

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

RAPHAEL GUILHERME ALVES HARTJE

**COLETÂNEA DE ANALOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO DE FÍSICA
EM TURMAS DE ENSINO MÉDIO**

FORTALEZA

2017

RAPHAEL GUILHERME ALVES HARTJE

COLETÂNEA DE ANALOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO DE FÍSICA
EM TURMAS DE ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida

FORTALEZA
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

H262c Hartje, Raphael Guilherme Alves.
Coletânea de analogias utilizadas no ensino de Física em turmas de Ensino Médio /
Raphael Guilherme Alves Hartje. – 2017.
124 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida.

1. Analogias. 2. Ensino de Física. 3. Métodos de ensino. I. Título.

CDD 530.07

RAPHAEL GUILHERME ALVES HARTJE

COLETÂNEA DE ANALOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO DE FÍSICA
EM TURMAS DE ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Nelson Studart Filho
Universidade Federal do ABC (UFABC)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente eu gostaria de agradecer a Deus por ter me dado forças para que esse trabalho pudesse ter sido concluído.

Quero agradecer a minha ex-aluna Smilla Gondim Tomé por ter me dado, sem querer, a inspiração inicial sobre o tema de que trata esse trabalho.

Também devo meus préstimos ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Alberto, por ter apreciado a escolha do tema e, em tantos momentos, ter feito “propaganda” do meu trabalho em palestras e inclusive em outras universidades, demonstrando sempre um orgulho por trás do sorriso ao falar do mesmo.

Gostaria também de abonar a CAPES pela iniciativa e esforço em auxiliar seus estudantes com bolsas de estudo para esse mestrado. É difícil descrever em palavras a imensa ajuda que essa bolsa nos proporcionou em nossa jornada.

Devo agradecimentos à minha esposa, Fabricia, pela compreensão aos diversos dias a finco, inclusive finais de semana e feriados, que passei o dia todo escrevendo meu trabalho e não pude lhe dar a devida atenção.

Tenho que agradecer imensamente a Internet, seus criadores e a todas as pessoas que publicaram suas obras na rede. Pois, sem exceção, todo o material de pesquisa utilizado na construção do meu trabalho foi digital. O que me economizou muito dinheiro com a compra de livros impressos e me poupou realmente muito tempo, já que não tive que sair à procura de livros em diversas bibliotecas.

De forma alguma posso esquecer-me de agradecer ao meu amigo e companheiro de mestrado Professor Mestre Ulisses Castro Sampaio, que com sua vasta experiência, me ajudou na organização inicial do meu trabalho e sempre elogiou o mesmo.

Da mesma forma é impossível não agradecer a imensa ajuda que meu amigo Professor Mestre Hemerson Thiago de Lima Cordeiro prestou em todas as partes, desde a leitura detalhada de todo o trabalho, passando pela organização dos capítulos, edição, formatação, revisão, posicionamentos contra ou a favor do conteúdo, ideias, sugestões, etc.

Retribuo com carinho a partir destes agradecimentos a assistência que o Professor Mestre Francisco Marcôncio Targino de Moura prestou à minha pessoa ao ensaiar comigo a minha apresentação, opinando, de forma colaborativa, em alguns pontos da mesma.

Também devo minha gratidão ao Professor Doutor Nelson Studart Filho, que se disponibilizou a vir de São Paulo para fazer parte da banca da minha apresentação da dissertação.

Tenho certeza de que sem esse apoio eu jamais teria conseguido chegar ao final dessa caminhada.

Muito obrigado a todos(as).

RESUMO

As analogias são um recurso amplamente encontrado em diversas situações do dia-a-dia. Seu uso é observado desde uma conversa informal entre duas pessoas até mesmo em textos informativos de ciências. As analogias vem sendo alvo de interesse e estudo de diversos pesquisadores desde a década de 80, tanto no âmbito nacional como internacional. De acordo com uma visão Ausubeliana, as analogias representam um recurso didático potencialmente útil, pois trabalham com os conhecimentos pré-existentes dos estudantes, ajudando assim na formação/evolução de sua estrutura cognitiva, assim como tornam conceitos abstratos mais inteligíveis. Sua utilização também torna mais clara a linguagem científica que, para muitos, é dura, seca e fria. Observando as analogias a partir das pesquisas de Gardner, sua aplicação estimula o desenvolvimento das diversas inteligências múltiplas do sujeito, uma vez que, seja qual for a analogia utilizada, de acordo com Gardner, o sujeito estará valendo-se de uma ou mais de suas inteligências múltiplas para tentar compreendê-la. Este trabalho também contemplará minúcias sobre a linguagem analógica, como seu surgimento, suas funções, a espontaneidade do pensamento analógico na mente humana, as diversas situações em que observamos sua manifestação, assim como suas vulnerabilidades e por fim, um comparativo entre seu uso e o de outros métodos de ensino. E finalmente, como consequência desse estudo e a partir das inquietações do autor acerca das dificuldades observadas dos estudantes na disciplina de Física, consta, ao final deste trabalho, uma coletânea de analogias criadas pelo autor como uma proposta complementar de ensino. Acredita-se que dessa forma, a aprendizagem seja mais prazerosa, eficaz e significativa.

Palavras-chave: Analogias. Ensino de Física. Métodos de Ensino.

ABSTRACT

Analogies are a resource widely found in many everyday situations. Its use is observed from an informal conversation between two people even in informative science texts. The analogies have been the object of interest and study of several researchers since the 1980s, both nationally and internationally. According to an Ausubelian view, analogies represent a potentially useful didactic resource, because they work with students' preexisting knowledge, thus helping in the formation/evolution of their cognitive structure, as well as making abstract concepts more intelligible. Its use also makes scientific language clearer, which for many is hard, dry and cold. Looking at analogies from Gardner's research, its application stimulates the development of the subject's multiple intelligences, since whatever analogy is used, according to Gardner, the subject will be using one or more of his Intelligences to try to understand it. This work will also contemplate minutiae about analogue language, such as its emergence, its functions, the spontaneity of analogical thinking in the human mind, the various situations in which we observe its manifestation, as well as its vulnerabilities and, finally, a comparison between its use and the Of other teaching methods. And finally, as a consequence of this study and based on the author's concerns about the observed difficulties of the students in the discipline of Physics, it appears, at the end of this work, a collection of analogies created by the author as a complementary teaching proposal. It is believed that in this way, learning is more enjoyable, effective and meaningful.

Key-words: Analogies. Teaching Physics. Teaching methods.

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------|---|
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PCNEM+ | Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio |
| OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Linguística..... | 23 |
| Quadro 2 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Lógico- Matemática..... | 23 |
| Quadro 3 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Espacial. | 24 |
| Quadro 4 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Corporal- Cinestésica..... | 24 |
| Quadro 5 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Musical..... | 25 |
| Quadro 6 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Interpessoal. | 25 |
| Quadro 7 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Intrapessoal. | 26 |
| Quadro 8 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Naturalista..... | 26 |
| Quadro 9 – Classificações relacionadas às analogias | 45 |
| Figura 1 – Diagrama explicativo das ideias de Garcia (2006). | 47 |
| Quadro 10 – Exemplos de analogias em diversas áreas do conhecimento..... | 48 |
| Quadro 11 – Etapas do processo de uso do GMAT | 54 |
| Quadro 12 – Etapas do processo de uso do TWA | 56 |
| Quadro 13 – Etapas do processo de uso do Guia FAR..... | 58 |
| Quadro 14 – Etapas do processo de uso do Modelo de Narrativas com Analogias | 60 |
| Quadro 15 – Etapas do processo de uso do Meca. | 61 |
| Quadro 16 – Quadro comparativo dentre as ferramentas de ensino mais comuns | 71 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| Objetivo Geral | 12 |
| Objetivos Específicos..... | 12 |
| 3 TEÓRICOS DO ENSINO E SUAS CONTRIBUIÇÕES..... | 13 |
| 3.1 Ausubel e a aprendizagem significativa..... | 13 |
| 3.1.1. Obliteração | 18 |
| 3.1.2 Organizadores prévios..... | 19 |
| 3.2 Gardner e as inteligências múltiplas | 21 |
| 4 A PRÁXIS DO ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA..... | 28 |
| 4.1 Dificuldades enfrentadas no ensino de ciências | 28 |
| 4.2 A abstração nas ciências e a linguagem científica..... | 31 |
| 4.3 A linguagem do cotidiano no ensino de ciências | 33 |
| 4.4 A importância do lado afetivo na construção da aprendizagem | 35 |
| 5 A FERRAMENTA ANALOGIA: UM RECURSO DIDÁTICO..... | 37 |
| 5.1 Breve histórico sobre a utilização de analogias no ensino de ciências. | 37 |
| 5.2 Nomenclaturas associadas às analogias..... | 39 |
| 5.3 Funções, potencialidades, validade e classificação das analogias | 40 |
| 5.3.1 Funções..... | 40 |
| 5.3.2 Potencialidades | 42 |
| 5.3.3 Parâmetros para a validade de uma analogia | 44 |
| 5.3.4 Classificação das analogias..... | 44 |
| 5.4 A espontaneidade do pensamento analógico (e sua formação) | 45 |
| 5.5 A ferramenta Analogia..... | 48 |
| 5.5.1 Analogias em diversos ramos do conhecimento | 48 |
| 5.5.2 Analogias em livros de Física..... | 50 |
| 5.5.3 As analogias no processo avaliativo | 52 |
| 5.5.4 Modelos de ensino com analogias | 53 |
| 6 UM OLHAR CRÍTICO SOBRE AS ANALOGIAS..... | 63 |
| 6.1 Contextualizando de forma crítica a ferramenta analogia..... | 63 |
| 6.2 As vulnerabilidades da espontaneidade do pensamento analógico | 66 |
| 6.3 Analogias VS outros métodos de ensino..... | 68 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 72 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |
| APÊNDICE A..... | 79 |

1 INTRODUÇÃO

As analogias estão presentes nas mais diversas situações. Na verdade, seu surgimento e utilização remonta ao século IV A.C., estando presente em inúmeros trabalhos acadêmicos desde a década de 80. Diversos pesquisadores já propuseram modelos de ensino com analogias, dentre eles podemos citar: Zeitoun (1984), Spiro (SPIRO *et al*, 1989), Glynn (1991), Treagust (TREAGUST *et al*, 1998), Wong (1993), Dagher (1995) e Nagem (NAGEM *et al*, 2001).

Podemos observar a utilização de analogias em conversas do dia-a-dia, em músicas, poemas, nas ciências, etc. E em muitas vezes percebemos que sua utilização acontece de forma espontânea. E é preocupando-se com essa espontaneidade que os pesquisadores supracitados aprofundaram-se no tema para propor modelos de ensino com analogias que reduzissem os eventuais riscos que essa ferramenta pode causar.

Dessa forma, para que essa ferramenta torne-se de fato um auxílio ao invés de um problema, faz-se necessário um estudo mais detalhado da analogia antes da mesma ser aplicada em sala de aula. E conseqüentemente, também é de fundamental importância que o professor utilize algum método, escrito ou oral, para verificar se o objetivo proposto ao se utilizar a analogia foi alcançado, e o estudante conseguiu compreender aquilo que o professor queria explicar.

Cada professor adota um método de ensino diferente, que melhor se adequa à sua pessoa. Entretanto, não podemos nos esquecer que um determinado método preferido e utilizado por um professor pode não ser o mais adequado para a turma que ele está ministrando suas aulas. Devemos nos lembrar que uma das etapas da educação é a aprendizagem do estudante, e que, dessa forma, o professor não pode se ater a um único ou preferido método de ensino. Caso o método utilizado pelo professor não apresente os resultados esperados, cabe ao professor modificar seu método de ensino ou adaptá-lo a realidade de sua turma.

Dessa forma, percebe-se a importância na escolha do método de ensino adotado pelo professor. Uma das etapas do ensino é a construção do conhecimento (aprendizagem); e caso essa etapa não esteja sendo alcançada por causa da escolha de determinado método de ensino por parte do professor,

cabe a este alterar seu método ou adaptá-lo à realidade da turma em benefício de uma etapa maior e posterior da educação (objetivo final): a utilização do conhecimento adquirido/construído na atuação do estudante para a construção de uma sociedade melhor e melhoria de sua vida.

“A responsabilidade pela mudança é do aluno; a de lhes propiciar experiências ricas, com freqüentes oportunidades para participar da diversidade de processos que exigem compreensão, é do professor.” (NAGEM; CARVALHAES e DIAS, 2001, p. 210).

Portanto o professor deve constantemente buscar elementos que potencializem o aprendizado dos estudantes; para que, dessa forma, o objetivo educacional final seja alcançado.

E é esperando que esse objetivo seja alcançado que o presente trabalho apresentará as analogias como ferramenta auxiliar no trabalho docente com o objetivo de facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Sintetizando de forma simples, o presente trabalho busca uma forma alternativa e/ou complementar de auxílio ao ensino-aprendizagem de estudantes do ensino médio utilizando-se a linguagem cotidiana para a exposição de uma analogia, trabalhando paralelamente com os conceitos das obras de Ausubel e Gardner.

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. No primeiro capítulo consta a introdução. O segundo capítulo abordará os teóricos da educação necessários para um completo entendimento dos termos pedagógicos/educacionais do presente trabalho, assim como seu entrelace com o assunto em questão (analogias). O terceiro capítulo situará o leitor acerca das práxis do ensino de ciências e de Física no atual contexto do ensino médio. O quarto capítulo evidencia, de forma detalhada, os diversos constituintes do pensamento analógico e suas manifestações. O quinto capítulo é dedicado à criticidade do pensamento analógico, expondo seus limites e vulnerabilidades. E por fim, o apêndice deste trabalho constitui sua parte mais importante, onde o leitor encontrará uma coletânea de analogias criadas pelo autor que servirá de auxílio aos diversos professores da área de Física em sua caminhada pedagógica.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Propor o uso de analogias utilizando-se a linguagem do cotidiano como ferramenta auxiliar no processo ensino-aprendizagem da disciplina de Física no atual currículo do ensino médio sob a óptica dos trabalhos de Ausubel e Gardner.

Objetivos Específicos

- Expor, de forma concisa, os principais conceitos dos trabalhos de Ausubel e Gardner, para evidenciar seu entrelace com a utilização das analogias.
- Fazer um levantamento bibliográfico acerca do uso de analogias, suas vantagens e limitações.
- Elaborar um livreto contendo uma coletânea de analogias como ferramenta/recurso auxiliar para professores de Física do ensino médio.

3 TEÓRICOS DO ENSINO E SUAS CONTRIBUIÇÕES

3.1 Ausubel e a aprendizagem significativa

O trabalho desenvolvido por David Ausubel (1918-2008) é conhecido como teoria da aprendizagem significativa ou aprendizagem cognitiva. O autor desenvolveu sua teoria como uma proposta para o cotidiano de sala de aula. Ausubel entende estrutura cognitiva como sendo “O conteúdo total de idéias de um certo indivíduo e sua organização” (MOREIRA, 1999, p. 152), e aprendizagem cognitiva (significativa) como sendo “aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva” (MOREIRA, 1999, p. 151 e 152).

[...] a essência do processo de aprendizagem significativa é que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas idéias. Este aspecto especificamente pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo. (AUSUBEL, 1978, p. 41).

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa só ocorre quando um novo conhecimento é ancorado, interativamente, em um conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz, que o autor denomina de subsunçor. Moreira (1999) traz, em seu trabalho, numa nota de rodapé, a explicação da palavra subsunçor: “A palavra “subsunçor” não existe em português; trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “subsumer”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador” (MOREIRA, 1999, p. 153).

Para Ausubel (1978), “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo”. Desse modo, o novo conhecimento precisa fazer algum sentido para o aprendiz, que deverá interagir e relacionar o novo conhecimento com os conhecimentos relevantes pré-existentes em sua estrutura cognitiva. Assim sendo, quando ocorre a apreensão de um novo conhecimento por

consequência da interação do conhecimento pré-existente com o novo conhecimento, ocorre uma evolução do subsunçor do aprendiz.

De acordo com os diversos conceitos expostos acima, podemos diferenciar a aprendizagem em dois modos:

I. Aprendizagem significativa

Aprendizado que ocorre quando novas ideias relacionam-se de forma lógica e explícita com outras já existentes. Este aprendizado precisa ser substancial, ou seja, o aprendiz precisa entender o sentido daquilo que aprendeu. Dessa forma o aprendizado torna-se estável e perdura por mais tempo (PRASS, 2012).

A indicação de que determinada aprendizagem foi significativa é o modo como esse novo conhecimento é armazenado (ancorado) na estrutura cognitiva do indivíduo. “De acordo com Ausubel, a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis” (MOREIRA, 1999, p. 156). Um indício do sucesso dessa forma de aprendizagem é a verificação (certificação) de que o indivíduo é capaz de solucionar problemas de uma nova forma, necessitando assim transformar o conhecimento adquirido.

Dessa forma Ausubel:

Propõe, então, que ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a ‘simulação da aprendizagem significativa’ é formular questões e problemas de uma maneira nova e não-familiar, que requeira a máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão, por exemplo, devem, no mínimo, ser fraseados, de maneira diferente e apresentados em um contexto de alguma forma diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional. (MOREIRA, 1999, p. 156).

II. Aprendizagem mecânica

É o oposto da aprendizagem significativa. É a forma de aprendizagem em que o aprendiz armazena as informações pelo processo de repetição (processo mecânico). As novas ideias não se relacionam de forma lógica e explícita com outras já existentes, elas são apenas decoradas, não garantindo versatilidade em seu uso. Dessa forma não há garantias de que essas ideias/informações perdurem por muito tempo.

Independentemente de Ausubel destacar a importância da aprendizagem significativa, ele compreendia que no processo de ensino-aprendizagem existem circunstâncias em que a aprendizagem mecânica é inevitável (PRASS, 2012).

[...] a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele, isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. (MOREIRA, 1999, p. 154 e 155).

Visto a importância da aprendizagem significativa, vejamos agora algumas condições para sua ocorrência:

- a) O conhecimento a ser aprendido precisa ser ancorado (firmado), interativamente, na estrutura cognitiva do aprendiz, de modo não arbitrário e não literal.
- b) O aprendiz deve estar inclinado a relacionar o novo conhecimento em sua estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal. Ou seja, o aprendiz precisa estar disposto a aprender.

Deve-se perceber também que os instrumentos (materiais) da aprendizagem devem possibilitar um aprendizado significativo. Caso contrário o resultado esperado pode não ser alcançado, pois, o professor estará empregando métodos de ensino significativos enquanto o aprendiz utiliza-se de um livro que não emprega essa abordagem. Essa realidade nos mostra uma dificuldade em aplicar esse método de ensino, pois, ainda mesmo nos dias atuais, os professores dispõem de pouquíssimos materiais didáticos para esse fim. Somente aqueles realmente comprometidos com a missão de educar e que dispõem de tempo livre (que são muito raros), elaboram seu próprio material didático mais adaptado a esta realidade.

De acordo com Ausubel a aprendizagem também pode se diferenciar em:

- a) Aprendizagem por descoberta: este tipo de aprendizagem permite que o aprendiz aprenda sozinho, sem a interferência de nenhum tipo de tutor, professor, orientador, etc. (Autodidata).
- b) Aprendizagem por recepção: neste tipo de aprendizagem o aprendiz herda o conhecimento de forma completa (como nas aulas expositivas que ocorrem nas escolas). O aprendiz então age de forma ativa sobre essa informação de modo a associá-la/correlacioná-la com as informações pré-existentes em sua estrutura cognitiva (PRASS, 2012).

Atualmente é grande o número de teóricos da educação que defendem a aprendizagem por descoberta. Ausubel admite a importância da aprendizagem por descoberta, porém ele também valoriza a aula do tipo expositiva (PRASS, 2012). Piaget acentuava a importância da aprendizagem por descoberta como sendo a ideal. Em seus trabalhos, Ausubel sugere como melhor abordagem para o cotidiano escolar a aprendizagem por recepção. Porém, Ausubel adverte que qualquer um dos tipos de aprendizagem pode vir a se tornar mecânico. Segundo ele basta que o aprendiz não relacione o novo conhecimento com as informações pré-existentes em sua estrutura cognitiva.

Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, já existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quer por recepção ou por descoberta, a aprendizagem é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se a nova informação incorpora-se de forma não-arbitrária à estrutura cognitiva. (MOREIRA, 1999, p. 154).

Isso nos mostra que não é fácil colocar em prática a aprendizagem significativa. Na verdade não importa qual a estratégia de ensino seja adotada, pois para ela ser executada com perfeição e funcionar em sua plenitude, todas suas etapas devem realizar-se com perfeição. Neste ponto devemos nos lembrar de que o sucesso ou o insucesso de qualquer prática pedagógica depende tanto do professor quanto do aprendiz (PRASS, 2012).

Há diversos fatores que influenciam a aprendizagem significativa, entre eles:

- Fatores internos para a aprendizagem significativa

O principal fator interno para que ocorra uma aprendizagem significativa já foi mencionado anteriormente: o aprendiz precisa estar disposto a aprender. Estes fatores (internos) são divididos em duas classes:

I. Fatores cognitivos

Há três fatores referentes à estrutura cognitiva do aprendiz que devem ser levados em conta no processo de ensino-aprendizagem:

- a) É fundamental que existam na estrutura cognitiva do aprendiz ideias âncoras às quais se possam conectar (vincular), as novas ideias que se pretende ensinar.
- b) Pode ocorrer que as ideias âncoras (pré-existentes) e as novas ideias a serem aprendidas podem conter um grau de similaridade tão grande que o aprendiz não conseguirá diferenciá-las, podendo até mesmo confundi-las.
- c) A consistência/solidez das ideias que servem de âncora (pré-existente) estabelecerá o grau e a estabilidade do aprendizado da nova ideia (informação). Na condição de a ideia âncora não ser suficientemente “sólida”, pode ocorrer de o aprendiz não ser capaz de estabelecer uma conexão clara entre as ideias, podendo então ser perdida essa ligação (conexão), ou ainda poderá ocorrer uma não-diferenciação correta entre a ideia âncora e a nova ideia.

