógico, a construção do modelo científico de onda (PACCA e UTGES, 1999, p. 02).

Contracenando com a idéia de melhoramento na utilização de tais figuras de linguagem, um meio possível de contribuir para o desenvolvimento educacional consiste no uso adequado de tal linguagem podendo ser processado partindo do simples para o complexo, do conhecido para o desconhecido. O emprego de analogias e metáforas nas explicações físicas proporciona um trânsito entre o conhecimento existente dos alunos e o conteúdo científico apresentado pelo professor. Segundo Villani (1984),

a utilização dos fenômenos físicos familiares torna a Física não somente uma cultura viva, mas também uma cultura útil: este aspecto é particularmente importante para o ensino de segundo grau, que constitui para a maioria dos estudantes o último (às vezes único) contato com o Ensino de Física (VILLANI, 1984, p. 88).

Segundo este autor “[...] o que acontece muitas vezes é que o próprio contexto escolar afasta a Física do universo significante dos alunos (p. 79)”. Uma forma de tornar os conceitos mais significativos para os alunos talvez seja

a modificação nos métodos de ensino utilizados, para torná-los mais agradáveis ou mais estimulantes e a modificação nos exemplos introduzidos, tornando-os mais ligados à experiência diária do aluno, visam fundamentalmente motivar os alunos para que estudem mais e aprendam mais facilmente o conteúdo apresentado (VILLANI, 1984, p. 82).

De acordo com alguns autores (McDermott et al., 1987; Golderg y Bendall, 1995 apud FERREYRA y GONZÁLEZ, 2000), as matérias iniciais não permitem “um entendimento conceitual satisfatório da física básica, já que se registram dificuldades em conectar diversas representações como gráficos, diagramas e equações, conceitos básicos e princípios, com fenômenos do mundo real” (p. 193-194).

## **A PESQUISA: INSTRUMENTOS E ANÁLISE DE DADOS**

Acompanhou-se durante um semestre letivo, no período de setembro a novembro do ano de 2003, as aulas de uma disciplina de Física Geral de um Curso de Licenciatura em Física de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo. Para a seleção da disciplina, pensamos em alguns critérios, tais como:

- a aula a ser observada deveria ser de Física no Ensino Superior, pois a maioria dos trabalhos de pesquisa nesse tema, ou seja, analogias e metáforas no ensino de Física, têm sido realizados no ensino de nível médio;

- a disciplina ministrada deveria englobar a temática relacionada à Mecânica, pois a maioria dos trabalhos nesta área é realizada com temáticas como eletricidade, hidrostática, óptica, ondas;

- a escolha do período decorreu pelo fato da constituição dos dados da pesquisa estar programada para o segundo semestre do ano de 2003.

Nesta disciplina, estavam matriculados cerca de 40 licenciandos pertencentes à turma ingressante no ano de 2003. Os assuntos abordados durante o semestre referiam-se à Mecânica. Os tópicos tratados foram, na seqüência, os seguintes: Impulso e Momento Linear; Colisões; Rotações, Rolamento, Torque e Quantidade de Movimento Angular; Equilíbrio; Oscilações e Gravitação.

No período de setembro a novembro do ano de 2003, com o auxílio de gravações em áudio e em vídeo, foram observadas um total de 36 aulas. Desse total, foram excluídas as aulas utilizadas para avaliação. Os dados foram registrados com o consentimento dos participantes, que ficaram cientes que as gravações seriam utilizadas apenas para fins de pesquisa. Foi garantida a preservação da identidade de todos em caso de publicação dos resultados da pesquisa. Docente e alunos não souberam das particularidades da pesquisa, ou seja, que o estudo em andamento era sobre o uso de analogias e metáforas em sala de aula. Todas as gravações foram cuidadosamente analisadas, transcrevendo-se todos os episódios ocorridos durante aquele semestre.