II. Fatores afetivo-sociais

Novamente devemos reiterar que o principal fator interno para o sucesso da aprendizagem significativa é a disposição do estudante em aprender. De nada adianta o aprendiz possuir todo o arcabouço (estrutura) necessário para um aprendizado significativo (livros, laboratórios, professores: tudo isso com atitude de ensino significativo), se ele mesmo optar por não aprender ou simplesmente decorar o que está sendo ensinado (aprendizagem mecânica). Diversos fatores podem induzir (conduzir) o estudante a esse tipo de atitude: o hábito de realizar avaliações que requerem responder idênticas ao

gabarito ou com pouca flexibilidade, a omissão, por parte dos professores, quanto às suas peculiaridades (perfil, natureza), como tipo de escrita e métodos matemáticos (maturidade matemática), ausência de tempo, material e até mesmo a falta de incentivo a uma aprendizagem significativa.

- Fatores externos para a aprendizagem significativa

Aqui se encontram os fatores (o conjunto de cenários) em que os professores podem interceder a favor dos estudantes, buscando possibilitar as melhores condições possíveis para que eles possam aprender de modo significativo. Esses fatores são designados externos porque estão fora da gerência do estudante, como por exemplo: a escolha do material didático, metodologia utilizada durante as aulas expositivas, etc. Quanto à aula e o material didático, estes só podem ser considerados potencialmente significativos após os *fatores internos para a aprendizagem significativa* (cognitivos e afetivo-sociais) serem satisfeitos.

Essa diversidade de fatores que influenciam a aprendizagem significativa auxilia o professor quanto à *facilitação pedagógica*. A facilitação pedagógica equivale ao manejo (administração, gestão), por parte do professor, da estrutura cognitiva do estudante com o intuito de lhe auxiliar um aprendizado significativo (PRASS, 2012).

3.1.1. Obliteração

As ideias são esquecidas pela mente humana, não importando o modo como ela foi adquirida (de forma significativa ou de forma mecânica). A diferença é que uma ideia que foi adquirida de forma significativa demorará mais para ser esquecida. Esse esquecimento ocorre porque as ideias mais específicas vão sendo gradativamente incorporadas pelas ideias mais gerais às quais estão associadas (PRASS, 2012).

A obliteração das ideias é um processo natural de degradação, independentemente do modo como elas foram adquiridas. Porém, Ausubel afirma que essa degradação ocorre de forma mais lenta caso a aquisição desse conhecimento tenha sido dada de forma significativa. Esse é mais um ponto que corrobora a importância de um aprendizado significativo. E é a partir

dessa observação que percebemos a relevância de um constante exercício (revisão) das ideias. Dessa forma as ideias se re-sedimentam, evitando-se a obliteração.

3.1.2 Organizadores prévios

Os organizadores prévios são materiais introdutórios cuja função é simplificar (facilitar) a aprendizagem de conceitos (tópicos) específicos ou conjunto de ideias consistentemente relacionadas entre si (PRASS, 2012). Moreira nos mostra que “O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa” (MOREIRA, 1999, p. 155).

A função dos organizadores prévios é aumentar (e/ou fortalecer) a formação/produção de conexões não-arbitrárias e substanciais entre os novos conceitos/ideias, exercendo assim a função de âncora na estrutura cognitiva do estudante, através da exposição desses novos conceitos/ideias (PRASS, 2012).

Os organizadores prévios podem ser divididos em dois tipos:

I. Organizador Expositivo

Esse organizador é utilizado quando não há, na estrutura cognitiva do estudante, as ideias necessárias para que sejam efetuadas as conexões entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento. Ou seja, este organizador será empregado quando o estudante não possuir o conhecimento-base necessário para que ele compreenda e faça as relações com o que se pretende ensiná-lo. Dessa forma esse organizador serve como veículo (ponte, conexão, ligação, vínculo) entre os conhecimentos/ideias (pré-existente e novo).

Utilizando-se uma linguagem mais casual, esse organizador seria o que os professores nomeiam, erroneamente no dia-a-dia, de “revisão”. Vejamos um exemplo: um estudante transfere-se de escola e em seu primeiro dia de aula o professor está começando a ensinar para a turma um novo assunto. Porém, esse estudante tem muitas dúvidas nas explicações do professor pelo fato de que ele não possui o pré-requisito necessário para a

compreensão daquele conteúdo. Ou seja, este estudante não possui o conhecimento-base essencial (necessário) para que ele compreenda e faça as relações necessárias entre o que ele já sabe e o que o professor pretende ensiná-lo. Diante dessa dificuldade o estudante informa ao professor que não está conseguindo compreender a explicação do assunto. O professor, por sua vez, identifica que o estudante está tendo dificuldade por conta da falta de “base” (conhecimento pré-existente necessário) naquilo que ele está tentando ensinar. Dessa forma, o professor recorre ao organizador expositivo (denominado por ele de “revisão”) e expõe ao estudante os conhecimentos necessários para que, dessa forma, a assimilação e as conexões na estrutura cognitiva do estudante entre as novas ideias e as ideias pré-existentes sejam efetuadas.

II. Organizador Comparativo

O Organizador Comparativo de Ausubel é indicado quando já existem, na estrutura cognitiva do estudante, os conceitos/ideias necessários(as) para que os novos conhecimentos sejam ancorados.

Assim sendo, os novos conceitos/ideias de determinado conteúdo são trabalhados(as) mediante as semelhanças e diferenças observadas entre o novo assunto e aquilo que já é sabido pelo estudante.

Dessa forma, ao utilizar-se o organizador comparativo durante a aula, o professor apresenta um novo conceito/ideia ao estudante, e a partir desse momento passa a tentar ancorar esse novo conceito/ideia à sua estrutura cognitiva, trabalhando em cima das semelhanças e diferenças observadas entre o conhecimento pré-existente e o novo conhecimento (aquilo que se deseja ensinar). É de modo semelhante que as analogias são trabalhadas em sala de aula.

Inicialmente o professor procura, nos primeiros momentos, fazer uma avaliação diagnóstica com o intuito de verificar se a turma em questão possui os pré-requisitos (conhecimentos) necessários para a aquisição do novo conhecimento. Em caso afirmativo, o professor expõe a analogia para a turma. A partir daí o docente apresenta e enfatiza as semelhanças e as diferenças entre o novo conceito (aquilo que ele quer que o estudante aprenda) e o conhecimento pré-existente (aquilo que o estudante já sabe). Posteriormente, o

professor abandona a analogia e busca de alguma forma (avaliação escrita ou oral, produção de analogias próprias, etc.) verificar se a turma compreendeu corretamente o conceito que queria ser transmitido.

Dessa maneira, percebe-se que o “*modus operandi*” da aprendizagem significativa de Ausubel ao utilizar-se os organizadores comparativos e do ensino com analogias é quase idêntico. Pois ambos utilizam-se de conhecimentos pré-existentes dos indivíduos para ensinar algo novo.

Na aprendizagem significativa de Ausubel, o novo conhecimento é assimilado após ancorar-se aos conhecimentos pré-existentes da estrutura cognitiva do sujeito. Enquanto que no ensino com analogias, o novo conhecimento é assimilado ao evidenciar-se as semelhanças entre o novo assunto e aquilo que o sujeito já conhece.

3.2 Gardner e as inteligências múltiplas

Howard Gardner, nascido em 1943, é psicólogo engajado na parte educacional e criador da teoria das inteligências múltiplas. Gardner buscou em sua pesquisa ultrapassar o senso comum de inteligência ao questionar que a inteligência humana pudesse ser medida através de instrumentos verbais padronizados como questionários de respostas curtas, realizados apenas com papel e lápis.

Essa atitude comportamental foi reflexo da prática comum que surgiu no século XX relativa à quantificação da inteligência de determinado indivíduo a partir da aplicação dos testes de quociente de inteligência (QI). Esses testes propunham medir a inteligência das pessoas através de perguntas relativas à área lógico-matemática e linguística. Gardner demonstra seu descontentamento com relação a essa prática:

A insatisfação com o conceito de QI e com as visões unitárias de inteligência é bastante ampla [...] Eu acredito que devemos nos afastar totalmente dos testes e correlações entre os testes, e, ao invés disso, observar as fontes de informações mais naturalistas a respeito de como as pessoas, o mundo todo, desenvolvem capacidades importantes no seu modo de vida. (GARDNER, 1995, p. 13)

Fugindo da padronização que era feita à época de suas pesquisas, Gardner revela seu pensamento com relação à prática de se quantificar a

inteligência de um indivíduo utilizando-se métodos padronizados que medem as habilidades de determinada pessoa baseando-se apenas em suas habilidades lógicas e linguísticas:

A meu ver, para abarcar adequadamente o campo da cognição humana é necessário incluir um conjunto muito mais amplo e mais universal de competências do que comumente se considerou. É necessário permanecermos abertos à possibilidade de que muitas – se não a maioria – destas competências não se prestam a medições através de métodos verbais padronizados, os quais baseiam-se pesadamente numa combinação de habilidades lógicas e linguísticas. (GARDNER, 1994, p.ix-x).

O pensamento acima nos mostra o impulsor (ou como é atualmente denominado: o elemento motivador) do trabalho de Gardner.

O pesquisador defende que cada ser humano possui, em maior ou menor grau, uma variedade de capacidades humanas (habilidades cognitivas), ainda não precisamente quantificadas, de origens ainda desconhecidas e um tanto autônomas entre si, cuja combinação entre essas habilidades diferem de indivíduo para indivíduo, que ele denomina-as de inteligências humanas (ou como tratamos aqui: inteligências múltiplas).

[...] existem evidências persuasivas para a existência de diversas competências intelectuais humanas relativamente autônomas abreviadas daqui em diante como 'inteligências humanas'. Estas são as 'estruturas da mente' do meu título. A exata natureza e extensão de cada 'estrutura' individual não é até o momento satisfatoriamente determinada, nem o número preciso de inteligências foi estabelecido. Parece-me, porém, estar cada vez mais difícil negar a convicção de que há pelo menos algumas inteligências, que estas são relativamente independentes umas das outras e que podem ser modeladas e combinadas numa multiplicidade de maneiras adaptativas por indivíduos e culturas. (GARDNER, 1994, p. 7)

Dentre as inteligências múltiplas observadas por Gardner, podemos citar:

- a) **Inteligência Linguística:** Capacidade de se comunicar efetivamente utilizando as palavras na forma escrita ou oral (Quadro 1).

Quadro 1 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Linguística.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Gosta de ouvir; • Gosta de ler; • Gosta de escrever; • Gosta de poesia e de jogos com palavras; • Pode ser bom orador e bom em debates; • Pode ter facilidade em organizar as ideias por escrito; • Gosta de produzir textos criativos. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fazer leituras variadas; ➤ Produzir diferentes tipos de texto; ➤ Produzir jornal; ➤ Trabalhar com debates e discussões; ➤ Produzir livros pessoais. |
| Exemplo: escritores, poetas, jornalistas, palestrantes. Exemplo de pessoa famosa: Machado de Assis, escritor. | |

Fonte: Smole, 1999.

- b) Lógico-Matemática: Capacidade de utilizar o raciocínio lógico-matemático/dedutivo para a solução de problemas envolvendo números e elementos matemáticos e simbólicos (Quadro 2).

Quadro 2 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Lógico-Matemática.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Aprecia cálculos; • Gosta de ser preciso; • Aprecia a resolução de problemas; • Gosta de tirar conclusões; • Dá explicações claras e precisas a respeito do que faz e de como pensa; • Tem boa argumentação; • Envolve-se em experimentações; • Utiliza estruturas lógicas. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Propor problemas para que sejam resolvidos; ➤ Desenvolver jogos matemáticos; ➤ Analisar dados; ➤ Desenvolver atividades que impliquem generalizações; ➤ Trabalhar com números, medidas, geometria, probabilidade e noções de estatística; ➤ Propor experimentos. |
| Exemplo: Cientistas, economistas, acadêmicos, engenheiros, matemáticos, professores de ciências exatas. Exemplo de pessoa famosa; Albert Einstein. | |

Fonte: Smole, 1999.

- c) Espacial: Capacidade de perceber (visualizar) o espaço tridimensional que o cerca e de criar modelos que auxiliam na orientação ou transformação sobre essas percepções (Quadro 3).

Quadro 3 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Espacial.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Aprecia figuras; • Tem facilidade para indicar trajetetos; • Lê com facilidade gráficos, mapas, plantas e croquis; • Cria imagens; • Gosta de construir maquetes; • Movimenta-se facilmente entre os objetos do espaço; • Absorve com facilidade os conceitos de geometria; • Percebe e faz transformações no espaço. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fazer mapas, croquis, plantas e maquetes; ➤ Descrever trajetetos; ➤ Resolver quebra-cabeças; ➤ Trabalhar com geometria; ➤ Produzir gráficos. |
| Exemplo: caçador, escoteiro, guia, arquiteto, fotógrafo. Exemplo de pessoa famosa: Pablo Picasso, pintor. | |

Fonte: Smole, 1999.

d) Corporal-Cinestésica: Capacidade de utilizar o corpo para expressar/comunicar algo, atacar algo ou se defender, moldar ou manejar objetos, etc. Envolve grande autocontrole corporal como coordenação motora (Quadro 4).

Quadro 4 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Corporal-Cinestésica.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Possui controle excepcional do próprio corpo; • Controla os objetos; • Mostra boa sincronização de movimentos; • Explora o ambiente e os objetos com toques e movimentos; • Prefere atividades que envolvam manipulação de materiais ou movimentos corporais; • Demonstra habilidade em dramatização, esportes, dança ou mímica; • Lembra mais de algo que foi feito que daquilo que é dito; • Brinca com objetos enquanto escuta; • Mostra-se irrequieto ou aborrecido se ficar muito tempo parado. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Usar dramatizações; ➤ Realizar brincadeiras; ➤ Adotar movimentação física nas aulas; ➤ Selecionar materiais que possam ser manipulados; ➤ Trabalhar com mímica. |
| Exemplo: Atores, mímicos, dançarinos, malabaristas, atletas, mecânicos, cirurgiões. Exemplo de pessoa famosa: Daiane dos Santos, ginasta, Michael Jackson, cantor e dançarino. | |

Fonte: Smole, 1999.

- e) Musical: Capacidade de distinguir/perceber, produzir e reproduzir uma variedade de tons, ritmos, timbres (Quadro 5).

Quadro 5 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Musical.

| Características prováveis: | Atividades para estimular a habilidade |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sensível à entonação, ao ritmo e ao timbre; • Sensível ao poder emocional da música; • Procura ouvir música sempre que pode; • Responde à música com movimentos corporais, criando, imitando e expressando os ritmos e tempos musicais; • Reconhece e discute diferentes estilos e gêneros musicais; • Gosta de cantar ou tocar instrumentos; • Percebe a intenção do compositor da música. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ouvir música; ➤ Trabalhar com ritmos, sons e tempos musicais; ➤ Compor músicas; ➤ Montar um coral; ➤ Usar instrumentos musicais; ➤ Analisar trilhas sonoras; ➤ Produzir trilha para uma peça ou vídeo. |
| <p>Exemplo: compositores, cantores, músicos. Exemplo de pessoa famosa: Mozart, compositor.</p> | |

Fonte: Smole, 1999.

- f) Interpessoal: Capacidade de perceber e distinguir o humor, intenções, motivações e os sentimentos das pessoas, tornando dessa forma o relacionamento mais eficiente (Quadro 6).

Quadro 6 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Interpessoal.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Relaciona-se bem; • Comunica-se bem; • Às vezes manipula opiniões; • Aprecia atividade em grupo; • Gosta de cooperar; • Percebe as intenções dos outros; • Forma e mantém relações sociais; • Influencia as opiniões ou ações dos outros; • Adapta-se facilmente a novos ambientes; • Percebe as diversas perspectivas sociais e políticas; • Mostra habilidades para mediar e organizar um grupo em torno de um trabalho ou de uma causa comum. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Desenvolver atividades que exijam cooperação; ➤ Promover trabalhos em grupo; ➤ Propor jogos; ➤ Estimular a comunicação oral e escrita. |
| <p>Exemplo: psicólogos, terapeutas, professores, líderes políticos, atores, vendedores. Exemplo de pessoa famosa: Silvío Santos, apresentador e animador de televisão.</p> | |

Fonte: Smole, 1999.

- g) Intrapessoal: Capacidade de conhecer a si mesma, administrando seus sentimentos e agindo de forma precisa para gerenciar seus sonhos, ideias, habilidades, necessidades, desejos, etc. (Quadro 7).

Quadro 7 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Intrapessoal.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Consciente dos próprios sentimentos; • Tem um senso do eu bastante desenvolvido; • É motivado e possui metas próprias; • Estabelece e percebe um sistema de valores éticos; • Trabalha de modo independente; • Deseja ser diferente da tendência geral; • Possui 'intuição'; • Tem consciência de seus limites e possibilidades. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabelecer suas próprias metas; ➤ Refletir sobre o próprio raciocínio; ➤ Desenvolver estudos independentes; ➤ Discutir, refletir ou escrever a respeito de suas vivências e sensações; ➤ Permitir-se ser diferente dos outros; ➤ Expressar seus pontos de vista. |
| <p>Exemplo: Romancistas, conselheiros, anciões, sábios, filósofos, gurus, pessoas com um profundo senso do eu, místicos. Exemplo de pessoa famosa: Jesus Cristo, Chico Xavier, Dalai-Lama, John Lennon, Sigmund Freud, Platão.</p> | |

Fonte: Smole, 1999.

- h) Naturalista: Capacidade de reconhecer e distinguir questões referentes à fauna, flora e meio ambiente (Quadro 8).

Quadro 8 – Características e atividades relacionadas à Inteligência Naturalista.

| Características prováveis | Atividades para estimular a habilidade |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Trata bem da natureza; • Pratica esportes ao ar livre; • Gosta de acampar; • Aprecia os animais e plantas e o meio ambiente; • Estuda os ecossistemas. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Viajar para conhecer os diferentes ecossistemas. ➤ Plantar, colher e produzir alimentos. ➤ Cuidar de animais. ➤ Garimpar e consumir produtos ecológicos ou orgânicos. ➤ Pesquisar e preparar receitas naturalistas. |
| <p>Exemplo: biólogos, ecologistas, paisagista, jardineiro. Exemplo de pessoa famosa: Charles Darwin, naturalista.</p> | |

Fonte: Antunes, 1998.

Apesar das diferenciações existentes, há uma interação entre as inteligências. Caso contrário seria complicado se resolver algum tipo de

problema. “Gardner considera, por exemplo, que seria difícil resolver um problema de matemática sem utilizar também as dimensões linguística e espacial” (SMOLE, 1999, p. 15).

Referente ao ensino escolar atual, percebe-se um certo desprezo em relação as inteligências ligadas à esfera pessoal; pois como já foi explanado anteriormente, a nossa sociedade se preocupa quase que exclusivamente com as capacidades individuais do sujeito ligadas à inteligência linguística e a lógico-matemática.

A partir do que foi apresentado, percebemos que a teoria de Gardner propõe um modo diversificado de se compreender a mente humana. Observa-se também que sua teoria amplia as possibilidades de se trabalhar com os estudantes em sala de aula, uma vez que um professor dispõe de uma sala de aula com vários estudantes e esses possuem inúmeras inteligências.

Acreditamos que esta teoria da inteligência é mais humana e mais verídica que as visões alternativas da inteligência e reflete mais adequadamente os dados do comportamento humano ‘inteligente’. Essa teoria tem importantes implicações educacionais, inclusive para o desenvolvimento de currículos. (GARDNER, 1995, p 20).

Dessa forma, observamos que o leque de opções com o qual o professor pode trabalhar se estende, facilitando e diversificando sua atividade.

4 A PRÁXIS DO ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA

4.1 Dificuldades enfrentadas no ensino de ciências

O ensino é um processo sistemático de transmissão de conhecimento no qual se busca transmitir/passar a outros indivíduos o conhecimento adquirido/construído por diversos sujeitos ao longo do tempo com o objetivo de educar e instruir. Garantindo assim a continuidade e aperfeiçoamento do conhecimento.

Já a educação compreende os processos de ensinar e aprender. Esse processo é responsável pela continuidade e aperfeiçoamento do conhecimento, e tem por objetivo a transformação e evolução da sociedade.

[...] a educação pode ser entendida como ação capaz de desencadear mudanças nos sujeitos educandos, visando equipar as novas gerações de um conjunto de valores, competências e conhecimentos que os habilitem a exercer plenamente a condição de sujeitos criativos nos marcos da cultura e da sociedade de que fazem parte. (AGUIAR JR, 2001, p. 1).

A Ciência está presente em nosso dia-a-dia, desde o simples ato de respirar até o complexo funcionamento de um computador. Utilizamos as ciências a quase todo instante e em todos os lugares, até mesmo em uma lavoura. A enxada e a foice são objetos que tem seu funcionamento baseado nas ciências.

Infelizmente, apesar da sua grande importância e vasta aplicação, é perceptível que o interesse pela aprendizagem de ciências em nosso país vem decaindo com o passar dos anos.

Fica evidente, após uma breve observação de como o assunto é tratado pelo atual sistema de ensino, que o propósito de se aprender ciências tem sido descaracterizado, ocasionando diversos problemas no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo a interpretação de Martins (2005), atualmente o ensino de ciências nas escolas tem apenas como finalidade a aprovação nos exames vestibulares, que implica no cumprimento de um programa escolar previsto em certo livro didático ou planejamento escolar.

Alves e Stachak (2005) acrescentam à lista de problemáticas do ensino algumas situações que colaboram para o agravamento do trabalho docente.

Segundo os autores, o ensino é visto pelos estudantes como algo abstrato e longe de sua realidade, o que acaba gerando desinteresse pelo trabalho escolar. Os estudantes importam-se apenas com as notas e com a promoção, o que contribui para o rápido esquecimento dos assuntos estudados; já que esses são muitas vezes apenas memorizados para serem integralmente replicados em avaliações tradicionais. O desinteresse dos estudantes e a falta do desenvolvimento do raciocínio lógico acabam por dificultar ainda mais o trabalho do professor.

Dentre as várias dificuldades enfrentadas pelo professor em sala de aula, uma se destaca mais fortemente: o desinteresse dos alunos pelas ciências e em especial pela Física. Silvério (2001) expõe que há uma quase unanimidade quanto as disciplinas que apresentam o maior grau de desinteresse por parte dos estudantes, e entre elas está a Física.

Os fatores que levam a esse desinteresse são variados: problemas familiares, déficits cognitivos de vários gêneros (de atenção, dislexia, etc.), falta de estrutura física adequada da escola, falta de apoio familiar na educação, falta de base em matérias que constituem um pré-requisito para a aprendizagem da Física como o Português e a Matemática, necessidade de trabalhar cedo para ajudar no sustento familiar, o modo matematizado como a disciplina era cobrada na escola em séries anteriores, concorrência com outros distratores externos: televisão, internet, celular, festas, etc.

Nascimento (2010) destaca algumas das inúmeras dificuldades enfrentadas pelo professor no ensino de Física, dentre elas:

- I. A ênfase exagerada dada à memorização.
- II. A total desvinculação entre o conhecimento Físico e a vida cotidiana.
- III. A ausência de atividades experimentais bem planejadas
- IV. A extensão dos programas curriculares.
- V. O atropelamento dos cursos do ensino médio pelo vestibular.
- VI. A inadequação na sequência dos conteúdos passa uma visão bastante deformada da Física, o que dificulta a compreensão dos conceitos.

VII. Finalmente, talvez o maior problema, e derivado de todos os outros, seja o da dogmatização do conhecimento científico. O conteúdo da ciência é passado ao aluno sem as suas origens, sem o seu desenvolvimento - enfim, sem a sua construção.

Diante de todos esses obstáculos, não é de se admirar que muitos profissionais abandonem a profissão de professor. Porém, aqueles que optam por seguir adiante têm como principal desafio tornarem suas aulas mais atraentes, adaptando diferentes métodos de ensino e utilizando diferentes ferramentas pedagógicas, até que se encontre uma que apresente resultados positivos.

Entretanto, esse trabalho não busca eximir a culpa do desinteresse e o baixo rendimento escolar dos estudantes, pois como é sabido, muitos estudantes também não tem um comportamento adequado perante seus estudos. Muitos deles não se comportam como “aspirantes a detentores do conhecimento” (PRATA, 2012 p. 16). Assim como não devemos esquecer de que os problemas de desinteresse e de baixo rendimento escolar não serão resolvidos exclusivamente dentro de sala de aula, pois vários são os fatores que levam a essa realidade e que estão fora do alcance do professor.

Apesar das mais diversas práticas/métodos pedagógicas(os) que surgem a cada dia, observa-se que o interesse pelo estudo das ciências vem decaindo com o passar dos anos, o que contradiz o comportamento da sociedade moderna em que vivemos; onde, apesar da nossa sociedade ser totalmente dependente do uso das tecnologias, a busca pela informação científica não é algo corriqueiro (PRATA, 2012).

Há sete anos a OCDE testa os estudantes em leitura, matemática e ciências. O Brasil ocupa invariavelmente as últimas colocações. No ranking anterior de ciências, de 2003, o país havia ficado em penúltimo lugar. Nada mudou de lá para cá. No fim do ensino fundamental, os alunos continuam a ignorar a função dos órgãos do corpo humano, encaram com espanto o fato de a Terra girar em torno do Sol, desconhecem o que seja a camada de ozônio e são incapazes de definir a expressão "água potável". (TODESCHINI, 2007, p. 157).

A facilidade do acesso à informação, por si só, não é algo estimulante para as pessoas. É consenso entre os teóricos/estudiosos em educação que as aulas de Física, ainda hoje, são ministradas com conteúdos e técnicas

pedagógicas do século passado. Percebe-se então que, não somente o currículo da disciplina deva ser adaptado às novas realidades da nossa sociedade, mas também as práticas pedagógicas utilizadas em sala de aula.

Sabemos que a física é uma disciplina escolar pouco atraente para a maioria dos alunos. O desinteresse pelo estudo de física não resulta da falta de sua aplicação no cotidiano do aluno, pois ela está presente, por exemplo, no funcionamento de aparelhos eletrônicos existentes na maioria dos lares brasileiros. Também não se pode alegar que é uma disciplina cujo conteúdo seja difícil de se ensinar e aprender. O desinteresse que se reflete na má qualidade do ensino brasileiro exige, portanto, revisão das práticas pedagógicas. (PEREIRA; AGUIAR, 2001, p.66).

Além disso, os professores de ciências, principalmente os que lecionam em escolas da rede pública, alegam que convivem com escassez de recursos didáticos, como laboratórios, e com escassez de tempo também, pois a carga-horária das disciplinas de ciências não é suficiente, muitas vezes, nem para cumprir com os conteúdos previstos no planejamento anual. E não encontramos dificuldades somente no material humano, mas também no material físico como os livros didáticos:

Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como natural; mas não é; já não é natural. (BACHELARD, 1996, p. 30).

Percebe-se então que a necessidade de mudanças nos métodos de ensino é urgente. Essa necessidade, por parte dos teóricos e estudiosos em educação, e as dificuldades encontradas pelos professores no caminho do exercício da sua profissão, são um dos motivadores do presente trabalho, que pretende trazer, para o professor e para o estudante, um auxílio em sua árdua jornada. Com a utilização de analogias como ferramenta pedagógica, espera-se que a aprendizagem do estudante seja mais prazerosa e eficaz, e então, o principal objetivo educacional seja alcançado: a aprendizagem.

4.2 A abstração nas ciências e a linguagem científica

As analogias também se destacam por representarem ferramentas que podem provocar a visualização de temas abstratos, bem como auxiliar a

motivar os estudantes por poderem relacionar conteúdos já ensinados com novas ideias.

Um dos objetivos buscados no momento da aplicação de uma analogia é, através do seu uso, ajudar o indivíduo a compreender conceitos abstratos a partir de experiências concretas. A Física é repleta de conceitos abstratos. Durante o estudo da eletricidade, por exemplo, trabalhamos com diversos conceitos deste tipo, como o campo elétrico, o potencial elétrico, etc. Percebe-se então um nível de abstração mais elevado nessa parte da Física, o que torna plausível o uso de analogias.

Dessa forma, o professor utiliza-se de uma analogia pertencente a algo do cotidiano do estudante (algo concreto) para que esse entenda o conceito físico (algo, às vezes, abstrato), e dessa forma a aprendizagem ocorra. Porém, devemos nos lembrar que boa parte das ciências foi construída a partir da abstração. A abstração faz parte das ciências e o estudante tem que desenvolver este aspecto cognitivo.

[...] a ciência é por si mesma fruto da abstração, e por mais que utilizemos recursos pedagógicos para melhor visualizar a sua totalidade, o estudante deve compreender que as analogias e demais recursos devem ser abandonados na evolução do pensamento humano, pois sem este salto, estaríamos ainda, por exemplo, aprimorando a vela e nunca alcançaríamos a lâmpada elétrica. (PRATA 2012, p.21).

Outra dificuldade comum aos estudantes da Educação Básica é a compreensão da linguagem científica. Para muitos estudantes, a linguagem científica é muito dura, seca, fria, o que leva a maioria dos estudantes a ter certa repulsa pelas ciências. Diante desse fato, muitos professores buscam ferramentas auxiliares em sua caminhada pedagógica com o intuito de facilitar a assimilação do conteúdo por parte dos estudantes. E é buscando diversificar suas aulas que muitos professores recorrem ao uso das analogias. “Os conceitos científicos considerados pelos alunos um tanto “indigestos” são mais facilmente compreendidos com o uso destes recursos que tornam os conceitos mais ‘palatáveis” (FERRAZ e TERRAZZAN, 2003, p. 214).

A linguagem científica tem características próprias que a distinguem da linguagem comum. Essas características não foram inventadas em algum momento determinado. Ao contrário, foram sendo estabelecidas ao longo do desenvolvimento científico, como forma de registrar e ampliar o conhecimento. Essas características, muitas vezes, tornam a linguagem científica estranha e difícil para os alunos. Reconhecer essas diferenças implica em admitir que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica. (MORTIMER et al, 1998. p. 8).

Dessa forma, observa-se que, após a assimilação do conceito, é bom que o estudante faça uso e se adeque à linguagem científica, uma vez que ela busca de forma objetiva, clara e exata, descrever fidedignamente aquilo que é estudado. Pois a linguagem científica é precisa e universal.

4.3 A linguagem do cotidiano no ensino de ciências

A utilização da linguagem figurada (analogias e metáforas) está intrinsecamente ligada ao pilar principal dos estudos de Ausubel, que é a utilização do conhecimento pré-existente do estudante para a aquisição/construção de novos conhecimentos; pois, para o emprego de uma analogia, o professor vale-se de situações familiares ao estudante.

Por outro lado, baseando-se nos estudos de Gardner, seja qual for a analogia utilizada pelo professor, ela estará associada a alguma das suas inteligências múltiplas. Ou seja, a linguagem analógica se utiliza e exercita as inteligências múltiplas do estudante.

Entretanto, acredita-se que de nada adiantará o professor usar uma analogia - que está ligada à raiz do método de Ausubel - e utilizá-la focando em alguma inteligência múltipla do estudante - sustentáculo do trabalho de Gardner - se o professor não utilizar-se de uma linguagem cotidiana (familiar ao estudante).

É imperativo que o leitor perceba que o uso do termo linguagem do cotidiano, nesse texto, refere-se a uma linguagem mais familiar ao estudante. Assim sendo, percebe-se que o uso da linguagem do cotidiano no emprego de uma analogia é uma ação pedagógica que pode auxiliar o estudante a assimilar conceitos científicos com referência em sua própria vida cotidiana, pois:

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. (ZAMBON e TERRAZZAN 2013, p.1).

O uso da linguagem do cotidiano permite ao professor trabalhar segundo as perspectivas de Ausubel (aprendizagem significativa) e Gardner (inteligências múltiplas), além de também facilitar a aprendizagem dos alunos com necessidades especiais; pois, geralmente, estes têm uma dificuldade mais acentuada em compreender a linguagem científica. Sendo assim,

Percebemos então que a linguagem do cotidiano é um caminho para alcançar a cognição dos estudantes e pode ser uma marca registrada na prática pedagógica de um professor que busca alcançar todos os alunos, principalmente àqueles alunos que possuem dificuldades diversas. (PRATA 2012, p. 13).

O Ministério da Educação, através dos PCNEM+, incentiva a utilização da linguagem do cotidiano, favorecendo o diálogo entre o professor e o estudante, para que dessa forma o conteúdo a ser ensinado esteja inserido dentro do mundo que o estudante vive.

E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou televisões, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o Universo. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo. [...] Todas essas estratégias reforçam a necessidade de considerar o mundo em que o jovem está inserido, não somente através do reconhecimento de seu cotidiano enquanto objeto de estudo, mas também de todas as dimensões culturais, sociais e tecnológicas que podem ser por ele vivenciadas na cidade ou região em que vive. (BRASIL, 2002, p. 83).

Rigolon (2008), fazendo referência a Arnay, também defende a correlação entre o conhecimento escolar e o conhecimento popular (linguagem do cotidiano), quando afirma que o que é ensinado na escola está distante do cotidiano dos estudantes, pois estes não conseguem observar que esse conhecimento possa ser útil em sua vida cotidiana. Segundo o autor, o conhecimento escolar deveria abranger o conhecimento cotidiano, para que dessa forma os estudantes conseguissem observar que o conhecimento escolar pode ser utilizado em seu dia-a-dia, transformando assim, o conhecimento popular em um conhecimento escolar.

Sob esta óptica, de forma alguma a linguagem científica e a linguagem do cotidiano são mutuamente excludentes. A linguagem do cotidiano é uma forma mais acessível de comunicação com os estudantes, enquanto que a linguagem científica é menos passível de erros e concepções alternativas.

Silva (2004) concorda que, ao se fazer uma ligação entre os problemas apresentados em sala de aula com o cotidiano do estudante, esse se sentirá mais estimulado a aprender, pois não adianta o professor aplicar um formalismo matemático ou lógico em sala de aula, em relação a um problema, se o estudante não perceber que aquele conhecimento/assunto/conceito de fato se comporta como um problema em sua vida cotidiana. Assim sendo, torna-se necessário que os estudantes sintam-se atraídos pelo conteúdo/assunto que lhes é apresentado, encontrando assim significação nas atividades desenvolvidas em sala de aula.

Dessa forma, percebe-se que “assimilar conteúdos com referências na própria vida cotidiana é uma forma prazerosa e duradoura de aprendizagem” (PRATA, 2012, p. 52).

4.4 A importância do lado afetivo na construção da aprendizagem

Ao fazer uso da linguagem do cotidiano e utilizar-se de fatos já vivenciados pelos estudantes, o professor está utilizando a afetividade (lado afetivo), que também é um importante potencializador da aprendizagem, pois “não há como descartar a afetividade no trabalho escolar e nem nos processos cognitivos. Não há desenvolvimento cognitivo se o sujeito não se envolve com o objeto” (SILVA, 2004, p.3).

Jean Piaget, Henri Wallon e Lev Vygotsky, são alguns, dentre os diversos autores e especialistas na área da educação que creditaram à afetividade uma considerável importância no processo de estruturação cognitiva do sujeito. Maturana (2002) nos mostra o comportamento de nossa sociedade com relação à afetividade:

Vivemos uma cultura que desvaloriza as emoções, e não vemos o entrelaçamento cotidiano entre razão e emoção, que constitui nosso viver humano, e não nos damos conta de que todo sistema racional tem um fundamento emocional. (MATURANA, 2002, p.15).

Percebe-se então que existe uma relação de afetividade dentro da sala de aula entre o professor e o estudante.

No instante em que o professor se utiliza da linguagem do cotidiano, ele está se aproximando do estudante para ter uma visão mais clara de seus conhecimentos prévios, e dessa forma acaba criando entre os dois uma ligação afetiva. A afetividade acaba então tendo um papel importante quando o professor se utiliza da linguagem do cotidiano. Segundo Andrade (2007), Piaget considerava que a afetividade não modificava a estrutura no funcionamento da inteligência, porém, era a energia que impulsionava a ação de aprender, uma vez que “a inteligência humana somente se desenvolve no indivíduo em função das interações sociais que são, em geral, em demasiadamente negligenciadas” (PIAGET, 1967 *apud* LA TAILLE, 1992, p. 11).

Também observar-se um encorajamento do enfoque afetivo nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), quando eles expõem que “os aspectos emocionais e afetivos são tão importantes quanto os cognitivos, principalmente para os alunos prejudicados por fracassos escolares ou que não estejam interessados no que a escola pode oferecer” (PCNs, 1997, p. 64).

Prata (2012) também busca um entrelaçamento entre o uso de analogias com a utilização da linguagem do cotidiano numa esfera emocional:

Uma aposta com potenciais chances de sucesso para o ensino de Física seria a mescla de afetividade e analogia na introdução de conceitos físicos, apelando para o cotidiano do estudante numa esfera emocional, mas ao mesmo tempo buscando análogos para os fenômenos físicos, assim aproximando natureza e convivência. (PRATA, 2012, p. 20).

Um ponto delicado no contexto do ensino-aprendizagem é o fato de que muitos professores de Física não estão preparados para trabalhar nessa perspectiva. A falta de afetividade para com os estudantes, o abandono da linguagem do cotidiano, o hábito de expor aulas excessivamente matematizadas, a falta de habilidade em captar os conhecimentos prévios dos estudantes, a fraca formação inicial do professor, dentre outros problemas, contribui para o sentimento de insegurança desses profissionais, criando assim mais dificuldades em sua caminhada pedagógica.

5 A FERRAMENTA ANALOGIA: UM RECURSO DIDÁTICO

5.1 Breve histórico sobre a utilização de analogias no ensino de ciências.

É atribuído a Aristóteles (séc. IV A.C.) as primeiras teorias sobre analogias e metáforas. A palavra analogia tem origem grega e significa “proporção”, de *ana-*, “de acordo com”, mais *logos*, “razão, palavra”.

Desde seu surgimento, as analogias e as metáforas tem tido um papel importante e foram diferentemente empregadas por uma grande variedade de poetas, teólogos, filósofos e escritores. Para estes as analogias “reservam uma intenção estética, procurando provocar a surpresa, na medida em que pode ser considerado um recurso estilístico que reflete um modo original, diferente de ver e falar do mundo” (DUARTE, 2005, p. 8). Já para os cientistas, ela pode ser “interpretada como um guia das investigações empíricas”, constituindo “um recurso para os teóricos da argumentação” (DUARTE, 2005, p. 8).

Buscando um consenso entre os teóricos e estudiosos contemporâneos em educação, podemos combinar os posicionamentos de Duarte (2005) e Junges (2011). Para elas, o pensamento analógico é frequentemente entendido como sendo uma comparação que busca similaridades entre estruturas de domínios diferentes, um familiar (conhecido) e outro não-familiar (desconhecido), sem ser dedutivo matematicamente.

Para alguns pesquisadores da área educacional, a utilização das analogias possui um objetivo um pouco mais específico.

Na perspectiva educacional, mais especificamente na perspectiva da educação em ciências (portanto a perspectiva que estamos adotando), são ferramentas de uso frequente no processo de construção das noções científicas, estabelecendo relações entre sistemas distintos. Ou seja, um sistema conceitual científico e um sistema conceitual mais familiar. (FERRAZ e TERRAZZAN, 2003, p. 214).

Seja qual for a perspectiva em que as analogias estejam inseridas, fica fácil perceber que o objetivo das mesmas é “tentar garantir que o novo conceito seja compreendido e entendido a partir das semelhanças e das diferenças apresentadas” (NAGEM, CARVALHAES e DIAS, 2001, p. 206).

Há mais de três décadas que diversos estudiosos em educação têm exposto seu interesse no uso de analogias e metáforas como ferramenta de

cunho pedagógico em livros e salas de aula. Para Borges (1998), parte desse interesse deve-se à necessidade de se encontrar novas ferramentas pedagógicas a fim de superar as dificuldades presentes no ato de ensinar ciências.

Efetivamente, nas décadas de 80 e 90, assiste-se a uma intensificação do número de trabalhos de investigação sobre a utilização das analogias na educação em ciências. Esta tendência traduz-se em várias dezenas de trabalhos publicados, quer em revistas quer em atas de congressos, e até num número temático sobre analogias da revista *Journal of Research on Science Teaching*, publicado em 1993. (DUARTE 2005, p. 12).

Diversos cientistas de renome já se utilizaram de analogias e metáforas para exemplificar suas ideias. Maxwell utilizou a pressão da água em canos para descrever matematicamente as linhas elétricas de força de Faraday, Robert Boyle imaginou a colisão elástica de partículas de gás como a colisão de molas helicoidais, Konrad Lorenz usou uma analogia para explicar o movimento aerodinâmico em pássaros e peixes, Kekulé derivou sua ideia de um anel de benzeno a partir de um sonho onde viu a imagem de uma serpente mordendo a própria cauda, para apresentar a natureza da luz como sendo ondulatória, Huygens a comparou com ondas na água. Esses alguns dentre tantos outros exemplos de analogias utilizadas durante a evolução das ciências.

Bozzeli e Nardi (2004) reforçam o potencial da linguagem analógica e metafórica, corroborando que seu uso (sua essência) se baseia no princípio do conhecimento pré-existente de Ausubel. Segundo os autores, a linguagem analógica e metafórica constitui estratégia de ensino fundamental na aprendizagem de conteúdos complexos, pois auxiliam a construção, ilustração ou compreensão de domínios científicos desconhecidos a partir de domínios familiares. “Para Coll *et al.* (1998), quanto mais o assunto for afastado da realidade social ou perceptiva dos alunos, mais frequente deve ser o uso do raciocínio analógico para aproximá-lo do conhecimento que os alunos já possuem” (COLL, 1998 *apud* RIGOLON, 2008, p.31).

5.2 Nomenclaturas associadas às analogias

Para darmos continuidade ao nosso estudo sobre analogias, precisaremos definir alguns termos. Estes servirão de molde, de forma que cada analogia a ser utilizada se encaixe em seus conceitos pré-definidos. Dessa forma, padroniza-se a construção das analogias a serem utilizadas.

Diversos autores utilizam termos diferentes para moldar a forma como se utilizam as analogias, porém, segundo Duarte (2005), apesar dos diversos termos utilizados, sua função não é muito divergente. Os termos mais comumente trabalhados são:

- a) Domínio desconhecido: também conhecido como domínio não-familiar, alvo, problema, objeto, tema ou tópico. É o conceito científico que está querendo se expor, que pode ser total ou parcialmente desconhecido, que será descrito, explicado ou ilustrado por meio da analogia.
- b) Domínio conhecido: também conhecido como: domínio familiar, análogo, veículo, canal, ponte, base, âncora, fonte, foro. É a parte do conhecimento pré-adquirido do estudante que servirá de ponte (canal) entre o conhecimento pré-adquirido (domínio conhecido) e o novo conhecimento (domínio desconhecido).

Faz-se necessário enfatizar que o “domínio conhecido” deve estar dentro da estrutura cognitiva do estudante, ou seja, ao se formular uma analogia o professor deve ter certeza de que o estudante possua os pré-requisitos necessários para compreender a analogia: "A construção cuidadosa de analogias e sua inclusão na instrução deve assegurar que a analogia não é levada demasiado longe e que o veículo está dentro do conhecimento do aprendiz" (CURTIS & REIGELUTH, *apud* NAGEN, CARVALHAES e DIAS, 2001, p. 202. Tradução nossa).

Não buscamos aqui estabelecer uma rígida forma de diferenciar certos conceitos que, diversos autores defendem em equiparar, já que estes apresentam situações semelhantes entre o domínio conhecido e o domínio desconhecido e têm a mesma função pedagógica: auxiliar o aprendizado.

Dessa forma, assim como defende Dagher (1995), ao longo desse trabalho metáforas e analogias serão tratadas como sinônimos.

Muitas vezes, diferentes recursos (de ensino ou não) são utilizados indistintamente como analogias. Entre estes recursos, podem ser citados: o exemplo, a metáfora, o símile, o modelo, entre outros. Segundo Duarte (2005), alguns autores defendem a indiferenciação de análogo com modelo, símile e metáfora, já que para estes, todos os três apresentam situações semelhantes ao novo conceito não familiar que será explicado. (DUARTE, *apud* JUNGES, 2011, p. 18).