Reproduzimos e interpretamos aqui episódios de ensino nos quais observa-se a formulação e utilização das analogias e metáforas, tanto por parte do professor como de alguns dos alunos. O primeiro episódio foi retirado de uma das aulas, cujo tema foi “Rotação”; o segundo foi extraído da aula que teve como assunto “Rolamento, Torque e Quantidade de Movimento Angular”. O terceiro episódio foi retirado da aula que teve como tema “Gravitação” e como foco força gravitacional.

### **Episódio 1:**

Assunto Tratado: Movimento de Rotação

Alvo: Equação do Movimento com Aceleração Linear

## Análogo: Equação do Movimento com Aceleração Angular

**Prof.:** [...] Um dos casos particulares importantes do movimento circular é quando eu tenho a aceleração angular uniforme, ou seja, ela varia até uma quantidade... tá? É o chamado movimento circular uniforme... O movimento circular uniforme, então, o  $\alpha$  é constante... Se eu tenho as equações, pode ser que esse movimento... O movimento retilíneo uniforme, tá? Só que agora vamos ter as grandezas angulares... **Lembram que essas equações aqui é análoga a esta que está aqui...**  $\left[ \left( \omega = \omega_0 + \alpha t \right) \xrightarrow{\text{análoga}} \left( v = v_0 + at \right) \right]$  O movimento circular uniforme é quando o  $\omega$  é constante... é uniformemente variado... ou acelerado... (Episódio referente à aula 1, linhas: 276-283).

Com relação a este trecho, o professor está explicando o conceito de movimento circular uniforme e, no momento em que faz referência às equações desse movimento, estabelece a relação analógica com as equações do movimento retilíneo uniforme: (280-281) “Prof.: [...] Lembram que essas equações aqui é análoga a esta que está aqui...” As equações que o professor se refere são ( $\omega = \omega_0 + \alpha t$ ) e ( $v = v_0 + at$ ). Como domínio alvo, tem a equação do movimento com aceleração angular e, como domínio análogo, a equação do movimento com aceleração linear.

O uso de conceitos científicos como análogo fonte é entendido por alguns autores, como Duit (1991), como sendo arriscados, pois se o conceito utilizado como análogo tiver sido aprendido de forma errônea, o conceito alvo também o será. Além disso, este autor ressalta que áreas de conteúdo científico que são muito similares, quando utilizadas como análogas, podem ser vistas de maneiras distintas pelos alunos. Para Herrmann e Schmid (1985), essa relação pode possuir uma potencialidade quando aplicadas em contextos e temas diferentes, mas estruturalmente análogos.

### **Episódio 2:**

Assunto Tratado: Torque

Alvo: Um objeto qualquer (“batatóide”)

Análogo: Porta

**Prof.:** Se você tem um objeto como esse... Esse famoso batatóide aí de revolução aí, nossa, dos físicos, né? Um objeto qualquer. Se você faz um furinho nesse objeto e passa uma haste metálica aí, atravessando esse objeto... Eu tenho a capacidade de aplicar uma força nesse objeto, tá? queria que você pensasse que tipo de força vai produzir uma rotação mais efetiva nesse objeto, ou seja, uma velocidade angular maior, tá?, se seria uma força  $F_1$ , por exemplo, nessa direção, tá?, se seria uma força  $F_2$ , se seria uma força  $F_2$  nessa direção aí, todas elas o mesmo módulo, tá? Eu tô tentando desenhar olhando de cima...

**Aluno A<sub>1</sub>:** Vai girar de assim, professor.

**Alunos:** De assim, de assim...

(Risos)

**Aluno A<sub>1</sub>:** Não... assim...

**Prof.:** Olhando de cima, essa força aí seria o seguinte... o eixo da força  $F_2$ ... o eixo tá, a  $F_2$  tá assim, a  $F_1$  assim, a ... a  $F_3$ ... a  $F_3$  tá pra cima, tá, ou seja, nesse desenho aqui, a  $F_3$  seria saindo pra fora do quadro, tá? A  $F_4$ , se eu deixar essas forças aí, uma dessas forças por vez atuarem, digamos por 10 segundos no objeto. Qual delas você acha que produziria maior velocidade angular no objeto?