Dessa forma, será apresentada a utilização de analogias como um método alternativo para a construção de uma aprendizagem mais significativa, independentemente de suas diferenças ou similaridades, por muitas vezes nos referindo a estas simplesmente como: linguagem figurada.

5.3 Funções, potencialidades, validade e classificação das analogias

Para diversos pesquisadores do ramo, as analogias possuem diferentes finalidades, funções e potencialidades.

De forma bem concisa, Duarte (2005), considera que as analogias possuem a finalidade de “esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece” (Duarte, 2005, p. 8).

5.3.1 Funções

Já Godoy (2002), discute de forma mais detalhada as funções das analogias aplicadas ao ensino:

- a) Explicar: Nos ajuda a compreender melhor um fenômeno ou um problema, facilitando a assimilação do novo a partir de coisas conhecidas.
- b) Popularizar: Nos últimos anos, o uso da linguagem figurada tem adquirido uma importância muito grande. Diversos meios de divulgação científica passaram a utilizar essa linguagem como forma de popularizar as ciências. Como o público em geral desconhece a linguagem científica, faz-se necessário a adaptação dessa linguagem como forma de socialização do conhecimento, além de garantir uma maior abrangência de público.

Como vivemos em uma sociedade democrática, é imperativo que todos os cidadãos tomem conhecimento das descobertas científicas e possam, dessa forma, discutir suas implicações, tendo assim uma maior participação na construção de um Estado Democrático.

Como a Ciência não pode ficar presa, restrita, apenas ao círculo de pesquisadores, seus maiores divulgadores têm adotado as analogias como principal ferramenta retórica. As revistas que tratam de ciências utilizam as analogias para suavizar a linguagem científica e transmiti-la ao povo.

Godoy (2002) ilustra no trecho a seguir a grande importância do uso da linguagem figurada, assim como seu alcance.

Revistas de divulgação científica, como a *Scientific American*, *American Scientist*, *The New Scientist*, *Ciência Hoy*, *Ciência Hoje*, estão cheias de analogias, alguma delas muito engenhosas. Um ex-diretor da National Science Foundation, referindo-se a importância de que o público em geral compreenda os avanços da ciência e o que significam esses avanços para a população, escreve: "O nosso desafio é aprender que a terminologia obscura e detalhada dos nossos campos científicos não é o caminho para que o público compreenda nosso trabalho. Precisamos incorporar analogias e metáforas como ferramentas para ajudar os outros a entender. (LANE, *apud* GODOY, 2002).

- c) Generalizar: As analogias têm função de relacionar coisas diferentes, servindo de base para um processo de generalização. Se vários problemas são análogos, podemos usar o processo de indução para extrair conclusões a partir desses casos análogos.
- d) Formular hipóteses: Gerar novas hipóteses a serem investigadas. Ponto importante no campo da pesquisa.
- e) Modelar: Gerar um modelo provisório, porém satisfatório, até que surja, no futuro, uma melhor solução para o problema.
- f) Validar: As analogias podem ser utilizadas para validar conceitos de um novo campo de conhecimento (domínio desconhecido), utilizando-se uma transferência de conhecimentos de determinado domínio conhecido.
- g) Predizer: Realizar previsões sobre um problema novo (domínio desconhecido) utilizando previsões realizadas sobre um problema antigo (domínio conhecido).

Nas analogias entre dois campos da física, se as equações que governam ambos os fenômenos são as mesmas (por exemplo, as equações de Laplace), então as soluções são as mesmas funções (por exemplo, funções harmônicas). Se as equações são apenas similares, se podem transferir métodos matemáticos, técnicas numéricas ou experimentos de um campo para outro. (GODOY, 2002, p. 425).

- h) Estruturar: Essa função permite dar uma estrutura a um problema novo (domínio desconhecido) a estrutura de um problema antigo (domínio conhecido).

Del Re menciona a analogia entre as moléculas em química e um sistema macroscópico constituído por esferas e molas. Para a pergunta: Uma molécula tem estrutura? A resposta é: "...uma molécula tem uma estrutura no sentido que tem propriedades análogas a estrutura de um modelo de molas e esferas... Esta analogia é a origem e justificação da estrutura e forma que caracterizam as propriedades moleculares... As propriedades geométricas e mecânicas do modelo macroscópico se supõem que se correspondem muito bem (embora não completamente) com as propriedades da molécula. (DEL RE, *apud* GODOY, 2002).

5.3.2 Potencialidades

Segundo Duarte (2005) a utilização de analogias no ensino possui certas potencialidades. A autora alega que as analogias:

- a) Levam à ativação do raciocínio analógico, organizam a percepção, desenvolvem capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de decisões;
- b) Tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstratos, podendo promover o interesse dos alunos;
- c) Constituem um instrumento poderoso e eficaz no processo de facilitar a evolução ou a mudança conceitual;
- d) Permitem perceber, de uma forma mais evidente, eventuais concepções alternativas;
- e) Podem ser usadas para avaliar o conhecimento e a compreensão dos alunos.

Sendo um dos precursores do estudo das analogias no ensino, Shapiro (1985) possui uma visão mais simples acerca do uso das analogias se

compararmos com os conceitos de Duarte (2005) e Godoy (2002). Shapiro (1985) considera que as analogias:

- a) Ajudam a estruturar a memória já existente, preparando-a para novas informações, de modo que permite aumentar o preparo da estrutura cognitiva;
- b) Tornam as novas informações recebidas mais concretas e fáceis de imaginar, de modo que o processamento de uma nova informação, sob a influência de uma analogia, irá exigir mais da capacidade cognitiva do que se nenhuma analogia fosse utilizada;
- c) Estão ligadas aos processos de visualização mental, não tendo o mesmo efeito em diferentes níveis de visualização.

Segundo Kaufmman (1980 *apud* SHAPIRO, 1985), a percepção de uma analogia por parte dos estudantes se dá sob a forma de imagens mentais. Então, percebe-se que o sucesso para a correta assimilação de uma analogia também depende da capacidade do estudante em formar (originar) imagens mentais (visuais).

Observa-se que a habilidade do estudante de gerar imagens mentais (visuais) está diretamente ligada à pesquisa de Gardner. Pois essa visualização de imagens mentais acabará por recair em alguma de suas inteligências múltiplas, visto a grande variedade de imagens mentais que podem ser criadas com a utilização de uma analogia.

O recurso da linguagem analógica também serve como forma de desmistificar o conteúdo que está sendo ensinado. Pois, o professor, ao valer-se de uma analogia como ferramenta de ensino para facilitar o aprendizado do estudante pode, ao final da exposição, mostrar que o conteúdo a ser ensinado é tão simples quanto o análogo que ele utilizou (SHAPIRO, 1985).

Sendo assim, “as analogias em ciências não têm porque se limitar a relacionar problemas, e podem estabelecer-se sobre outros domínios, como conceitos, comportamentos, fenômenos, experimentos, métodos, teorias” (GODOY, 2002, p. 426). Ou seja, o campo de atuação das analogias é muito vasto.

5.3.3 Parâmetros para a validade de uma analogia

Preocupados com o possível insucesso na utilização de uma analogia por conta de suas características não transferíveis entre o domínio familiar e não-familiar, alguns pesquisadores condenam seu uso no ensino.

Esperando que a utilização de uma analogia não surta efeito negativo, Glynn (1989, *apud* JUNGES, 2011) estabelece três parâmetros para validação de uma analogia:

1. O número de características comparadas.
2. A similaridade entre as características comparadas.
3. A substancialidade entre as características comparadas.

Dessa forma, percebe-se que a probabilidade de êxito na utilização de uma analogia está ligada ao número de características similares compartilhadas pelo domínio análogo e o alvo. Dessa forma, quanto maior for a quantidade de características similares compartilhadas, maior será a chance de êxito na utilização da analogia. Entretanto, pode-se obter êxito na utilização de uma analogia mesmo essa tendo poucas similaridades entre o domínio análogo e o alvo, bastando que, para isso, essas similaridades se apresentem bastante substanciais.

5.3.4 Classificação das analogias

Motivados pela crescente utilização das analogias como recurso didático, diversos pesquisadores buscaram classificar as analogias com o intuito de sistematizar seu uso. Após uma vasta pesquisa acerca do assunto, Curtis e Reigeluth (1984) proporam uma classificação detalhada das analogias (Quadro 9).

Quadro 9 – Classificações relacionadas às analogias

| | | |
|-----------------------------------|--|--|
| 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. |
| 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. |
| CONDIÇÃO DA ANALOGIA | Concreta-concreta | Quando alvo e análogo são de natureza concreta. |
| | 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. |
| POSIÇÃO DO ANÁLOGO NA EXPLICAÇÃO | Análogo apresentado no início da instrução | O análogo pode ser apresentado no começo da instrução, portanto, antes do alvo, funcionando como um <i>organizador avançado</i> . |
| | Análogo apresentado durante a instrução | O análogo pode ser apresentado durante a instrução num momento onde o conteúdo é mais difícil para o aprendiz. Nessa posição atua como um <i>ativador encravado/inserido</i> permitindo clarificar as informações precedentes e/ou podendo funcionar como um guia para as próximas informações sobre o alvo. |
| | Análogo apresentado no final da instrução | O análogo pode aparecer no final da instrução, atuando como um <i>pós-sintetizador</i> , ou seja, auxiliando na síntese da informação precedente e concluindo a explicação sobre o alvo. |
| 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. |

Fonte: CURTIS e REIGELUTH (1984).

5.4 A espontaneidade do pensamento analógico (e sua formação)

O pensamento metafórico é natural da cognição humana: “Metáforas estão na raiz da nossa conceitualização e entendimento do mundo físico e são um fenômeno de cognição e não somente um fenômeno linguístico ou de comunicação” (LAKOFF e JOHNSON, 1983 *apud* MARTINS *et al.* 1999, p. 5).

Garcia (2006) entende que a utilização de metáforas e analogias acontece de forma automática em nossa psique (alma, espírito). Segundo ele, uma ideia ou uma imagem sempre nos traz à memória outra (ideia ou imagem) que contraria ou se assemelha. Dessa forma, estabelecer contrastes e analogias são procedimentos naturais do ser humano.

Observa-se a manifestação do pensamento analógico em diversas situações, desde um documento científico a uma simples conversa do dia-a-dia. Desse modo, percebe-se que “mais do que um recurso didático as analogias têm um caráter linguístico sempre atual, independente de tempo e lugar” (NUNES, 2010, p. 32).

As analogias não estão presentes apenas em situações de ensino: elas aparecem a todo instante em nossas conversas, ao tentarmos explicar alguma coisa para outra pessoa, e mesmo em nossos pensamentos, quando tentamos entender algo novo. Por isso, o raciocínio analógico é um importante componente da cognição humana. (DAGHER, 1994 *apud* MÓL, 1999).

A utilização de analogias e metáforas não se apresenta apenas quando nos deparamos com uma situação nova. Mesmo quando nossa mente possui uma designação já existente para algo, surge, no sujeito, um impulso interior que estimula/incentiva/instiga a preferência por uma expressão analógica (PAUL, *apud* BUHLER 1950, trad. esp., p. 388).

Por isso mesmo é que não é de se estranhar que as pessoas em geral têm predisposição ao pensamento analógico. Dessa maneira, de forma consciente ou inconscientemente, diversos professores e autores de livros didáticos utilizam analogias em suas explicações (FERRAZ e TERRAZAM, 2003). Assim sendo, “muito antes de estarem postas como estratégias para a mudança conceitual, a analogia é parte integrante de nossa cognição e, portanto, são ferramentas pedagógicas indispensáveis” (FERRAZ e TERRAZAM, *apud* RIGOLON e OBARA, 2010, p.20).

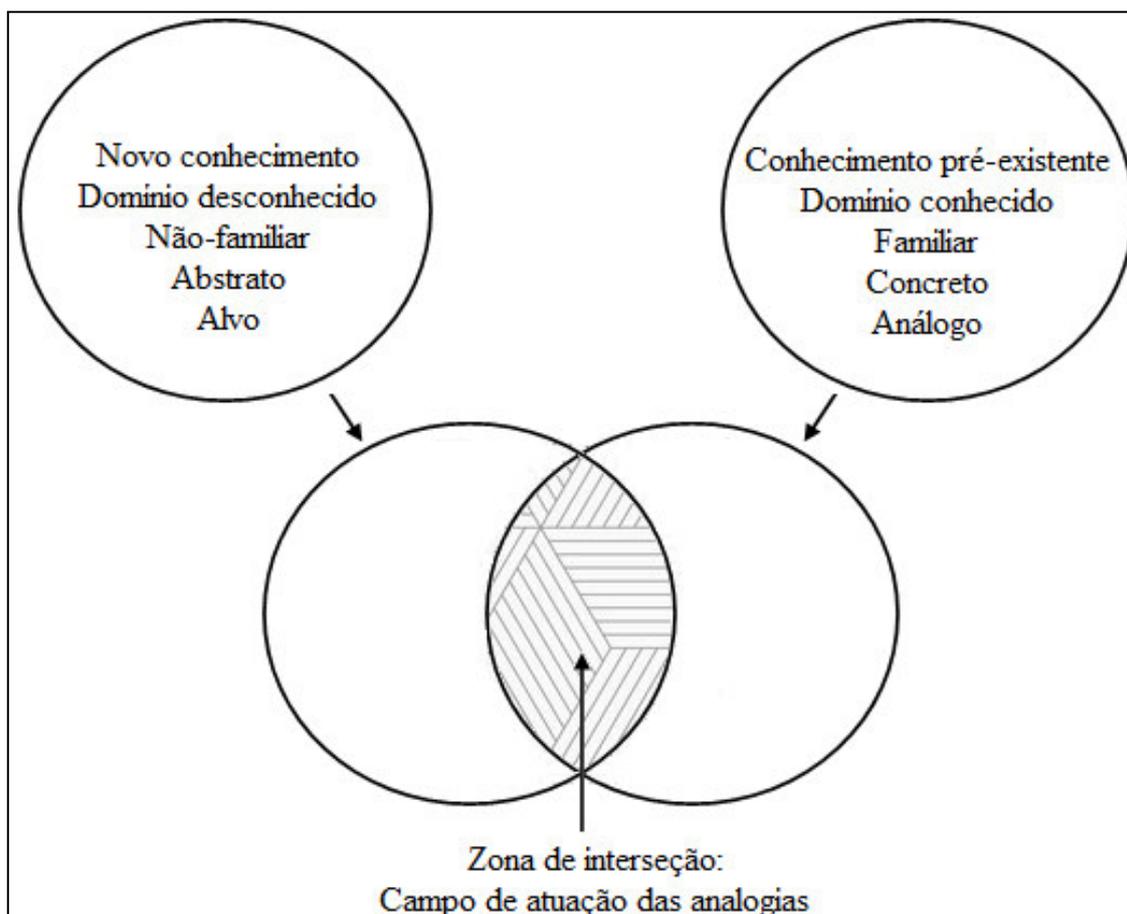
Para Ausubel, o sujeito só aprende algo novo se ele relacionar o novo conhecimento com um conhecimento pré-existente em sua estrutura cognitiva. E a forma como o pensamento analógico se estrutura na mente do sujeito requer que ele estabeleça conexões entre o que ele está aprendendo e o que ele já sabe/conhece.

O raciocínio humano se baseia em algo conhecido, nos elementos já pertinentes à estrutura cognitiva do sujeito. Nós julgamos os novos elementos aos quais somos expostos, por meio de analogias à nossa experiência acumulada até então, nós usamos o arcabouço cognitivo que já possuímos para lidar com dados novos, portanto o tratamento dessas novas informações vai ser elaborado nas relações que o sujeito estabelecer entre elas e sua estrutura cognitiva atual, e um dos mecanismos de construção dessas relações é o uso de analogias. (GOULART, 2008, p. 27).

Inicialmente o indivíduo se depara com um novo conhecimento, e então busca em sua memória conhecimentos pré-existentes que o auxiliem na concepção do novo conhecimento. Por conseguinte, surge no sujeito uma comparação análoga àquela ao novo conceito, fortificando e solidificando o conhecimento adquirido.

Dessa forma, podemos ilustrar a estruturação do pensamento analógico na mente de um sujeito como sendo a interseção de dois círculos, de modo que um não superponha totalmente o outro (Figura 1).

Figura 1 – Diagrama explicativo das ideias de Garcia (2006).



Fonte: GARCIA (2006). Ilustração: Autor.

O primeiro círculo representa o novo conhecimento, um domínio ainda desconhecido. Um poeta o definiria como sendo “o objeto de desejo das mentes curiosas”. Já o segundo círculo representa o conhecimento pré-existente, aquilo que já se conhece e que servirá como base para o entendimento do “desconhecido”.

Esse modelo de círculos secantes foi inspirado nos "filtros duplos" imaginados por K. Buhler. Entretanto, em seu modelo original, o autor nada fala sobre esses dois círculos possuírem diâmetros iguais. Mas, como é facilmente observável, o círculo que representa o *novo conhecimento* é muitas vezes maior do que aquele que representa o *conhecimento pré-existente*, uma vez que aquilo que não sabemos é incomparavelmente maior se comparado àquilo que julgamos saber.

Assim sendo, fica fácil perceber que o pensamento analógico está intrinsecamente ligado à cognição humana.

5.5 A ferramenta Analogia

5.5.1 Analogias em diversos ramos do conhecimento

Apesar de sua larga utilização nas ciências, a linguagem analógica não é, e nem nunca foi de sua exclusividade. Poetas, teólogos, filósofos e escritores já se valiam dessa linguagem muito antes da mesma ser utilizada nas ciências. Seu campo de atuação é bem vasto e as funções diferem dependendo da área em que está inserida. A seguir, podemos visualizar algumas áreas onde podemos encontrar as analogias (Quadro 10).

Quadro 10 – Exemplos de analogias em diversas áreas do conhecimento.

| Área | Função |
|----------|---|
| Direito | Utilizadas na retórica de um advogado, promotor ou réu para convencer o juiz ou o júri sobre o que lhe é conveniente. As citações de jurisprudência são os exemplos mais claros do argumento por analogia, que é bastante útil porque o juiz será, de algum modo, influenciado a decidir de acordo com o que já se decidiu, em situações anteriores. |
| Biologia | Utilizadas para relacionar órgãos de diferentes animais que possuem origem e anatomia semelhantes, mas funções diferentes; ou órgãos que possuem origem e anatomia diferentes, mas desempenham a mesma função. |

| Área | Função |
|--------------------------|--|
| Linguística | Mudança estrutural de uma palavra para adaptação a outra palavra já existente. Exemplo: Uma criança pode falar “desengordar”, por analogia a desmanchar. |
| Literatura | A poesia é repleta de metáforas e analogias, cuja função é escapar ao uso tradicional da língua. “O amor é um fogo que arde sem se ver; é ferida que dói e não se sente; é um contentamento descontente; é dor que desatina sem doer...” <p style="text-align: right;">Amor é um fogo que arde sem se ver, Luís de Camões</p> |
| Música | <p style="text-align: right;">Pais e Filhos, Renato Russo</p> “Sou uma gota d’água, sou um grão de areia Você me diz que seus pais não te entendem, Mas você não entende seus pais.” “Se em teu formoso céu, risonho e límpido” Dos filhos deste solo és mãe gentil” Deitado eternamente em berço esplêndido” <p style="text-align: right;">Hino Nacional Brasileiro, Joaquim Osório Duque Estrada</p> |
| Humorismo | Utilizadas para acentuar as características entre coisas sem aparente semelhança: “Não sou parafuso, mas vivo apertado” “Amor é igual a fumaça, sufoca, mas passa” |
| Religião | Utilizadas para transmitir ensinamentos: ³⁰ Novamente ele disse: "Com que compararemos o Reino de Deus? Que parábola usaremos para descrevê-lo? ³¹ É como um grão de mostarda, que, quando plantada, é a menor semente de todas. ³² No entanto, plantada, ela cresce e se torna a maior de todas as hortaliças, com ramos tão grandes que as aves do céu podem abrigar-se à sua sombra". <p style="text-align: right;">Bíblia Sagrada, Marcos 4:30-32</p> |
| Brincadeiras de adivinha | O que é, o que é? Tem cabeça mas não é gente, tem dente mas não é pente. Resposta: Alho. O que é, o que é? Dá só um pulinho e já está vestido de noiva? Resposta: Pipoca. |

Fonte: Rigolon, 2008. Baseado nos exemplos apresentados em “O conceito e o uso de analogias como recurso didático por licenciandos de biologia”.

A partir do que foi exposto, percebe-se que o campo de atuação das analogias é vasto e não se delimita apenas a área das ciências, mas está presente em diversos ramos do conhecimento. Assim sendo, observa-se que a linguagem analógica é uma constante companheira da cognição humana.

5.5.2 Analogias em livros de Física

Ao se analisar um livro texto (didático) de Física, percebemos que é comum a utilização da linguagem analógica quando os autores desejam descrever conteúdos abstratos, como: potencial elétrico, calor, campo magnético, teorias ondulatórias, etc. Existem diversos trabalhos relativos ao tema: Analogias em livros de Física, como o de Junges (2011), por exemplo. Essa abordagem auxilia os estudantes a trabalharem com novas situações estabelecendo ligações entre o novo conteúdo e seus conhecimentos prévios.

Para Glynn (*apud* JUNGES, 2011, p. 27) a utilização de analogias é “um método bastante eficaz quando se pretende que os alunos integrem seu conhecimento prévio com um novo conhecimento que é abordado em um livro texto”. Duarte (2005) cita que a utilização de analogias nos livros texto de ciências tem início no século XIX, quando Lord Kelvin utilizou-se de tal linguagem em seus textos e Maxwell utilizou-se dessa mesma ferramenta para fazer um comparativo, através das semelhanças, entre um circuito elétrico e um circuito hidráulico. Observemos o que diz Faraday, em uma carta a um amigo, no ano de 1845:

Difícilmente pode imaginar como luto para utilizar as minhas idéias poéticas na descoberta de analogias e figuras remotas relativas a terra, ao sol e a toda a classe de objetos – porque acredito que é a forma verdadeira (corrigida pelo discernimento) de levar a cabo uma descoberta. (SUTTON, 1996 *apud* DUARTE, 2005 p.8).

Em sua pesquisa, Duarte (2005) ainda elenca alguns argumentos proferidos por diversos pesquisadores em educação, destacando diversos motivos para as analogias estarem presentes em livros de texto:

- I. As analogias podem mudar a linguagem do manual, tornando-a mais compreensível e atrativa (MERZYN, 1987);
- II. Elas facilitam a aprendizagem (GILBERT, 1989);
- III. Promovem uma codificação mais rápida da informação e a sua mobilização (ROYER & CABLE, 1976);
- IV. Ativam estruturas cognitivas (MAYER, 1985);

- V. Aumentam a imaginação do aluno, ajudando à formação de imagens mentais que facilitam a construção de novas estruturas conceituais (SCHALLERT, 1980).

Entretanto, devemos nos atentar para o fato de que os livros texto são objetos estáticos. Estáticos no sentido de não interagirem com os estudantes. Os conhecimentos ali expostos são inalteráveis, pois as letras não irão se reagrupar para formar novas palavras. Isso significa que uma vez uma analogia estando exposta em um livro didático, esta permanecerá inalterável, possivelmente sem: complementos, aprofundamento na comparação entre os domínios familiar e não-familiar, a cautela para que não sejam retidos aspectos irrelevantes, a exposição dos limites da analogia e seus aspectos não transferíveis entre os domínios familiar e não-familiar. Dessa forma:

Os professores, ao utilizarem analogias em sala de aula, devem estar atentos às potencialidades e dificuldades da aplicação destas analogias, mesmo quando estas se apresentam prontas nos livros didáticos. As analogias devem ser estudadas detalhadamente, quando incluídas como recurso didático mediador entre o processo de ensino e aprendizagem nos planos de aula dos professores. (JUNGES, 2011, p. 6).

Isso reforça ainda mais a importância da presença do professor no processo de ensino-aprendizagem. O professor, diferentemente do livro-texto, é um ser pensante e que tem o poder de se adaptar às diferentes situações que a prática pedagógica exige.

Esse pensamento exhibe respeito ao professor, mostrando-o como um crítico do conhecimento explicitado em um livro didático, e modificador (adaptador) desse mesmo conhecimento; tudo isso com o intuito de apresentar ao estudante o conhecimento de uma forma que seja melhor compreendido. Assim sendo, sua presença pode minimizar ao máximo as dificuldades encontradas na utilização de analogias.

Entretanto, devemos nos lembrar que o estudante deve estar disposto a aprender significativamente. O interesse do estudante desempenha um importante papel na aprendizagem significativa; pois é necessário que ele esteja aberto ao novo conhecimento.

5.5.3 As analogias no processo avaliativo

Baseado em estudos desenvolvidos com estudantes, Zambon e Terrazzan (2013) acreditam ser possível a criação de analogias propostas pelos próprios estudantes como um instrumento de avaliação.

Esses autores afirmam que a produção de analogias por parte dos estudantes é uma boa estratégia de avaliação, tanto para a compreensão do conceito quanto para o exercício do procedimento de pensar analogicamente.

Assim sendo, torna-se necessário a organização e produção de material avaliativo para as aprendizagens de tipo procedimental e atitudinal. Tal conduta baseia-se na tendência observada nos currículos escolares atuais, que apontam a necessidade de se inserir no ensino não apenas conceitos, mas também procedimentos e atitudes como conteúdos de ensino.

Os pesquisadores consideram possível que as analogias possam ser utilizadas como instrumento avaliativo na disciplina de Física, desde que os estudantes tenham trabalhado anteriormente com essa ferramenta, e compreendido o motivo de seu uso. Vale salientar que os estudantes precisam compreender que as analogias são parte do processo de aprendizagem, e não o alvo do estudo.

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. (ZAMBON e TERRAZZAN 2013, p.2).

Rigolon e Obara (2009) acreditam que o pensamento analógico pode, em parte, substituir as atividades de memorização dos estudantes. Fugindo dessa forma dos métodos tradicionais conteudistas de ensino.

Um aspecto muito importante que também chama à atenção é a diferenciação das analogias produzidas por principiantes (novatos) e especialistas. Kaufman *et al*/ observou que há diferenciações em dois aspectos: propósito do uso e origem do análogo.

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. (ZAMBON e TERRAZZAN, 2013, p.2).

Dessa forma, baseando-se nos estudos desses autores e observando as tendências dos currículos escolares da atualidade, percebe-se que as analogias podem ser utilizadas como instrumento avaliativo na disciplina de Física, desde que certas precauções sejam tomadas.

Este constitui então mais um ponto favorável a essa técnica de ensino

5.5.4 Modelos de ensino com analogias

As analogias são importantes constituintes da linguagem humana, e podem, por sua própria natureza, serem utilizadas como ferramentas pedagógicas para o ensino de ciências (NUNES, 2010). Entretanto, a utilização desse recurso didático não deve ser empregada de forma leviana, pois como será melhor esclarecido posteriormente, as analogias possuem limitações e falhas. Muitos professores acabam por utilizar analogias de forma espontânea, sem dar a essas um tratamento mais formal.

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. (ZAMBON e TERRAZZAN, 2013, p.2).

E é pela falta de algum modelo que o emprego das analogias acaba sendo subjetivo, revelando-se em alguns profissionais como uma espécie de dom (aptidão/talento).

[...] a habilidade de escrever boas analogias, é o que os psicólogos chamam de “processual” ao invés de “declarativo”. Conhecimento processual é o conhecimento de como fazer coisas, ao invés de como explicar isso em palavras (declarativo). Pelo fato dos autores e professores não terem guias de como desenvolver analogias, o desenvolvimento das analogias ainda é subjetivo, por ser mais uma arte que uma ciência. (GLYNN, 1989, p. 193).

E é buscando minimizar esses problemas que diversos pesquisadores em educação propuseram modelos de ensino que se utilizam das analogias como forma complementar às práticas pedagógicas tradicionais de sala de aula. Dentre a grande variedade dos modelos de ensino existentes que se utilizam de analogias, temos a seguir a exposição de alguns deles.

I. O GMAT

Inquietado sobre a utilização recorrente do uso de analogias em sala de aula, Zeitoun desenvolveu, em 1984, um trabalho sobre o assunto acerca da utilização dessa ferramenta de ensino, o General Model of Analogy Teaching (GMAT) – Modelo Geral de Ensino com Analogia. Onde estruturou um modelo de ensino como uma espécie de manual, onde segundo ele, o sucesso da aplicação de uma analogia dependeria de nove passos a serem seguidos pelo educador (Quadro 11).

Quadro 11 – Etapas do processo de uso do GMAT

| Etapas | Execução |
|--------|--|
| 1 | (Opcional). Verificação das habilidades de raciocínio analógico dos estudantes, da mesma forma como suas habilidades em gerar imagens visuais. (Passo importante, porém de difícil execução visto o limitado tempo que o professor dispõe durante as aulas). |
| 2 | Explorar o conhecimento prévio dos estudantes; estabelecendo dessa forma se a utilização das analogias surtirá ou não o efeito desejado. Segundo a visão de ensino significativo (Ausubel), essa etapa se estabelece como uma das mais importantes na construção de novos conhecimentos. (Novamente um passo de fundamental importância, que é prejudicado pelo mesmo motivo do passo anterior). |
| 3 | Verificação quanto à presença de analogias no material didático dos estudantes. Caso a ocorrência seja de não existência, o professor deverá produzir suas próprias analogias ou buscar, em outras fontes, analogias já existentes. (Esse passo ocorre durante o planejamento da aula por parte do professor). |
| 4 | Avaliar a adequação (pertinência) da analogia que será utilizada. Ou seja, selecionar aquela (ou aquelas) que possui maior número de semelhanças entre o análogo e o alvo, e identificar o grau de complexidade da analogia. (Esse passo também ocorre durante o planejamento da aula). |

| Etapas | Execução |
|--------|---|
| 5 | Determinar as características (os atributos) das analogias. Relacionar as semelhanças entre o domínio conhecido (análogo) e o domínio desconhecido (alvo). (Também se sucede durante o planejamento da aula). |
| 6 | Selecionar as estratégias de ensino e o meio pelo qual a analogia será apresentada aos estudantes. As analogias poderão ser desenvolvidas pelos estudantes ou pelo professor, e essas poderão ser expostas através de discurso oral, por escrito, através de cartazes, tabelas, vídeos, apresentações teatrais, em formato de multimídia, etc. (Esse passo também se realiza durante o planejamento da aula). |
| 7 | Apresentação da analogia. Deve o professor, nesse passo, auxiliar os estudantes a identificar as semelhanças e as limitações entre os domínios: análogo e alvo. (Essa etapa requer do professor um amplo conhecimento dos dois domínios, de forma que ele possa responder a quaisquer questionamentos dos estudantes com relação aos dois domínios). |
| 8 | Avaliar os resultados, verificando se o objetivo da utilização da analogia foi alcançado, observando se não houve concepções erradas em relação ao assunto em questão. (Essa etapa acontece tanto durante a aula quanto após a mesma). |
| 9 | Revisar as etapas do processo. Rever as etapas de modo a modificar ou acrescentar algo no intuito de melhorar o modelo como um todo. (Essa etapa acontece tanto durante a aula quanto após a mesma). |

Fonte: Dagher, 1998. Baseado no modelo apresentado em “The Case for Analogies in Teaching Science for Understanding”.

II. Modelo das analogias múltiplas

O modelo das analogias múltiplas foi proposto por Spiro *et al* (1989). Esse modelo consiste na produção de múltiplas analogias interligadas entre si, onde cada analogia subsequente é construída a partir da analogia anterior. A função da analogia subsequente é a de reparar as falhas ou limitações da analogia anterior. Dessa forma, a cada analogia apresentada (discutida) eleva-se a compreensão daquilo que se deseja ensinar; sendo dessa forma (segundo o autor) mais efetivo do que fosse utilizada apenas uma analogia.

III. O TWA

O modelo TWA (Teaching With Analogies) – Ensinando com analogias – foi desenvolvido por Glynn em 1991 e é um dos mais adotados, tanto em sala de aula, por professores, quanto por autores de livros-texto. Pires (2006) nos mostra que esse modelo é defendido por pesquisadores no assunto como Dagher (1995) e Ferraz & Terrazzan (2003) como sendo um modelo que coloca o estudante como um participante direto e ativo na construção de seu

conhecimento, assim como possibilita o desenvolvimento de outras competências.

A periodicidade com que encontramos o método de Glynn na literatura relativa ao ensino de ciências é vasta. Sua grande aceitação deve-se a simplicidade do método assim como sua eficácia.

O presente modelo foi desenvolvido a partir da preocupação de Glynn com a utilização de analogias no ensino de ciências de forma inadequada. Após pesquisar sobre o assunto em diversos livros-texto, manuais de ensino de ciências, e até mesmo aulas de professores de ciências, Glynn percebeu que seis etapas constituíam a forma com que uma analogia era construída e colocada em prática. Partindo desse ponto, Glynn desenvolveu um modelo de ensino com a utilização de analogias que serve de base na orientação de professores e de escritores de livros-texto que queiram utilizar-se dessa ferramenta de ensino.

A seguir estão relacionadas as seis etapas do processo (Quadro 12).

Quadro 12 – Etapas do processo de uso do TWA

| Etapas | Execução |
|---------------|--|
| 1 | Introduzir o conceito alvo. (Nessa etapa o professor deve fazer uma explicação introdutória sobre o assunto, onde sua extensão dependerá da analogia utilizada); |
| 2 | Propor uma experiência ou situação análoga. (Aqui o professor deve verificar se a situação análoga exposta pertence ao domínio conhecido dos estudantes, se lhe é familiar; caso esta não seja, o professor deverá modificar a situação análoga ou pedir que os próprios estudantes sugiram suas analogias); |
| 3 | Identificar as características significativas entre o conceito análogo e o alvo. (Essa etapa pode ficar a cargo dos estudantes, caso haja dificuldade por parte deles, o professor poderá conduzir o processo); |
| 4 | Relacionar as semelhanças entre os dois domínios. (Essa etapa pode seguir o mesmo procedimento que a anterior); |
| 5 | Elencar as conclusões sobre o conceito alvo. (Essa etapa segue o mesmo processo que a etapa 3); |
| 6 | Indicar onde se encontram as limitações (falhas) na analogia. (O professor deve observar se não houveram concepções erradas em relação ao assunto em questão, indicando os pontos em que a analogia falha, seus limites e onde não há correlação entre o análogo e o alvo); |

Fonte: Dagher, 1998. Baseado no modelo apresentado em “The Case for Analogies in Teaching Science for Understanding”.

Contudo, o método de Glynn ainda apresenta algumas limitações bem claras:

1. Não há uma especificação de como as etapas do processo são concretizadas;
2. As conclusões são esboçadas antes de identificados os pontos onde a analogia falha, podendo induzir o estudante a convicções indevidas sobre o assunto em estudo.

Dessa forma, Duarte (2005) observa que Harrison & Treagust (1993) e Treagust *et al* (1996), optam por uma modificação na ordem das etapas do modelo de Glynn, invertendo as duas últimas:

[...] “Harrison & Treagust (1993) [...] recorrem a uma versão modificada do Modelo de Ensino com Analogias. Os autores, alegando que só depois de se reconhecer os atributos que não são compartilhados é que se pode partir para as conclusões sobre o conceito, invertem a posição das duas últimas etapas do modelo. (DUARTE, 2005, p. 19).

Apoiando-se na observação de aulas ministradas com esse modelo e ouvindo-se diversos professores, esse modelo foi modificado posteriormente pelo próprio autor com o intuito de aperfeiçoá-lo, procedendo justamente à modificação proposta não somente por Harrison & Treagust, como visto anteriormente, como também por diversos pesquisadores no assunto.

Observa-se que esse método possui algumas etapas que podem ser conduzidas pelos próprios estudantes, permitindo assim que eles atuem de forma mais ativa no processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, Glynn tem um posicionamento oposto em relação a alguns autores de modelos semelhantes, pois ele observa que, para o íntegro e total sucesso do seu modelo, o professor deve conduzir todas as etapas do processo. Pois segundo ele, o estudante pode cometer algum deslize em determinada etapa do processo ou pode não conseguir identificar corretamente as similaridades entre os dois domínios, assim como pode não ser capaz de verificar as limitações da analogia exposta.

IV. O Guia FAR

A partir das observações feitas em sala de aula após a utilização do modelo TWA, Treagust *et al* (1998) perceberam que o método proposto por Glynn (1991), por conta dos diversos contratemplos ocorridos durante o dia-a-

dia da rotina escolar, acabava tendo algumas de suas etapas não executada. Dessa forma, buscando mais objetividade na execução do processo, em 1998, Treagust *et al* formularam o guia FAR, Foco-Ação-Reflexão (*Focus-Action-Reflection*).

O guia FAR surge então como uma alternativa mais objetiva se comparada com o modelo TWA. A execução do guia FAR ocorre seguindo-se três etapas (Quadro 13):

Quadro 13 – Etapas do processo de uso do Guia FAR

| Pré Classe - FOCO | |
|------------------------------|--|
| Conceito | O conceito é difícil, não familiar ou abstrato? |
| Estudante | Quais ideias os estudantes possuem sobre o conceito? |
| Experiência | Quais experiências familiares que os estudantes possuem e podem ser utilizadas? |
| Em classe - AÇÃO | |
| Semelhanças | <p>Checar a familiaridade dos estudantes com o análogo.</p> <p>Discutir as semelhanças entre o alvo e o análogo.</p> <p>As semelhanças entre as características do análogo e o alvo são superficiais ou profundas?</p> |
| Diferenças | Discutir as diferenças entre o análogo e o alvo. |
| Pós Classe - REFLEXÃO | |
| Conclusões | A analogia foi clara e útil ou acabou por confundir o estudante? |
| Melhorias | Quais mudanças se fazem necessárias para a próxima aplicação dessa analogia? |

Fonte: Harrison e Treagust (2006). Baseado no guia FAR apresentado em “Teaching and Learning with Analogies”.

V. Modelo das analogias produzidas pelos alunos

O modelo proposto por Wong (1993a,b) concede aos estudantes um maior grau de atuação da construção do conhecimento. Os estudantes participam ativamente no desenvolvimento de analogias próprias. A aplicação deste modelo requer o seguimento de algumas etapas, dentre elas:

1. A criação de analogia para uma melhor compreensão do fenômeno/conceito;
2. A aplicação da analogia criada, evidenciando suas semelhanças e diferenças;

3. A avaliação da analogia produzida;
4. Se necessário, a alteração da analogia proposta inicialmente com o intuito de reparar evidentes falhas ou limitações.

Segundo o entendimento de Duarte (2005), esse modelo apresenta vantagens e desvantagens, cuja autora especifica:

- Vantagens: os estudantes trabalham fora do contexto padrão de resolução de problemas. Eles se sentem mais estimulados, já que podem trabalhar utilizando seus conhecimentos prévios. Os estudantes têm liberdade para trabalhar sem a intervenção do professor.

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]. (ZAMBON e TERRAZZAN 2013, p.2).

- Desvantagens: os estudantes podem ter dificuldade de produzir as analogias por falta de uma fonte análoga em sua estrutura cognitiva ou por insuficiente conhecimento do assunto em questão. Caso isso ocorra, requer-se uma maior interação entre o estudante e o professor para dar seguimento ao modelo.

Já outros pesquisadores acreditam que as vantagens desse método superam as desvantagens.

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]. (ZAMBON e TERRAZZAN 2013, p.3).

VI. Modelo de Narrativas com Analogias

Em 1995, Dagher, fundamentando-se em estudos feitos a partir das analogias utilizadas por professores em sala de aula, desenvolveu o Narrative Analogies Model (Modelo de Narrativas com Analogias).

Esse modelo utiliza uma estória como canal de comunicação entre o professor e o estudante, onde a analogia será apresentada no desenrolar da estória. Em seu trabalho, Dagher mostra que, de acordo com Bruner (1990 *apud* DAGHER, 1995) os estudantes percebem (assimilam) melhor as similaridades entre os domínios análogos quando estas estão dispostas no desenvolvimento de uma estória. Percebe-se que a estória serve como pano de fundo para a exposição da analogia; porém, é exatamente esse pano de fundo que prenderá a atenção do estudante, não deixando-o dispersar sua atenção e, conseqüentemente, elevando as chances de sucesso da compreensão daquilo que está querendo se ensinar.

Dessa forma, Dagher estruturou seu modelo em cinco etapas, quais estão descritas a seguir (Quadro 14):

Quadro 14 – Etapas do processo de uso do Modelo de Narrativas com Analogias

| Etapas | Execução |
|--------|--|
| 1 | Identificar a importância: O que é mais importante sobre este tópico? Por que isso importa? O que é efetivamente envolvente sobre ele? Existem conceitos difíceis sobre este tema que exigem maiores explicações através de experiências mais familiares? |
| 2 | Encontrando opostos binários: quais opostos binários melhor expressam e articulam a importância do tópico? Que eventos podem ser construídos sobre os alunos ou seu mundo que fazem conexões analógicas apropriadas com este tópico? Esses eventos paralelos são suficientemente flexíveis para acomodar o desenvolvimento dos conceitos-alvo? |
| 3 | Organizar conteúdos em forma de história: Qual conteúdo articula mais dramaticamente os opostos binários, a fim de fornecer acesso ao tópico? Que conteúdo melhor articula o tema em uma forma de história em desenvolvimento? Como o domínio analógico deve ser sequenciado e desenvolvido para articular o mecanismo em questão? |
| 4 | Conclusões: Qual é a melhor maneira de resolver o dramático conflito inerente aos binários opostos? Que grau de meditação desses opostos é apropriado buscar? Qual é o melhor cenário para se deslocar entre os "jogadores" em destaque na história e os conceitos-alvo? |
| 5 | Avaliação: Como se pode saber se o tópico foi compreendido, sua importância apreendida, e o conteúdo aprendido? Até que ponto o análogo aumentou ou complicou a compreensão de conceitos? |

Fonte: Dagher, 1998. Baseado no modelo apresentado em "The Case for Analogies in Teaching Science for Understanding".

IV. O modelo MECA (Metodologia de Ensino com Analogias)

O presente modelo foi desenvolvido pelo grupo GEMATEC (Grupo de Estudos de Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência). Seus autores (NAGEM, CARVALHAES e DIAS, 2001) apresentam como objetivo da criação desse modelo a sistematização da metodologia empregada no uso de analogias como ferramenta de ensino. Essa metodologia consiste em nove passos a serem seguidos pelo professor, obedecendo a ordem que se segue (Quadro 15).