**Aluno A<sub>1</sub>:** A força  $F_4$ .

**Alunos:**  $F_2$ ...  $F_4$ ...

**Prof.:** E a  $F_1$ ?

**Aluno A<sub>14</sub>:** A  $F_1$  não roda.

**Prof.:** Por que a  $F_1$  não roda?

**Aluno A<sub>1</sub>:** Porque ela tá... no eixo x... Ela é nula.

**Aluno A<sub>14</sub>:** Porque ela é perpendicular ao eixo.

**Prof.:** Se você enxergar um dos grupos aí, **se você enxergar que esse eixo**, dependendo do jeito de como a força é aplicada, **aquele eixo segura uma parte da ação da força**, tá? Se essa força  $F_1$  puxa pra lá, o eixo, da maneira como ele tá colocado, puxa com uma  $F_1$  também pra cá. Ela tenta esticar...

**Aluno A<sub>5</sub>:** Professor, isso aí é a mesma coisa da porta, né? Essa é a mesma força aqui na porta, né? Se eu fizer uma força aqui na porta (faz o gesto) e puxasse ela.

**Prof.:** A força  $F_3$  é uma força assim, tá? Em relação à porta.

(Vai até a porta e demonstra)

**Prof.:** A força  $F_3$  é uma força assim ó...

**Alunos:** (Risos) ... pra cima.

**Prof.:** A  $F_3$ , tá. O eixo de rotação tá aqui, ó... a  $F_3$  tá no mesmo sentido do eixo de rotação. Ah!...

**Vamos supor que ela tá presa aqui, né?**

**Aluno A<sub>3</sub>:**... a translação da batata, né?

**Prof.:** **Vamos supor que ela (batata) tá presa.** Tá certo? Tá certo? Se não a... o sujeito ia subir, né? Mas ela não gira, tá? Se a porta tivesse solta lá, também, sem os pinos lá atrás, ela... (faz o gesto de subir). Então a  $F_3$  é assim. A  $F_1$ , a  $F_1$  é assim, né? (faz o movimento na porta). Assim, ó... tá? Não produz, não produz rotação, tá? Puxando aqui, ó... (faz o gesto). Essa é a  $F_1$ , não mexe angularmente. Agora a que produz rotação mais fácil...

**Aluno A<sub>3</sub>:** A  $F_2$ .

**Prof.:** Isso... Aquela força que tá assim, ó... que alguns acharam que era a  $F_4$ , tá? **A  $F_4$  tá empurrando uma parte, tá empurrando uma componente da  $F_4$**  é como se tivesse empurrando aqui e outra parte da  $F_4$  é como se tivesse empurrando aqui. **Então, ela gasta uma parte dela nessa componente que empurra pra lá, tá legal?** Então, realmente, aquela que vai produzir, aquela que vai produzir o movimento circular mais efetivo, vai produzir uma maior velocidade angular depois de um tempo que ela atua no objeto, tá? É justamente a  $F_2$ ...

**Aluno A<sub>14</sub>:** Tem que tá no mesmo sentido da... velocidade linear.

**Prof.:** A velocidade angular no começo é zero, quer dizer, não tem direção nem sentido, tá?. Uma coisa importante, uma coisa importante é que ela seja feita justamente perpendicular ao eixo de rotação... Mais importante do que estar perpendicular à velocidade, tá?...

**Aluno A<sub>5</sub>:** Professor!

**Prof.:** Oi!

**Aluno A<sub>5</sub>:** Por que quanto mais perto a força tiver do eixo, mais difícil é a... fazer ela rotacionar?

**Prof.:** Você já tentou, se já tentou **balançar uma criança numa gangorra** sem você tá sentado nela? Só com a força do seu braço. Já levou um sobrinho seu, seu irmão... mais ou menos a mesma coisa, tá? Se você tá, aplica uma força que o ponto é distante e **você tem um braço grande da alavanca**, aquele peso pequenininho que tá lá na frente da criança que tá lá no braço grande da alavanca pode contrabalançar seu peso que tá num ponto mais próximo. Isso significa que, quando você vai provocar a mesma coisa num ponto que tá mais próximo, tá? Você tem que aplicar mais força que quando você tá num ponto distante.

**Aluno A<sub>5</sub>:** No caso da porta, se eu tentar aplicar uma força bem na... tentar fechar ela estando bem próximo do eixo...

**Prof.:** É difícil... é difícil. Se você chegar... vamos experimentar (faz o gesto de empurrar a porta, perto e longe do eixo)... Aqui parece bem mais leve, tá? Vou provocar a mesma coisa que aqui, eu só encosto um pouquinho, lá, eu preciso fazer uma força, só você tentando mesmo pra ver, tá? Se você chegar bem aqui pertinho ou aqui, ó... se você chegar bem aqui pertinho pra empurrar, ó... tem que fazer uma força grande pra ela se mexer. Se eu tiver aqui, ó... eu sinto que a força é

muito menor. A hora que terminar a aula, você vem e experimenta, tá? Então, pro mesmo movimento tem que fazer uma força menor quando tá próximo... ou seja, se eu aplicar a mesma força  $F_2$ , se eu aplicar a mesma força  $F_2$  num ponto como esse, tá? Eu vou ter um efeito muito menor do que eu aplicar a mesma força num ponto distante.

**Aluno A<sub>3</sub>:** Por que isso?

**Prof.:** Nós vamos chegar lá matematicamente... Não sei se vocês já perceberam que nessa altura aí do primeiro ano, tá? Mas a Física explica muito os como, ela não explica muito os porquês... tá? A natureza é da maneira como ela é, a gente acaba se acostumando com ela... A Física explica os mecanismos, a Física explica os mecanismos de como as coisas acontecem...

**Aluno A<sub>3</sub>:** Tem que ter religião.

**Prof.:**... mecanismos como as coisas acontecem, tá certo? Você pode até querer entender como as coisas acontecem. Agora, a hora que você perguntar os porquês...

**Alunos:** (Risos)

[...]

**Prof.:** Isso! Isso! Isso! Justamente pra ela... Não é que ela tem que ser. Se ela for é que é o jeito que ela melhor aproveitava pra produzir a rotação. É o jeito que ela causa o maior torque no sistema, tá? Ela pode ser aplicada em princípio em qualquer direção, só que ela é mais efetiva quando ela tá... Primeiro, esse eixo tá perpendicular a esse e, segundo, esse cara aqui, tá perpendicular a esse... **O torque desempenha pro movimento de rotação, tá? Um papel parecido que a força representa, uma força representa num movimento de... num movimento linear.** Então, você tem um paralelo, também, você vai ver que, no seu livro aí, tem um subcapítulo que chama, tem um subcapítulo que chama Segunda Lei de Newton num movimento angular, tá? Segunda Lei de Newton é o item 11.9... Segunda Lei de Newton que você conhece, quando você vai... pra movimento circular, tá? Movimento de rotação, você tem que o torque é o produto do momento de inércia pela aceleração angular... Então **o torque, o torque faz o papel muito parecido com a força...** (Episódio referente à aula 2, linhas: 356-496)

Neste longo trecho, o aluno busca uma situação análoga (no caso, a porta) com a finalidade de compreender a explicação do professor, que não lhe é familiar. Conforme Pittman (1999), o raciocínio analógico é a chave que dá acesso ao processo de aprendizagem, já que todo novo conhecimento incluiria uma busca de aspectos similares entre o que já se conhece e o novo, familiar ou não familiar.

O aluno elabora a analogia com a finalidade de entender a explicação do conceito. O professor tem a percepção de que os alunos compreendem melhor através da utilização da analogia, o que faz com ele aproveite a situação análoga (proposta pelo aluno) para explicar o por que de quanto mais perto a força estiver do eixo, mais difícil é fazê-lo rotacionar. De acordo com alguns autores, as analogias têm por característica relacionar os conceitos e conteúdos considerados abstratos com a realidade concreta.