Quadro 15 – Etapas do processo de uso do Meca.

| Etapas | Execução |
|--------|--|
| 1 | Área do conhecimento. Nessa etapa acontece a definição da matéria (Física, Química, Biologia, etc.) a ser utilizada na analogia pelo professor; |
| 2 | Assunto. Nessa etapa ocorre a seleção do assunto a ser trabalhado dentro da área do conhecimento (Ex: dilatação térmica); |
| 3 | Público. Nesse item ocorre a investigação sobre o perfil do estudante, incluindo suas pré-concepções (Ex: estudante de classe média, 16 anos, detentor dos conhecimentos prévio X, Y e Z necessários a construção de um conhecimento, etc.); |
| 4 | Veículo*. É a própria analogia em si, que irá proporcionar a compreensão do objeto em estudo. É o domínio conhecido, ou <i>familiar content</i> como é denominado por Curtis & Reigeluth (1984); |
| 5 | Alvo. Segundo Duit (1991) “ <i>alvo é o domínio que é explicado ou aprendido</i> ”, ou seja, é o conceito ou o fenômeno, seja ele científico ou não, que o professor quer explicar ao estudante; |
| 6 | Descrição da analogia. Etapa onde ocorre a explicação do processo propriamente dito; onde se dá, primeiramente, a apresentação do veículo para, posteriormente, tratar-se do alvo. Essa etapa, segundo seus autores, funciona também como elemento motivador. |
| 7 | <p>Semelhanças e diferenças. Fase onde se evidenciam as semelhanças e diferenças (limitações ou falhas) entre o Alvo (domínio desconhecido) e o Veículo (domínio desconhecido ou <i>familiar content</i>). Os autores do modelo alertam para a necessidade de não se dar muita ênfase às diferenças entre o Alvo e o Veículo, visto que essa atitude pode acarretar à perda de sentido do uso da analogia:</p> <p style="padding-left: 40px;">Na exploração da analogia, chamamos a atenção para a necessidade de se reforçar as semelhanças, que devem ser em número maior que o número de diferenças. Sugere-se que não se dê muita ênfase às diferenças entre o veículo e o alvo. Tal procedimento busca não fugir ao objetivo da analogia, qual seja, o de evidenciar as semelhanças, alertando para o fato de que é mais difícil acessá-las do que as diferenças, e também para o fato de que, se reforçarmos muito as diferenças, a analogia perde seu sentido. (NAGEM et al, 2001, p. 205).</p> |

| Etapas | Execução |
|--------|--|
| 8 | Reflexões. Etapa do processo em que ocorrem, em parceria com os estudantes, as análises relativas a validade da analogia, assim como suas limitações e suas falhas. Torna-se evidente, nesse ponto, que a proposta metodológica em questão busca, não somente a compreensão do conteúdo a ser explicado, como também instiga uma atitude mais ativa, crítica e reflexiva nos estudantes. |
| 9 | Avaliação. Item final do processo. Esse item propõe uma avaliação qualitativa da assimilação do conteúdo por parte dos estudantes, baseando-se no nível de assimilação atingido com a utilização do método. Cabe ao professor, nesse momento, encorajar os estudantes a produzirem suas próprias analogias, com o intuito de avaliar seu aprendizado baseando-se na validade (qualidade) das analogias produzidas. |

Fonte: Nagem, 2001. Baseado no modelo apresentado em “Uma proposta de metodologia de ensino com analogias”.

*segundo os autores do modelo (NAGEM, CARVALHAES e DIAS, 2001, p. 205), o termo veículo é preferível a outros como análogo (THIELE & TREAGUST, 1995) ou ponte (DAGHER, 1995) pela própria noção intuitiva de movimento que facilita o entendimento do papel da analogia na instrução.

Na exploração da analogia, chamamos a atenção para a necessidade de se reforçar as semelhanças, que devem ser em número maior que o número de diferenças. Sugere-se que não se dê muita ênfase às diferenças entre o veículo e o alvo. Tal procedimento busca não fugir ao objetivo da analogia, qual seja, o de evidenciar as semelhanças, alertando para o fato de que é mais difícil acessá-las do que as diferenças, e também para o fato de que, se reforçarmos muito as diferenças, a analogia perde seu sentido. (NAGEM et al, 2001, p. 205).

Nagem *et al* (2001) ainda explicita que podem surgir dificuldades acerca da utilização do método em questão, pois cada estudante alcançará a compreensão do conceito ou do fenômeno em tempo diferente. Alguns podem demorar mais tempo que outros para elaborarem suas próprias analogias. Ou seja, o tempo de aprendizado (ou de elaboração de sua própria analogia) é ímpar para cada pessoa. Por esse motivo, os autores sugerem que, para esses estudantes que necessitam de um tempo maior para produzirem sua própria analogia, seja passada para eles uma atividade extraclasse, ou seja, uma tarefa de casa. Dessa forma o estudante terá mais tempo para maturar suas ideias e pensamentos, para conseqüentemente elaborar sua própria analogia.

6 UM OLHAR CRÍTICO SOBRE AS ANALOGIAS

6.1 Contextualizando de forma crítica a ferramenta analogia

São frequentes os argumentos que defendem as analogias como sendo valiosas ferramentas no processo de ensino-aprendizagem. Porém, existem autores com posicionamentos mais céticos quanto a essa prática. Para Duit (1991), as analogias podem promover mudanças conceituais, abrir novas perspectivas, esclarecer o abstrato e motivar os estudantes; entretanto, as analogias podem não surtir o efeito desejado e constituírem assim uma “faca de dois gumes”.

González (2002) teme que, apesar de as analogias servirem de ponte entre o domínio conhecido e o domínio desconhecido, essas possam conduzir os estudantes por caminhos laterais, dificultando assim alcançar o destino desejado.

Duarte (2005) cita que a investigação acerca da utilização da linguagem analógica aponta alguns resultados ambíguos ou negativos, porém, de uma forma geral os pesquisadores apontam resultados positivos.

Alguns cuidados devem ser tomados quanto à utilização de uma analogia, pois, caso as devidas medidas preventivas não sejam tomadas, a utilização de uma analogia ao invés de ajudar a construir significativamente um novo conhecimento, pode vir a solidificar um conhecimento errado sobre aquilo que se está tentando ensinar caso as características similares entre o alvo e o análogo não estejam bem determinadas.

Se as características similares entre os domínios não forem bem estabelecidas, o aluno poderá ser levado a comparar características que não correspondem uma à outra, ocorrendo uma má interpretação dos resultados, não ocorrendo a compreensão pretendida pelo uso da analogia. Neste caso, o estudante poderá confundir os conceitos e seu estudo não atingirá os objetivos propostos. (Junges, 2011, p. 27).

Desse modo, deve-se atentar para a possibilidade de que os estudantes podem não distinguir os aspectos relevantes do domínio familiar, ou pior ainda, eles podem se ater a aspectos irrelevantes. É imperativo então que sejam estabelecidos com clareza os limites da analogia, pois nem todos os aspectos do domínio familiar são transferíveis para o domínio não-familiar (CACHAPUZ, 1989).

Dessa forma Nagem & Carvalhaes (2002), recomendam que se evite deixar a interpretação de uma analogia inteiramente sob responsabilidade do estudante. Os autores se preocupam que, uma vez que a interpretação da analogia fica inteiramente a cargo do estudante, esse possa não ser capaz de perceber o que a analogia quer destacar e/ou comparar, gerando assim dúvidas e confusões.

Uma analogia pode servir muito bem para uma dada situação. Entretanto, não é pelo fato de uma analogia se encaixar bem em determinado conceito científico que isso torna a hipótese verdadeira. “A analogia não pressupõe a existência de uma igualdade simétrica, mas antes uma relação que é assimilada a outra relação, com a finalidade de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece” (DUARTE, 2005, p. 27 e 28).

A analogia também não prova a veracidade de determinado conceito, mas ela serve como mecanismo auxiliar na construção de argumentos.

Do ponto de vista científico, a analogia não prova a veracidade de uma conjectura, mas pode refutá-la. Analogias possibilitam, portanto, a descoberta e determinam o falseamento, propiciando redução e ampliação [...]” (ABDOUNUR, 2002, p.121).

Duarte (2005) e Junges (2011) relacionam algumas dificuldades em potencial que podem surgir quanto ao uso da linguagem analógica.

- Pode não ocorrer o raciocínio analógico por parte do estudante.
- O estudante pode interpretar que a analogia é o alvo do estudo ao invés do conceito científico.
- A analogia, que deveria ser o domínio conhecido para o estudante, pode não lhe ser familiar.
- O estudante pode se ater apenas aos aspectos positivos da analogia (similaridades) e menosprezar suas limitações.

Como a aplicação de uma analogia está ligada ao conhecimento pré-existente do indivíduo, percebemos que, ao se deparar com uma situação totalmente nova, a estrutura cognitiva do indivíduo pode não ser capaz de

estabelecer relações de semelhanças entre o “novo” e o “antigo”. Dessa forma a analogia tende a se apresentar de forma mais falha.

A analogia, então tem dois gumes. De uma parte, facilita a pesquisa no interior do desconhecido, encorajando-nos a estender tentativamente nosso conhecimento antecedente a um novo campo. De outra, se o mundo é variegado, então a analogia está condenada a exibir sua limitação em algum ponto, pois o que é radicalmente novo é precisamente o que não se pode explicar com plenitude em termos familiares. (BUNGE, 2007, p. 271).

Mesmo atentando-se para todas as limitações ou dificuldades que as analogias podem apresentar, essas devem ser descartadas após terem desempenhado seu papel. Pois não há sentido em continuar utilizando uma analogia se o estudante já conseguiu compreender o que o professor queria lhe ensinar. Dessa forma, caso o professor insista em continuar utilizando essa linguagem, é certo que surgirão problemas no entendimento posterior sobre o assunto, uma vez que a analogia, em algum momento, apresentará suas limitações, pois:

[...] as analogias são como pára-quedas: podem ser muito úteis para chegarmos ao destino, porém uma vez na terra devemos desprender do pára-quedas ou nos dificultará avançar no novo território. (GODOY, apud SILVA e TERRAZAM, 2005, p.4).

Dessa forma, faz-se necessário observar que o que deve ser ensinado é o conceito/fenômeno, e não a analogia. Portanto, devemos sempre nos lembrar que estamos trabalhando com ciências, e que essas ferramentas pedagógicas são exatamente isso: ferramentas.

Observa-se então que o uso de analogias no ensino não é um “fim”, mas um “meio”, um “modo” para se alcançar um objetivo. Caso seja necessário o uso de uma analogia como ferramenta de auxílio pedagógico por parte do professor, o mesmo deve se lembrar que, ao final do processo, quando tiver obtido sucesso (assimilação do conceito/fenômeno por parte do estudante), ele deverá verificar se o estudante consegue fazer uso da linguagem científica para retransmitir aquilo que ele aprendeu, e dessa forma, abandonar o uso da linguagem analógica.

Logo, o uso de analogias no ensino de ciências deve servir como um auxílio, como uma ferramenta para atingirmos o objetivo final da nossa

caminhada: a assimilação do conceito científico por parte do estudante, seu domínio (utilização) e sua capacidade de aplicar, aperfeiçoar e retransmitir esse conhecimento (de preferência utilizando a linguagem científica).

Como abordado anteriormente, é a partir das avaliações (escritas, orais, etc.) que o professor saberá se houve percepções incorretas, por parte dos estudantes, sobre o assunto que se queria ensinar. Poderá até mesmo ocorrer de alguns estudantes não atingirem o objetivo (aprender o conceito), mas sim terem aprendido a analogia, ou seja, eles confundiram o objetivo do professor e ao invés de aprenderem o conceito aprenderam a analogia. Nesse caso, não houve, por parte dos estudantes, a percepção de que a analogia serve um veículo, uma ponte que facilita a ancoragem de novos conhecimentos/ideias/conceitos/conteúdos. Caso isso ocorra, o professor deve, de imediato, abandonar a analogia e buscar outras formas/métodos para que o estudante compreenda aquilo que é desejado.

Entretanto, de forma alguma isso comprova que a utilização de analogias possui um problema em potencial e por isso seu uso deva ser descartado. Pois esse “insucesso” pode ocorrer com qualquer outro método de ensino, seja ele tradicional ou não. A não assimilação, a assimilação errada, ou até mesmo a assimilação da analogia e não a do conceito de determinado conteúdo por uma pequena parcela de estudantes não invalida totalmente o método.

Como a linguagem figurada (analógica ou metafórica) possui limitações, é essencial que, para que essa tenha seu papel de facilitadora e auxiliadora no aprendizado alcançado, o professor estude-as antes de aplicá-las em sala de aula, assim como devem ser testadas após sua utilização, de modo a se verificar se seu objetivo está sendo atingido.

6.2 As vulnerabilidades da espontaneidade do pensamento analógico

Independentemente das diversas definições acerca da conceituação sobre analogias, observam-se similaridades no posicionamento entre os autores. Estes declaram que a utilização do pensamento analógico age como transmissor, estabelecendo uma “ponte” entre o domínio conhecido e o desconhecido. O pensamento analógico serve então como um “veículo” que

leva o conhecimento do estudante de um patamar A (atual) a um patamar B (novo e mais completo).

É engraçado perceber que até mesmo na explicação sobre como se dá uma analogia os autores usam analogias como essa do veículo - o uso de uma analogia para explicar o funcionamento de outra analogia. O mesmo pensamento também pode ser utilizado com a ponte. Uma ponte faz uma ligação entre dois lugares antes separados por um rio, por exemplo. O rio simboliza a dificuldade de se conectar esses dois lugares, e sua largura é proporcional à dificuldade de transpô-lo. Porém, com as ferramentas certas e com o conhecimento de um engenheiro, pode-se construir uma ponte que fará a conexão entre essas duas regiões anteriormente separadas. Uma vez estando pronta, pode-se enviar “coisas” (conhecimento) entre essas duas regiões que agora encontram-se conectadas. O ensino de um assunto/conceito utilizando uma analogia funciona de modo semelhante.

Entretanto, devemos observar que, caso um engenheiro não tenha zelo em seus cálculos, a ponte que ele construiu poderá vir a desmoronar e, conseqüentemente, causar graves prejuízos.

Semelhantemente ao caso do automóvel, no trânsito da vida real, caso o veículo não esteja em boas condições e o condutor não tome os devidos cuidados durante uma viagem, esta pode acabar apresentando alguns problemas.

Por isso é que o professor deve tomar as devidas providências para que essa “viagem ao conhecimento” do estudante não termine em tragédia. A utilização de analogias como ferramenta/recurso didática(o) pode acabar gerando sérios problemas: como a assimilação inadequada ou até mesmo errada do fenômeno e a falta de percepção onde a analogia falha ou deixa de funcionar.

Dessa forma, percebemos que de nada adianta possuímos um veículo e não termos um motorista que saiba manobrá-lo. Do mesmo modo que não adianta haver uma ponte, se esta foi construída inadequadamente por um engenheiro.

Utilizando-se esses exemplos (veículo e ponte), percebe-se que as analogias são limitadas e podem vir a falhar. Assim sendo, é então prudente

que o utilizador da analogia possua experiência e domínio sobre a mesma, pois dessa forma as chances de sucesso serão consideravelmente maiores.

Entretanto, desde que bem capacitado, nada impede que o papel do motorista/engenheiro seja executado pelo estudante. O professor pode, quando for mais apropriado, abandonar a “função” de motorista/engenheiro e delegá-la ao estudante, contribuindo desse modo para que o mesmo assuma uma posição mais ativa na construção de seu conhecimento. Dessa forma o estudante é quem vai formular suas próprias analogias. O professor, nesse caso, assume o papel de guia/orientador, onde irá intervir apenas quando for necessário.

6.3 Analogias VS outros métodos de ensino

Atualmente, observa-se um aumento no número de trabalhos acerca das dificuldades enfrentadas na área da educação. Concomitantemente, verifica-se também o aumento no número de trabalhos na mesma área com propostas pedagógicas com o objetivo de melhorar o aprendizado dos estudantes.

Vindo de encontro às dificuldades atuais do ensino, diversos são os trabalhos encontrados na área da educação com o objetivo de melhorar (potencializar) o aprendizado.

Esses trabalhos buscam minimizar as dificuldades encontradas tanto pelo professor como pelos estudantes em sua jornada pedagógica.

Podemos citar três propostas de métodos de ensino amplamente utilizadas em trabalhos de cunho educacional: aulas de campo, práticas em laboratórios e simulações computacionais.

Inicialmente, com relação às aulas de campo, podemos destacar alguns pontos positivos e algumas dificuldades encontradas.

- Pontos positivos: fortalece o conhecimento adquirido (construído) na escola, reforça a interação da turma consigo mesma e possibilita um maior contato com a natureza.
- Dificuldades encontradas: alteração da rotina escolar, obtenção da autorização dos pais ou responsáveis legais dos estudantes,

dificuldades com o deslocamento para o local, insegurança com os meios de transporte, a falta de planejamento dos professores para a aula de campo.

No que diz respeito às aulas práticas em laboratórios destacam-se os seguintes aspectos:

- Pontos positivos: fortalece o conhecimento construído nas aulas expositivas, vivência do conteúdo visto e exposição prática do conhecimento assimilado em diversas situações.
- Dificuldades encontradas: infraestrutura deficitária dos laboratórios, o alto custo de alguns materiais, risco potencial de acidentes e danos aos materiais durante as práticas, a demasia no tempo de espera de alguns experimentos e a eventual decepção com os resultados observados.

Relativamente às simulações computacionais, podemos observar a presença dos seguintes aspectos:

- Pontos positivos: manipulação de um sistema físico de forma controlada, atuação discente independente, liberdade para inserção de dados, possibilidade de iniciação científica, gratuidade, possibilidade de visualização gráfica.
- Dificuldades encontradas: falta de laboratórios de informática nas escolas, a ausência de computadores nos lares dos estudantes, a necessidade de um profissional sempre presente no laboratório para preparar os computadores e dar manutenção aos mesmos, o risco de danificação dos computadores por parte dos estudantes, o alto custo para aquisição dos computadores e de alguns programas, bugs (defeitos operacionais no programa).

Tendo em vista o que foi exposto, o objetivo não é tentar apresentar as analogias como uma ferramenta pedagógica isenta de vulnerabilidades, pois é sabido que elas possuem limitações. Entretanto, as dificuldades encontradas

na utilização de analogias como facilitadora do aprendizado recaem apenas sobre o recurso (material) humano.

- As analogias não possuem um custo financeiro para serem utilizadas;
- Não possuem custo para sua manutenção, pois quaisquer modificações que uma analogia necessite serão efetuadas pelo professor ou pelo estudante;
- Não necessitam de um lugar específico (adequado) para serem utilizadas;
- Não acarretam nenhum risco físico, químico ou biológico para o estudante e nem para o professor;
- Não há a necessidade de pedir autorização aos pais ou responsáveis legais pelos estudantes para seu uso;
- Não há a necessidade de se deslocar do ambiente escolar para serem utilizadas;
- São utilizadas na aula do professor em questão, não atrapalhando a aula de outro professor;
- O material físico pode ser dispensado;
- O tempo de espera existente é apenas o necessário para o estudante compreender e assimilar o que professor quer ensinar, que, em sua grande maioria é demasiadamente pequeno.

Assim sendo, para uma melhor visualização, o quadro seguinte sintetiza uma comparação entre os métodos de ensino citados relativos às analogias, onde o X representa a presença da dificuldade (Quadro 16).

Quadro 16 – Quadro comparativo dentre as ferramentas de ensino mais comuns

| | Analogias | Práticas em laboratórios | Aulas de campo | Simulações computacionais |
|--|-----------|--------------------------|----------------|---------------------------|
| Custo financeiro para ser aplicada | | X | X | X |
| Custo financeiro para manutenção | | X | | X |
| Lugar específico para ser utilizada | | X | X | X |
| Risco físico, químico ou biológico | | X | X | |
| Necessidade de autorização dos pais ou responsáveis legais para sua utilização | | | X | |
| Necessidade de se deslocar do ambiente escolar para ser utilizada | | | X | |
| Quebra da rotina escolar | | | X | |
| Necessidade de utilização de material físico | | X | X | X |
| Grande tempo de espera para se obter os resultados desejados | X* | X** | | |

*Em raros casos o estudante pode demorar a compreender a analogia. Esse tempo de espera vai depender da estrutura cognitiva de cada sujeito.

**Na grande maioria dos casos, o resultado das práticas é quase imediato. Porém, existem práticas cujo tempo de espera para se obterem os resultados é demasiado grande.

Apoiando-se nesses argumentos, verifica-se que, com a adequada capacitação do professor, o uso da linguagem analógica confere ao ato de ensinar chances de sucesso substanciais. Observa-se que a utilização da linguagem analógica confere ao ato de ensinar um maior êxito se comparada aos métodos de ensino supracitados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das dificuldades presentes no ensino de ciências, a linguagem analógica surge como uma rota alternativa àqueles que buscam diferentes estratégias de ensino para complementar suas aulas.

Segundo uma visão Ausubeliana, a utilização dos conhecimentos prévios do estudante protagoniza a construção do conhecimento como uma importante ferramenta a ser utilizada pelo professor. Dessa forma, o uso de analogias como ferramenta pedagógica dinamiza o trabalho docente, pois ela é versátil e possui um alto grau de adaptação; auxilia a estruturação dos conceitos ensinados aos estudantes e possui grande aceitação por parte de educadores e pesquisadores de ensino e ciências. Para Nunes (2010, p. 28), “Com esse sentido de tornar algo de difícil compreensão mais acessível, próximo, as analogias têm uma função instrutiva e social na vida das pessoas”.

Sendo largamente utilizadas em diversos ramos do conhecimento, as analogias podem ser empregadas inclusive no ensino formal das escolas, pois “Se a própria Ciência se utiliza das analogias para divulgar seus conceitos, por que não a escola para ensinar as ciências?” (RIGOLON 2008, p. 50).

Perante a realidade da educação brasileira, é imperativo que o professor busque rever suas práticas pedagógicas para que, dessa forma, consiga potencializar o aprendizado dos estudantes. E acreditamos que as analogias possam servir como uma poderosa ferramenta pedagógica no auxílio do professor durante sua jornada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUNUR, Oscar João. *Matemática e Música: O pensamento analógico na construção de significados*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

AFONSO, Roseli Aparecida. *Afetividade: a importância afetiva no processo de ensino-aprendizagem*. 2006. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Pedagogia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

AGUIAR Jr., Orlando. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 1-25, Jun. 2001

ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo ensinoaprendizagem em física: "Eletricidade". In: *Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2005.

ANDRADE, A. S. *A influência da afetividade na aprendizagem*. Monografia (Especialização em Psicopedagogia Clínica) – Unievangélica Centro Universitário, Brasília-DF, 2007.

ANTUNES, Celso, *Jogos para estimulação das múltiplas inteligências*. Petrópolis: Vozes, 1998.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. and HANESIAN, H. *Educational psychology: a cognitive view*. (2ª ed) Nova York, Holt, Rinehart and Winston. 1978. 733p.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução de Estela dos Santos Abreu, Rio de Janeiro, Contraponto, 316p, 1996.

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 15, n.1, p.7-31, abril, 1998.

BOZELLI, F.C; NARDI, R. Analogias e Metáforas no Ensino de Física: o discurso do professor e o discurso do aluno. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Parte I - Bases Legais*. Brasília: MEC/Semtec, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BUNGE, M. *Física e filosofia*. 1ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2007.