Essa discussão vai sendo conduzida através da relação análogo e alvo. No final deste episódio, o professor usa, novamente, a analogia entre conceitos. Ele relaciona a equação do torque com a equação da força da segunda lei de Newton. Este andamento proporciona uma participação maior dos alunos, pois eles compartilham mais da construção do conceito científico.

Este episódio confirma a previsão de Ortony (1975), quando este diz que a capacidade de aprender está relacionada à capacidade de imaginar. Da mesma forma, vai de encontro ao que afirma Thiele e Treagust (1995), quando ressaltam que as analogias estimulam a visualização dos conceitos considerados abstratos.

### Episódio 3

Neste episódio, o professor utiliza uma relação analógica muito usada pela maioria dos professores, a equação da lei da gravitação universal com a equação da força elétrica. As analogias muitas vezes podem servir como propósito para ressaltar o que já é conhecido, como destaca Vosniadou y Ortony (1989).

Assunto Tratado: Gravitação

Alvo: Força gravitacional

Análogo: Força elétrica

**Prof.:** Devido a seu amigo Isaac Newton... ( $F_G = G \frac{M.m}{d^2}$ ) a força gravitacional, se comparada ao que conhecemos, é relativamente pequena, mas em relação ao Universo é o que mantém coeso... A força eletromagnética ou nuclear é relativamente maior... **A força gravitacional é uma força de longo alcance como a força elétrica... A força gravitacional é sempre atrativa, diferente da força elétrica que é repulsiva e atrativa...** (Episódio referente à aula 5, linhas: 12-16).

O mapeamento entre os domínios alvo e análogo é estabelecido com uma simples correspondência salientando apenas uma semelhança e uma diferença, se tornando, de certa forma, uma analogia superficial, onde se poderia explorar mais atributos tanto do análogo quanto do alvo. É necessário ressaltar que uma "boa" analogia pode ser redigida baseada em poucas ou mesmo uma única característica, desde que tais características atendam às finalidades de quem a propõe.

Evidenciamos, pelos episódios apresentados, que o fator determinante para a elaboração e utilização das analogias nas aulas observadas diz respeito à dificuldade dos alunos em compreender os conceitos explicados. Jorge (1990) aponta que o aprendizado torna-se mais *ameno e agradável* se o estudo de um fenômeno novo for comparado a um fenômeno semelhante já conhecido do aluno. *Ameno e agradável* no sentido de aproximar o aluno da explicação formal que está sendo utilizada pelo professor.

Embora se tenha, muitas vezes, a concepção de que são os professores que criam as analogias por estarem mais familiarizados com a linguagem científica, percebemos através de alguns trechos que os alunos, além de discutirem certas analogias propostas pelo professor, também às elaboraram com o intuito de familiarizar a compreensão do assunto trabalhado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constituição dos dados desta pesquisa ocorreu durante o desenvolvimento de uma disciplina de Física básica, num curso de licenciatura em Física, ou seja, numa situação formal de sala de aula. Nessas condições de produção, percebeu-se que o professor utilizou-se por diversas vezes do recurso à analogias. Em vários momentos, os alunos também contribuem com o emprego de analogias. Em ambos os casos, as analogias foram estabelecidas de forma não programada, ou seja, espontaneamente.

Apesar de a literatura trazer que as analogias são na maioria das vezes elaboradas em conteúdos que tratam sobre eletricidade (HERRMANN e SCHMID, 1985; GRANT, 1996; JORGE, 1990; OTERO, 1997), óptica (HARRISON e TREAGUST 1993) e ondas (PACCA e UTGES, 1999), neste estudo podemos observar, através dos episódios, que em mecânica elas também são elaboradas e tão necessárias tanto quanto nos assuntos anteriores.

Embora as situações de ensino sejam, na maioria dos casos, imprevisíveis, algumas situações que provavelmente envolveriam analogias poderiam ter sido previamente pensadas pelo docente, facilitando o desenvolvimento das aulas. Ou seja, por se tratar de uma situação

intencional de ensino, as analogias poderiam ter sido previamente previstas pelo docente, de forma que ficasse claro aos alunos o estabelecimento destas.