- CACHAPUZ, A. Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3), 117-129. 1989.
- CURTIS, R. V. & REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, pp. 99-117. 1984.
- DAGHER, Zoubeida R. The case for analogies in teaching Science for understanding. Em: *Teaching Science for Understanding: A constructivist view*, California, USA, 1995.
- DUARTE, M. C. *Analogias da Educação em Ciências: contributos e desafios*. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.
- DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), pp. 649-672.
- FERRAZ, D; TERRAZZAN, E. (2003). 'Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação?'. In: *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003
- FREITAS, Soraia Napoleão et al. Inteligências Múltiplas: desenvolvendo potencialidades em classe hospitalar. *Educação*, Porto Alegre, v. 28, n. 1, p.101-115, jan. 2005.
- GARCIA, Othon M.. *Comunicação em prosa moderna: aprenda a escrever, aprendendo a pensar*. 26. ed. Rio de Janeiro: Editora Fgv, 2002. 540 p.
- GARDNER, Howard. *Estruturas da mente: a Teoria das Múltiplas Inteligências*. Porto Alegre: Artes Médicas, c1994. Publicado originalmente em inglês com o título: *The frames of the mind: the Theory of Multiple Intelligences*, em 1983.
- GARDNER, Howard. *Inteligências múltiplas: A teoria na prática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. Tradução de Maria Adriana Veríssimo Veronese.
- GILBERT, S. (1989). An Evaluation of the Use of Analogy, Simile, and Metaphor in Science Texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (4), 315-327.
- GLYNN, Shawn M.; BRITTON, Bruce K.; SEMRUD, Margareth Clikeman; MUTH, K. Denise. Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks. Em: J. A Glover, R.R Ronning & C. R Reynolds. *A handbook of creativity: Assessment, research and theory*. Nova York, Plenum, EUA, 1989.
- GLYNN, S. Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240. 1991.
- GODOY, Luis A. 'Success and problems with analogies in teaching mechanics'. In: *Journal of Science Education*, 3(1), p.11-14. 2002.

GODOY, Luis A. Sobre La Estructura de las Analogías en Ciencias. *Interciência*, v. 27, n. 8, p. 422-429, 2002.

GONZÁLEZ, B. M. "Las Analogías en el proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza". Tesis Doctoral. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna. 2002.

GOULART, J. A. B. *Analogias e metáforas no ensino de Física: um exemplo em torno da temática de campos*. 2008. 211 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)- Universidade de Brasília, Brasília.

HARRISON, A. & TREAGUST, D. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1291-1307. 1993

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. Teaching and learning with analogies: Friend or Foe? *Metaphor and Analogy in Science Education*, 11-24. Netherlands, 2006.

JUNGES, Samira. *Análise do uso de analogias em livros de física para o ensino médio*. 2010. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MARTINS, A. F. P. *Ensino de ciências: Desafios à formação de professores*. Revista Educação em questão, Natal, RN, v. 23, n. 9, p. 53-65, 2005.

MARTINS, Isabel; OGBORN, Jon; KRESS, Gunther. EXPLICANDO UMA EXPLICAÇÃO. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)*, Belo Horizonte , v. 1, n. 1, p. 25-38, June 1999 .

MATURANA, Humberto: *Emoções e Linguagem na Educação e na Política*. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

MAYER, P. (1985). Structural analysis of science prose: can we increase problem-solving performance. Em Black, J. (Ed.). *Understanding expository texts*. Hillsdale, N. Y.: Erlbaum, 65-87.

MERZYN, G. (1987). The language of school science. *International Journal of Science Education*, 9, 483-489.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MORTIMER, Eduardo Fleury; CHAGAS, Alexander Nilson; ALVARENGA, Vera Tamberi. LINGUAGEM CIENTÍFICA VERSUS LINGUAGEM COMUM NAS RESPOSTAS ESCRITAS DE VESTIBULANDOS. *Investigações em Ensino de Ciências*, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p.7-19, 1998.

NAGEM, R. L. et al. *Analogias e Metáforas no Cotidiano do Professor* - Texto complementar. In: 26a. Reunião Anual da ANPEd, Poços de Caldas. Novo Governo. Novas Políticas. Rio de Janeiro, p. 1-13, 2003.

NAGEM, R. L., CARVALHAES, D.O.; DIAS, J.A.Y.T. *Uma proposta de metodologia de ensino com analogias*. Revista Portuguesa de Educação. V. 14 N.1, P. 197-213. Universidade do Minho, 2001.

NAGEM, R.L. & CARVALHAES, D.O. Approaches using analogies in interactionist environments in education. X ISTE SYMPOSIUM - International Organization for Science and Technology Education. 28 de julho a 2 de Agosto de 2002. Foz do Iguaçu. Brasil

NASCIMENTO, Tiago Lessa do. *Repensando o ensino da Física no ensino médio*. 2010. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Física, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

NUNES, R. R. *O uso de analogias estruturadas como recurso didático no ensino médio de química e a formação continuada de professores*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, área de concentração Ensino de Química. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2010.

PEREIRA, D. R.O, AGUIAR, O. *Ensino de física no ensino médio: Tópicos de física moderna e experimentação*. Revista Ponto de Vista, V. 3 N. 1, P 65 – 81. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

PIRES, M. C. *A utilização de analogias no ensino das Ciências da Natureza : um estudo sobre o tema "O sangue e o sistema circulatório", no 6º ano de escolaridade*. Dissertação de mestrado (Supervisão Pedagógica em Ensino das Ciências da Natureza). Universidade do Minho, Portugal, 2006.

PRÄSS, Alberto Ricardo. *Teorias de aprendizagem*. Porto Alegre: Scrinialibris.com, 2012. 56 p.

PRATA, Leonardo de Almeida. *Novas analogias no ensino de física : eletrostática*. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2012.

Rigolon, R. G. (2008). *O conceito e o uso de analogias como recurso didático por licenciandos de Biologia*. Dissertação (Mestrado em Educação para as Ciências e o Ensino de Matemática). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

RIGOLON, R. G., OBARA, A. T. *Analogias na Ciência e no ensino de Ciência*. Anais do II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, PR, 2010.

Royer, J. & Cable, G. (1976). Illustrations, Analogies and Facilitative Transfer in Prose Learning. *Journal of Educational Psychology*, 68(2), 205-209.

SCHALLERT, D. (1980). The role of illustrations in reading comprehension. Em Spiro, R., Bruca, B. & Brewer, W. (Eds). *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale, N. Y.: Erlbaum, 503-524.

SHAPIRO, Michael A. Analogies, Visualization and Mental Processing of Science Stories. Periódico apresentado ao *Information Systems Division of the International Communication Association*. Honolulu, HI, EUA, 1985.

SILVA, A. M. T. B. da, *O Lúdico na Relação Ensino Aprendizagem das Ciências: Resignificando a Motivação*. Anais da 27ª Reunião Anual da ANPEd (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação), Psicologia da Educação nº20, Caxambu, MG, 2004.

SILVA, L. L da.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias no ensino de modelos atômicos. Anais do XVI *Simpósio nacional de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, 2005.

SILVÉRIO, Antonio dos Anjos. *As dificuldades no ensino/aprendizagem da física*. 2001. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SMOLE, Kátia Cristina Stocco. *Múltiplas Inteligências na Prática Escolar*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação A Distância, 1999. 80 p.

SPIRO, R., FELTOVICH, P., COULSON, R. & ANDERSON, D. (1989). Multiple Analogies for Complex Concepts: Antidotes for Analogy-Induced Misconception in Advanced Knowledge Acquisition. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 498-531.

TAILLE Yves de La Taille, OLIVEIRA Martha Kohl de, DANTAS Heloysa. – São Paulo: Summos, 1992.

THIELE & TREGUST. Analogies in Chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*. Vol. 17 (6), pp. 783-95, 1995.

TODESCHINI, M. Padrão medieval. *Veja*. São Paulo: Abril, n. 48, p.158, 5 dez. 2007.

TREGUST, D., HARRISON, A. & VENVILLE, G. (1996). Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 18 (2), 213-229.

TREGUST, D. F., HARRISON, A. G., & VENVILLE, G (1998). Teaching science effectively with analogies: Na approach for pre-service and in-service teacher education. *Journal of Science Teacher Education*. 9(1), 85-101.

WONG, E. D. (1993a). Self generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 367-380.

WONG, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation, *Journal of Reserch in Science Teaching*, 30, 1259-1272.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. *Estudo sobre o uso de analogias em revista de divulgação científica*. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF. São Luís, A, Brasil, 2007.

ZAMBON, Luciana Bagolin; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 1-5, Mar. 2013.

ZEITOUN, H. H (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2. 107-125.

APÊNDICE A

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

RAPHAEL GUILHERME ALVES HARTJE

PRODUTO EDUCACIONAL: MANUAL COMPACTO DE NOVAS
ANALOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA

FORTALEZA

2017

RAPHAEL GUILHERME ALVES HARTJE

PRODUTO EDUCACIONAL: MANUAL COMPACTO DE NOVAS ANALOGIAS
NO ENSINO DE FÍSICA

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida

FORTALEZA
2017

SOBRE O AUTOR

Raphael Guilherme Alves Hartje é Licenciado em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Professor da rede particular e da rede pública estadual de ensino. Atua no Ensino Fundamental e Médio há treze anos.

A coletânea de analogias presente neste manual não foi criada com o objetivo final de fazer parte desse trabalho. Ela foi construída ao longo de toda minha vida profissional, a partir da observação das dificuldades enfrentadas pelos meus estudantes no seu processo de ensino-aprendizagem.

O modo tradicional de ensino da Física constituía-se como barreira para o aprendizado. A partir dessa observação, busquei formas alternativas de superar esse obstáculo, e espontaneamente, quase sempre acabava por surgir em minha mente uma analogia para aquela dificuldade em entender situações-problema, conceitos ou fenômenos.

Naquela época, não julgava necessário o formalismo para utilização de analogias, o meu único interesse imediato era fazer com que o estudante entendesse aquilo que eu estava querendo explicar.

Não sei se por sorte ou dom ou competência, eu sempre obtive resultados positivos com a aplicação desse método. Dessa forma, essa espontaneidade na utilização das analogias tornou-se cada vez mais frequente, até que acabou se tornando um traço marcante nas minhas aulas.

Há bastante tempo, tenho o hábito de dar aulas particulares e, considero como ponto de partida desta pesquisa, o ocorrido com uma das minhas alunas mais marcantes: Smilla Gondim Tomé.

Em uma das nossas diversas manhãs de sábado, sentados à mesa, durante uma, entre tantas aulas particulares de Física, especificamente durante uma aula de Termologia, após eu ter utilizado consecutivamente umas seis analogias para explicar um mesmo conceito, ela, após ter compreendido o que eu queria ensinar, olhou para mim com cara de espanto devido à variedade de “exemplos” que eu havia dado e disse: *“Nossa, professor; o senhor é o ‘Rei dos exemplos!’ O senhor deveria escrever um livro só de exemplos de Física!”*.

A atitude dela, além de me deixar muito feliz pelo reconhecimento do meu trabalho, também “plantou uma sementinha” na minha cabeça. E, a partir

desse dia, uma voz de vez em quando sussurrava em meus ouvidos: *“Escreva um livro de analogias de Física!”*.

E, ao me deparar com o momento da escolha do tema da minha dissertação, essa manhã ímpar de sábado me veio à tona na memória. E foi nesse momento que eu decidi que iria produzir uma dissertação sobre o uso de analogias no ensino de Física, e que nela constariam as principais analogias que eu usava durante as minhas aulas.

Durante toda minha caminhada pedagógica, até o presente momento, não tive a infelicidade de recorrer ao uso das analogias, e por conta disso, obtive um resultado negativo (indesejado). Muito pelo contrário, os resultados sempre têm sido positivos. Assim sendo, escrevi esse manual como intuito de auxiliar a todos que dele necessitem recorrer.

TUTORIAL

A coletânea de analogias presente neste manual segue um padrão de organização linear e cronológica criada pelo autor, que servirá para orientar a leitura e o entendimento deste trabalho, além de guiar aqueles que apresentem interesse em criar suas próprias analogias. A seguir, cada parágrafo descreverá uma seção das analogias.

TÍTULO: Conceito/fenômeno físico, seguido da situação à qual ele é análogo. Esse título tem como função instigar a curiosidade do leitor para as semelhanças entre o conceito/fenômeno físico e seu respectivo análogo.

CONCEITO: Conhecimento teórico apresentado de forma acadêmica, ou seja, a explicação científica para o conteúdo da analogia.

DIFICULDADES: Elementos que atrapalham a sedimentação do conhecimento pelo estudante. Nesta etapa, os principais obstáculos dos estudantes naquele determinado assunto são expostos. Estes são o elemento motivador deste trabalho, observados a partir da experiência docente do autor ao longo de treze anos em sala de aula.

ANALOGIA: Apresentação da analogia através de uma situação que se assemelha ao conceito/fenômeno físico que está sendo trabalhado.

EXPLICAÇÃO DA ANALOGIA: Descrição detalhada das semelhanças entre o conceito/fenômeno físico e a situação proposta, correlacionando o domínio desconhecido e conhecido.

CONHECIMENTOS PRÉ-EXISTENTES: Atribuição do estudante para compreensão plena do conceito/fenômeno físico. Essa parte é de extrema importância, pois o estudante precisa ter em sua estrutura cognitiva os conhecimentos pré-existentes necessários para que ele compreenda a analogia.

PRINCIPAIS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS TRABALHADAS: Concepções derivadas do livro *Estruturas da Mente* escrito por Gardner em 1983. O emprego da palavra *Principais* é justificado pela margem dada durante a aplicação da analogia, que pode contemplar outras inteligências não previstas neste manual. Também há de se considerar o fato de que as inteligências múltiplas de um indivíduo podem se apresentar de diversas

formas e possuem inúmeras combinações entre si, o que torna complexo determinar quais inteligências atuam em uma analogia.

QUADRO-RESUMO: Síntese das semelhanças apresentadas entre o conceito/fenômeno e a analogia. Este quadro é um supressumo de todo o processo analógico.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|-----|
| Quadro resumo da analogia: A dilatação térmica e a dança | 90 |
| Quadro resumo da analogia: Os corpos carregados positivamente e a fome/saudade | 91 |
| Quadro resumo da analogia: A sensação de frio e a fome/saudade | 93 |
| Figura 1: Água em seu curso natural “morro abaixo” | 94 |
| Figura 2: Plano cartesiano tridimensional | 95 |
| Quadro resumo da analogia: A refração e o movimento “d’água” | 95 |
| ao descer um morro acidentado | 95 |
| Quadro resumo da analogia: A 3ª lei de newton e a fome/doença | 97 |
| Quadro resumo da analogia: A aceleração escalar e o dinheiro (relativo à situação 1) | 102 |
| Quadro resumo da analogia: A aceleração escalar e o dinheiro (relativo à situação 2) | 102 |
| Figura 3: Via de trânsito curta e estreita | 104 |
| Figura 4: Via de trânsito comprida e estreita..... | 105 |
| Figura 5: Via de trânsito comprida e larga | 105 |
| Quadro resumo da analogia: A 2ª lei de ohm e o trânsito | 106 |
| Quadro resumo da analogia: Os campos e a carta | 108 |
| Quadro resumo da analogia: Calor sensível, calor latente e o pedágio..... | 110 |
| Quadro resumo da analogia: A cor de um corpo por reflexão e o ato de guardar um objeto ou jogá-lo fora | 113 |
| Quadro resumo da analogia: Equação do gerador elétrico e a plantação de feijão... | 116 |
| Quadro resumo da analogia: Equação do receptor elétrico e a “catação do feijão”... | 118 |
| Quadro resumo da analogia: 1ª lei da Termodinâmica e a “catação do feijão”..... | 118 |
| Quadro resumo da analogia: Dissipação da energia mecânica e a “catação do feijão” | 118 |
| Quadro resumo da analogia: As correntes de convecção e os carteiros..... | 120 |
| Figura 6: Saco de velocidade..... | 121 |
| Figura 7: Punho atingindo o saco de velocidade..... | 122 |
| Figura 8: Corrente elétrica em um condutor retilíneo | 122 |
| Figura 9: Analogia entre a corrente elétrica em um condutor retilíneo e vários punhos atingindo diversos sacos de velocidade..... | 123 |
| Quadro resumo da analogia: O efeito joule e o saco de velocidade..... | 123 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1. A DILATAÇÃO TÉRMICA E A DANÇA | 89 |
| 2. OS CORPOS CARREGADOS POSITIVAMENTE E A FOME/SAUDADE | 91 |
| 3. A SENSAÇÃO DE FRIO E A FOME/SAUDADE | 92 |
| 4. A REFRAÇÃO E O MOVIMENTO “D’ÁGUA” AO DESCER UM MORRO ACIDENTADO | 94 |
| 5. A 3ª LEI DE NEWTON E A FOME/DOENÇA | 96 |
| 6. A ACELERAÇÃO ESCALAR E O DINHEIRO | 98 |
| 7. A 2ª LEI DE OHM E O TRÂNSITO | 104 |
| 8. OS CAMPOS E A CARTA | 107 |
| 9. CALOR SENSÍVEL, CALOR LATENTE E O PEDÁGIO | 109 |
| 10. A COR DE UM CORPO POR REFLEXÃO E O ATO DE GUARDAR UM OBJETO OU JOGÁ-LO FORA..... | 111 |
| 11. EQUAÇÃO DO GERADOR ELÉTRICO E A PLANTAÇÃO DE FEIJÃO..... | 114 |
| 12. EQUAÇÃO DO RECEPTOR ELÉTRICO E A “CATAÇÃO DO FEIJÃO” | 117 |
| 13. AS CORRENTES DE CONVECÇÃO E OS CARTEIROS | 119 |
| 14. O EFEITO JOULE E O SACO DE VELOCIDADE | 121 |

COLETÂNEA DE ANALOGIAS

1. A DILATAÇÃO TÉRMICA E A DANÇA

Conceito: Mudança no comprimento, área ou volume de um determinado corpo em consequência da variação em sua temperatura.

Dificuldade: Muitos estudantes não conseguem entender o porquê que um corpo aumenta de volume quando aquecido. Para eles, não há nenhum motivo aparente que justifique esse fenômeno.

Analogia: Imagine um grande grupo de casais dançando uma dança romântica, por exemplo, uma Valsa. Todos os casais estão se movimentando e o espaço utilizado por cada casal nos passos da dança é pequeno, logo, o espaço ocupado por todo o grupo de casais também é pequeno. Porém, ao se modificar a música para um ritmo mais agitado, como o Forró, os casais agora passarão a utilizar um espaço maior para dançar, pois o Forró requer passos mais “largos”.

Explicação da analogia: Ao se mudar o ritmo da música para o Forró, a dança torna-se então mais agitada; e para não se esbarrarem, os casais naturalmente se afastam uns dos outros para poderem dançar mais facilmente. Isso significa que o espaço ocupado por cada casal durante a dança irá aumentar e, conseqüentemente, o espaço ocupado por todo o grupo aumentará também. E é exatamente isso que ocorre na dilatação térmica. Inicialmente todos os átomos de um corpo que estão a uma baixa temperatura estão “dançando” uma “dança lenta”, dança essa, regida por uma música (orquestra) chamada temperatura. A movimentação dos átomos (vibração) é pequena, logo, o espaço ocupado por cada um deles também é pequeno; conseqüentemente o volume ocupado por esse corpo é pequeno. A partir do momento que a temperatura aumenta (o ritmo da música se torna mais agitado), a vibração dos átomos também aumenta (os passos da dança ficam mais “largos”) o que acarretará num aumento do espaço ocupado por cada átomo, o que conseqüentemente levará a um aumento do volume ocupado pelo corpo.

Conhecimento pré-existente necessário: Noções sobre dança e ritmos/estilos musicais.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Espacial, corporal-cinestésica, musical.

Quadro resumo da analogia: A dilatação térmica e a dança

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|-------------------------|---|
| Temperatura | Música |
| Dilatação térmica | Maior espaço ocupado pelos casais durante a dança por consequência dos passos mais “largos” |

2. OS CORPOS CARREGADOS POSITIVAMENTE E A FOME/SAUDADE

Conceito: Corpos carregados positivamente são aqueles que possuem a quantidade de elétrons inferior à quantidade de prótons, ou seja, perderam elétrons.

Dificuldade: Em eletrostática, é muito comum, os estudantes sentirem dificuldade em entender o conceito de corpos carregados positivamente. Eles não conseguem aceitar que um determinado corpo se encontra carregado positivamente pelo fato de terem sido subtraídos elétrons dele, e não adicionados prótons. Para eles, o pensamento é sequencial e linear: “*se um corpo está negativo pelo fato de ter sido adicionado elétrons a ele, então um corpo positivo se encontra nesse estado porque a ele foram adicionados prótons*”.

Para tentar sanar esse problema, e formar o entendimento correto do conceito de *corpos carregados positivamente*, utilizemos a analogia entre os copos positivos e a sensação de fome.

Analogia: Quando uma pessoa está com fome é porque dela foi subtraída energia, e não porque lhe foi adicionada fome. Da mesma forma acontece com o sentimento de saudade. Quando uma pessoa está com saudade é porque dela foi-lhe subtraído algo, e não porque adicionaram saudade a ela.

Explicação da analogia: É dessa forma que ocorre com corpos que se encontram carregados positivamente. Eles se encontram positivos porque lhe subtraíram elétrons, e não porque lhe adicionaram prótons.

Conhecimento pré-existente necessário: Compreensão sobre o que é a sensação de fome e o sentimento de saudade.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Interpessoal e intrapessoal.

Quadro resumo da analogia: Os corpos carregados positivamente e a fome/saudade

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|---------------------------------|-----------------------|
| Corpos carregados positivamente | Indivíduo com fome |
| | Indivíduo com saudade |

3. A SENSAÇÃO DE FRIO E A FOME/SAUDADE

Conceito: A sensação de frio ocorre quando perdemos calor num ritmo mais rápido que o normal de nosso metabolismo. É um aviso do corpo que estamos perdendo calor mais rápido do que deveríamos.

Dificuldade: Os estudantes, em geral, sentem grande dificuldade em assimilar o conceito correto em relação à sensação de frio por conta do entendimento errado sobre o assunto que eles já possuem em sua vivência.

A mesma analogia que é utilizada para o entendimento correto do conceito de *corpos carregados positivamente* pode ser utilizada para a compreensão da sensação de frio.