As dificuldades encontradas pelos alunos no entendimento de certas analogias mostram também, que não se deve ficar somente com o entusiasmo da similaridade, senão realizar uma ação reflexiva sobre o significado da analogia e das limitações que ela apresenta. Para tanto, é fundamental que o docente detenha conhecimentos essenciais do tema a ser abordado, pois, só assim será capaz de ir além de comparações superficiais.

No ensino da física, muitas vezes pode haver à não familiaridade dos alunos com o análogo, visto que o entendimento de um conceito depende de conhecimentos físicos sobre outros assuntos. Isto pode trazer uma dificuldade adicional para o professor. Dessa forma, reconhecemos o papel fundamental e preocupante do uso de analogias no trabalho docente e, sendo assim, entendemos que o professor deve possuir uma formação didática para mediar e reconhecer quais os recursos adotados no ensino que poderão contribuir para o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, um conhecimento da teoria relacionada ao recurso analógico por parte dos professores que a utilizarão, bem como conhecimento das discussões sobre as vantagens e desvantagens das estratégias de ensino envolvendo analogias devem ser consideradas pelos docentes dos cursos de licenciatura, especificamente dos cursos de licenciatura em Física, já que é considerada uma disciplina “abstrata”.

## REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. El concepto de modelo en la enseñanza de la física – consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 79-92, 2002.

CUNHA, M. I. **O bom professor e sua prática**. Campinas, SP. Papirus, Magistério: formação e trabalho pedagógico, 1989. 182p.

DAGHER, Z. Analysis of Analogies Used by Science Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 32, n. 3, p. 259-270, 1995.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, p. 649-672, 1991.

FERREYRA, A.; GONZÁLEZ, E. M. Reflexiones sobre la enseñanza de la Física universitaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, p. 189-199, 2000.

GODOY, L. A. Sobre La Estructura de las Analogías en Ciencias. **Interciencia**, v. 27, n. 8, august, 2002.

\_\_\_\_\_. Éxitos y Problemas de las Analogías en la Enseñanza de la Mecánica. **Journal of Science Education**, v. 3, n. 1, p. 11-14, 2002.

GORDILLO, M. M. Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, 2003. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/numero3/Art10.pdf>> Acesso em 22.06.2004.

GRANT, R. Basic Electricity – A novel analogy. **The Physics Teacher**, v. 34, p. 188-189, 1996.

HARRISON, A.G. e TREAGUST, D. F. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.

HERRMANN, F. e SCHMID, B. Analogy between Mechanics and Electricity. **European Journal of Physics**, v. 6, p. 16-21, 1985.

- JORGE, W. Analogia no Ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 7, n. 3, p.196-202, dez. 1990.
- MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, dez. 1996.
- ORTONY, A. Why metaphors are necessary and not just nice. **Education Theory**, v. 25, p. 45-53, 1975.
- OTERO, M. R. ¿Cómo Usar Analogías En Clases de Física? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 2, p. 170-178, ago. 1997.
- PACCA, J. L. A.; UTGES, G. Modelos de onda no senso comum: as analogias como ferramenta de pensamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., **Anais...** Valinhos, SP: 01 a 04 de setembro, 1999.
- PITTMAN, K.M. Student-generated: another Way of knowing? **Journal of Research in Science Teaching**. v. 36, n. 1, p. 1-22, 1999.
- QUEIROZ, G. R. P. C.; GUIMARÃES, L. A.; BOA, M. C. F. O professor artista-reflexivo de Física, a pesquisa em ensino de Física e a modelagem analógica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 86-98, set./dez. 2001.
- THIELE, R.; TREAGUST, D. F. Analogies in Chemistry textbooks. **International Journal of Science Education**, v. 17, n. 6, p. 783-795, 1995.
- VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. **Revista de Ensino de Física**. v. 6, n. 2, p. 76-95, dez. 1984.
- VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. **Similarity and analogical reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 498-531.