Analogia: A sensação de fome é causada pelo fato de estarmos perdendo energia, e não porque alguém está nos adicionando fome. Paralelamente, o sentimento de saudade deve-se ao fato de alguém nos tirou algo, e não porque alguém nos adicionou o sentimento de saudade.

Explicação da analogia: É desse mesmo modo que acontece com a sensação de frio. Quando sentimos frio, significa que nosso corpo está perdendo calor (energia térmica), e não que algum agente externo está adicionando frio ao nosso corpo.

Outros conceitos físicos também são transmitidos de forma equivocada por conta da indução natural que nossas mentes têm em crer que tudo na natureza possui o seu oposto. Por conta dessa linha de raciocínio, acabam surgindo em nossa sociedade conceitos físicos que não existem. Esses conceitos são criados por conta dessa *teimosia* em estabelecermos pares opostos para tudo que existe na natureza, como por exemplo, os conceitos de *som-silêncio* e de *claro-escuro*, que nos são transmitidos de forma errada em nosso dia-a-dia.

Conhecimento pré-existente necessário: Compreensão sobre o que é a sensação de fome e o sentimento de saudade.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Interpessoal e intrapessoal.

Quadro resumo da analogia: A sensação de frio e a fome/saudade

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|-------------------------|-----------------------|
| Sensação de frio | Indivíduo com fome |
| | Indivíduo com saudade |

4. A REFRAÇÃO E O MOVIMENTO “D’ÁGUA” AO DESCER UM MORRO ACIDENTADO

Conceito: É a mudança do meio de propagação de uma onda, com a consequente mudança de sua velocidade e de seu comprimento de onda. Caso a incidência seja oblíqua, também ocorrerá a mudança de direção (desvio) em sua propagação. Ressaltando que não haverá mudança em sua direção de propagação quando a incidência for perpendicular, e sim somente alteração de sua velocidade e comprimento de onda.

Dificuldade: Antes de estudarem o conceito de refração, os estudantes aprenderam que se determinado meio óptico for transparente, homogêneo e isotrópico, a luz se propagará em linha reta (princípio da propagação retilínea da luz). E mesmo antes deles estudarem isso na escola, eles possuem a vivência do dia-a-dia de que a luz se propaga em linha reta. Alguns poucos conseguem se lembrar de que as imagens observadas através da água e de alguns vidros ficam *tortas*.

Para melhor ilustrar essa mudança de velocidade e de trajetória da luz devido à mudança em seu meio de propagação, façamos um análogo: a água descendo “morro abaixo”.

Analogia: A água, ao seguir seu curso natural “morro abaixo” muda constantemente a direção de seu movimento e sua velocidade dependendo do “novo terreno” em que ela se encontra.

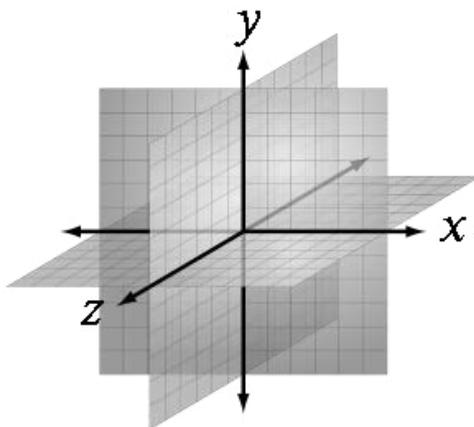
Figura 1: Água em seu curso natural “morro abaixo



Fonte: <https://papeisdeparede.net/lindos-wallpapers-de-montanhas-e-rios-110.html> acessado em 16/12/2016.

Explicação da analogia: Quanto maior for a inclinação da superfície no eixo **Z**, maior será sua velocidade e, caso a superfície apresente variação angular no eixo **X**, haverá então uma mudança na direção do movimento da água.

Figura 2: Plano cartesiano tridimensional



Fonte: <http://www.wikiwand.com/es/Tridimensional> acessado em 16/12/2016.

Conhecimento pré-existente necessário: Saber o que é um morro, uma queda d'água e conhecer o plano cartesiano tridimensional.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática, espacial e naturalista.

Quadro resumo da analogia: A refração e o movimento "d'água" ao descer um morro acidentado

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|------------------|----------------------------------|
| Refração da luz | Movimento da água "morro abaixo" |

5. A 3ª LEI DE NEWTON E A FOME/DOENÇA

Conceito: Para toda ação existe uma reação de mesma natureza, mesmo intervalo de tempo, mesma intensidade e mesma direção, porém, de sentidos opostos e que atuam em corpos distintos, e por isso não se cancelam.

Dificuldade: Muitos estudantes sentem grande dificuldade com a 3ª lei de Newton, mais especificamente na parte do enunciado que diz que: “O par ação-reação não se cancelam, pois atuam em corpos distintos”. Pois, para o estudante, se duas forças apresentam a mesma intensidade, a mesma direção e sentidos opostos, logo elas devem se cancelar. E não devemos culpar os estudantes por terem esse pensamento, pois essa linha de raciocínio foi/é utilizada quando se ensina o conteúdo de vetores. O problema aqui é conseguirmos mostrar para o estudante que o conhecimento que ele construiu enquanto estudava o conteúdo de vetores está agora sendo aplicado a uma determinada situação que apresenta certas particularidades que devem ser levadas em consideração.

Tentando amenizar esse problema utilizaremos a analogia a seguir.

Analogia: Imagine duas pessoas (**A** e **B**). A pessoa **A** está com fome, porém, quem é alimentada é a pessoa **B**. Dessa forma a fome da pessoa **A** não será saciada. Da mesma forma podemos proceder com o pensamento entre duas pessoas (**C** e **D**) em relação a uma doença. Suponhamos que a pessoa **C** esteja doente. Porém, se o remédio for administrado na pessoa **D**, a pessoa **C** continuará doente.

Explicação da analogia: Para a comida anular/cancelar a fome, as duas precisam estar no mesmo corpo. O mesmo acontece com a doença e com o remédio. Para o remédio anular/cancelar a doença, tanto o remédio como a doença devem estar no mesmo corpo. Dessa forma, fica mais fácil perceber que o par ação-reação não se cancelam porque não atuam no mesmo corpo.

Conhecimento pré-existente necessário: Compreensão sobre o que é a sensação de fome, doença, comida e remédio.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática e intrapessoal.

Quadro resumo da analogia: A 3ª lei de newton e a fome/doença

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|-------------------------|------------------|
| Ação | Fome - Doença |
| Reação | Comida - Remédio |

6. A ACELERAÇÃO ESCALAR E O DINHEIRO

Conceito: Aceleração escalar é a grandeza física responsável pela medição da taxa de variação da velocidade escalar de um corpo.

Dificuldade: Talvez, um dos conceitos mais difíceis dos estudantes assimilarem na parte da Cinemática seja o de aceleração. Para eles, se um corpo tem sua velocidade constantemente alterada, mesmo que de maneira uniforme, a aceleração desse corpo também está variando. É difícil para eles entenderem que a aceleração é apenas a medida da variação da velocidade. Muitos deles não conseguem compreender que no Movimento Uniformemente Variado, a velocidade de um corpo pode estar variando mesmo com sua aceleração escalar admitindo um valor constante.

Analogia (Situação 1): Suponhamos que uma mãe decida dar ao seu filho, por conta de seu bom comportamento, a quantia diária de cinco reais para ele gastar como bem entender. O filho, por sua vez, está querendo comprar aquele tão desejado jogo de vídeo game que custa um alto valor. Sendo bem-educado financeiramente por sua mãe, o filho decide então guardar essa quantia diária que sua mãe lhe dá para poder comprar o jogo.

Dessa forma, percebemos que o filho não possui inicialmente nenhuma quantia em dinheiro. Após o primeiro dia o filho possui a quantia de cinco reais. No segundo dia ele possui dez reais. No terceiro dia ele possui então quinze reais. E assim sucessivamente.

Analogia (Situação 2): Suponhamos que Seu João, dono da mercearia da esquina, tenha o hábito de vender *fiado* ao filho de Dona Ana, que gosta muito de um determinado biscoito que custa a quantia de cinco reais.

Dona Ana dá ao seu filho a quantia de vinte reais. E este por sua vez, vai à mercearia do Seu João uma vez ao dia para comprar seu biscoito favorito. Dessa forma, sabemos que todo o dinheiro que o filho de Dona Ana possui se esgotará completamente após um período de quatro dias. Após esse tempo, o filho de Dona Ana passa a comprar seu biscoito, de forma *fiada*, na mercearia

do Seu João, que a cada dia que se passa anota o *débito* de cinco reais em sua caderneta.

Decorridos quatro dias após o menino ter começado a comprar fiado na mercearia do Seu João, Dona Ana estará com uma *dívida* de vinte reais.

Explicação da analogia (Situação 1): Para um automóvel que parte do repouso com aceleração escalar constante de 5 m/s^2 , sua velocidade se altera seguindo a seguinte função horária:

$$V = V_0 + a.t$$

Onde, nesse caso $V_0 = 0$. Segue-se que:

Para $t = 0 \text{ s} \rightarrow V = 5.0 \rightarrow V = 0 \text{ m/s}$.

Para $t = 1 \text{ s} \rightarrow V = 5.1 \rightarrow V = 5 \text{ m/s}$.

Para $t = 2 \text{ s} \rightarrow V = 5.2 \rightarrow V = 10 \text{ m/s}$.

Para $t = 3 \text{ s} \rightarrow V = 5.3 \rightarrow V = 15 \text{ m/s}$.

Para $t = 4 \text{ s} \rightarrow V = 5.4 \rightarrow V = 20 \text{ m/s}$.

E assim sucessivamente.

A partir dos resultados obtidos com a função acima, podemos perceber duas coisas. Primeira: a cada segundo que se passa a velocidade do automóvel aumenta sempre o mesmo valor. Segunda: constata-se que o valor da velocidade do automóvel em determinado instante é sempre igual à velocidade que ele possuía no segundo anterior acrescentada de 5 m/s .

Já a função da quantia de dinheiro que o filho possui em um determinado dia é do tipo:

$$f(t) = 5.t$$

Onde t é a variável (dia que se deseja saber a quantia que o filho possui) e 5 é o coeficiente angular da reta (valor fixo que nesse caso representa a quantia que a mãe dá ao seu filho).

Então teremos:

$$\text{Para } t = 0 \rightarrow f(0) = 5.0 \rightarrow f(t) = 0.$$

$$\text{Para } t = 1 \rightarrow f(1) = 5.1 \rightarrow f(t) = 5.$$

$$\text{Para } t = 2 \rightarrow f(2) = 5.2 \rightarrow f(t) = 10.$$

$$\text{Para } t = 3 \rightarrow f(3) = 5.3 \rightarrow f(t) = 15.$$

$$\text{Para } t = 4 \rightarrow f(4) = 5.4 \rightarrow f(t) = 20.$$

Procedendo dessa maneira percebemos duas coisas. Primeira: A cada dia que se passa a quantia de dinheiro que o filho possui aumenta sempre o mesmo valor. Segunda: a quantia de dinheiro que o filho possui em um determinado dia é sempre igual à quantia que ele possuía no dia anterior adicionada de cinco reais.

Assim sendo, é fácil perceber a similaridade entre a variação da *poupança* do filho de dona Ana e a aceleração de um corpo em MUV (constante). Da mesma forma podemos observar a relação entre a quantia de dinheiro que o filho possui em um determinado dia com a velocidade do automóvel (que aumenta de maneira linear).

Explicação da analogia (Situação 2): Percebe-se que a função da situação financeira do filho de Dona Ana é do tipo:

$$f(t) = 20 - 5.t$$

Onde 20 é a quantia inicial de dinheiro que o filho de Dona Ana possuía, t representa a variável (dia que se deseja saber a situação financeira do filho de Dona Ana), e -5 é o coeficiente angular da reta (valor fixo que nesse caso representa a quantia gasta/devida pelo filho de Dona Ana).

Logo, para situação financeira do filho, teremos:

$$\text{Para } t = 0 \rightarrow f(0) = 20 - 5.0 \rightarrow f(0) = 20.$$

$$\text{Para } t = 1 \rightarrow f(1) = 20 - 5.1 \rightarrow f(1) = 15.$$

$$\text{Para } t = 2 \rightarrow f(2) = 20 - 5.2 \rightarrow f(2) = 10.$$

$$\text{Para } t = 3 \rightarrow f(3) = 20 - 5.3 \rightarrow f(3) = 5.$$

$$\text{Para } t = 4 \rightarrow f(4) = 20 - 5.4 \rightarrow f(4) = 0.$$

$$\text{Para } t = 5 \rightarrow f(0) = 20 - 5.5 \rightarrow f(5) = - 5.$$

$$\text{Para } t = 6 \rightarrow f(1) = 20 - 5.6 \rightarrow f(6) = - 10.$$

$$\text{Para } t = 7 \rightarrow f(2) = 20 - 5.7 \rightarrow f(7) = - 15.$$

$$\text{Para } t = 8 \rightarrow f(3) = 20 - 5.8 \rightarrow f(8) = - 20.$$

Essa situação implica, primeiramente, que a cada dia que se passa, a quantia de dinheiro que o filho de Dona Ana possui diminui cinco reais. Em segundo lugar, o dinheiro acaba no quarto dia de consumo do biscoito. E, conseqüentemente, a partir do quinto dia, a mãe do menino passa a possuir uma dívida que aumenta cinco reais por dia.

Apesar de ser simples, esse exemplo se assemelha muito a um movimento uniformemente variado com velocidade positiva e aceleração negativa (progressivo e retardado) de um determinado automóvel, cuja função, para se encaixar com o exemplo anterior, seria:

$$\mathbf{V = 20 - 5.t}$$

Então, para a velocidade do automóvel, teremos:

$$\text{Para } t = 0 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.0 \rightarrow V = 20 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 1 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.1 \rightarrow V = 15 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 2 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.2 \rightarrow V = 10 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 3 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.3 \rightarrow V = 5 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 4 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.4 \rightarrow V = 0 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 5 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.5 \rightarrow V = - 5 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 6 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.6 \rightarrow V = - 10 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 7 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.7 \rightarrow V = - 15 \text{ m/s.}$$

$$\text{Para } t = 8 \text{ s} \rightarrow V = 20 - 5.8 \rightarrow V = - 20 \text{ m/s.}$$

Percebe-se que, o automóvel, apesar de mover-se inicialmente para frente (velocidade positiva), possui uma desaceleração (aceleração negativa). Conseqüentemente esse automóvel diminuirá sua velocidade, até a mesma *zerar*. Supondo que a aceleração (negativa) ainda continue atuando, sabemos

que esse automóvel agora passará a ser acelerado para trás, onde sua velocidade, agora negativa, irá aumentar (em módulo).

Esperamos que seja fácil o estudante perceber as semelhanças entre esses dois casos.

No caso do filho de Dona Ana, observa-se que, inicialmente, ele possui *dinheiro na mão* (velocidade positiva), que a cada dia que se passa, vai diminuindo até *zerar* (momento em que ocorre a inversão de sentido). A partir desse momento ele passa a comprar *fiado*, o que acarretará uma *dívida* (velocidade negativa), que com o passar do tempo irá aumentar.

Nesse exemplo, observa-se que a aceleração é análoga à variação do dinheiro que o filho de Dona Ana dispõe e/ou à variação da dívida devida pelo mesmo à Seu João (em ambos os casos seu valor é negativo). Enquanto que a velocidade é análoga, inicialmente, ao valor numérico do dinheiro que o filho de Dona Ana dispõe, e em seguida é devida à Seu João (no primeiro caso ela é positiva e, após *zerar*, se torna negativa).

Conhecimento pré-existente necessário: Noções sobre mesada, poupança, gasto de dinheiro, ato de comprar *fiado* e dívida.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática e interpessoal.

Quadro resumo da analogia: A aceleração escalar e o dinheiro (relativo à situação 1)

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|------------------|--|
| Aceleração | Variação da <i>poupança</i> do filho de dona Ana |
| Velocidade | Quantia de dinheiro que o filho possui em um determinado dia |

Quadro resumo da analogia: A aceleração escalar e o dinheiro (relativo à situação 2)

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|--------------------------------|--|
| Velocidade positiva | <i>Dinheiro na mão</i> |
| Aceleração | Variação do dinheiro que o filho de Dona Ana dispõe e/ou à variação da dívida devida pelo mesmo à Seu João |
| Momento da inversão de sentido | Momento em que o dinheiro <i>zera</i> |
| Velocidade negativa | Dívida |

Com a aplicação dessa analogia, o professor pode abordar com seus estudantes, tanto o movimento uniformemente variado acelerado, quanto o movimento uniformemente variado retardado, com ou sem inversão de sentido.

7. A 2ª LEI DE OHM E O TRÂNSITO

Conceito: A resistência de um fio condutor homogêneo de secção transversal constante é diretamente proporcional ao seu comprimento e à natureza de seu material constituinte, e é inversamente proporcional à área de sua secção transversal.

Matematicamente a segunda lei de Ohm é definida da seguinte maneira:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Onde:

R representa a resistência que os elétrons encontram para atravessar um fio condutor.

ρ representa a resistividade, que é uma característica associada ao material.

L representa o comprimento do fio condutor.

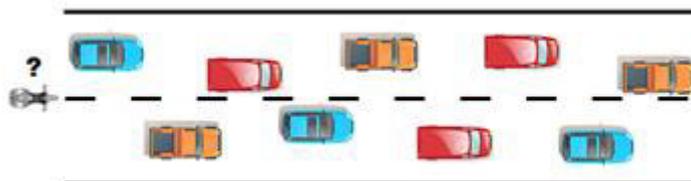
A representa a área da secção transversal do fio condutor.

Dificuldade: Muitos estudantes não percebem ou não valorizam a dependência da resistência elétrica de um condutor em relação ao comprimento do fio e de sua secção de área transversal.

Analogia: Uma comparação bem simples que pode auxiliar o professor nesse caso é comparar a resistência de um fio com a dificuldade de um motociclista em atravessar uma via de trânsito congestionada.

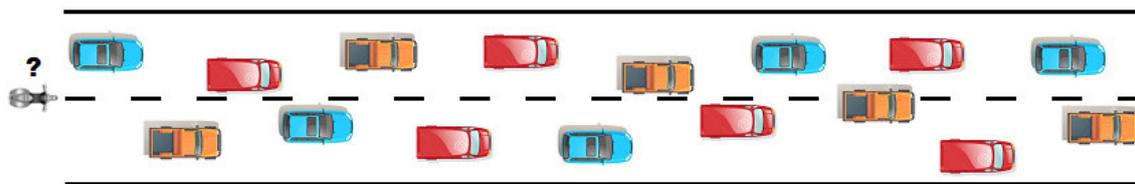
Comparando-se o caso da figura 3 com o da figura 4, o motociclista terá maior dificuldade em atravessar a via da figura 4.

Figura 3: Via de trânsito curta e estreita



Fonte: <http://pt.123rf.com/clipart-vetores/carros.html>
<https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-royalty-free-carros-image19267265>
<http://www.canstockphoto.com.br/azul-scooter-23047771.html> acessado em 16/12/2016.

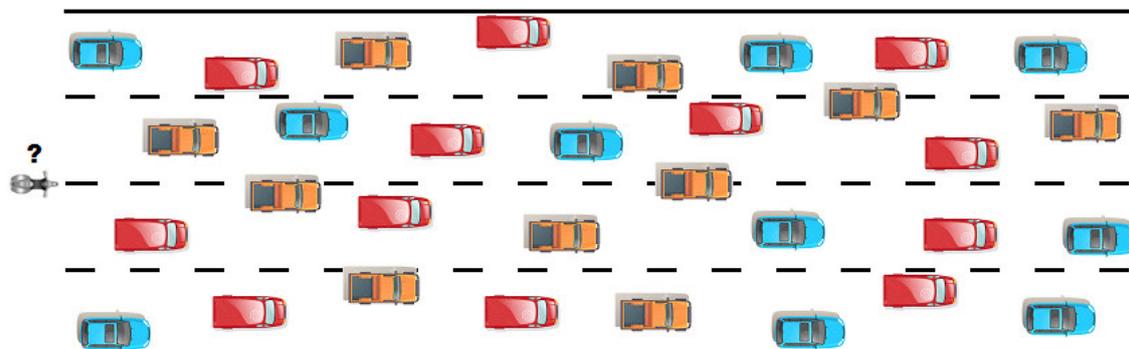
Figura 4: Via de trânsito comprida e estreita



Fonte: <http://pt.123rf.com/clipart-vetores/carros.html>
<https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-royalty-free-carros-image19267265>
<http://www.canstockphoto.com.br/azul-scooter-23047771.html> acessado em 16/12/2016.

Entretanto, se compararmos a figura 4 com a figura 5 – ambas as pistas de mesmo comprimento – o motociclista terá menor dificuldade em atravessar a pista da figura 5.

Figura 5: Via de trânsito comprida e larga



Fonte: <http://pt.123rf.com/clipart-vetores/carros.html>
<https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-royalty-free-carros-image19267265>
<http://www.canstockphoto.com.br/azul-scooter-23047771.html> acessado em 16/12/2016.

Explicação da analogia: Como sabemos, um motociclista pode “costurar o trânsito” para “escapar” do congestionamento. Ele faz isso passando através dos carros pelo “corredor”. Essa prática é proibida pelas leis de trânsito, porém é muito comum em nosso dia-a-dia.

Podemos então fazer a seguinte conexão entre a corrente contínua em um fio condutor e um motociclista “costurando” o trânsito congestionado: os prótons comportam-se como os automóveis (estão parados), enquanto os elétrons se comportam como o motociclista (vão “costurando o trânsito” através do fio).

Comparando-se a situação da figura 3 com o da figura 4, percebemos que o motociclista terá maior dificuldade em percorrer a pista da figura 4 pelo

fato dela ser mais extensa (quanto mais comprido for o fio maior será a dificuldade que o elétron encontrará para percorrê-lo).

Atentando-se à situação da figura 4 em relação a da figura 5, apreende-se que o motociclista percorrerá a pista da figura 5 com maior facilidade, pois como ela é mais larga, há um maior número de possibilidades de se passar pelos automóveis. Da mesma forma como acontece com os elétrons (quanto maior for a área da secção transversal do condutor, maior será o número de possibilidades de o elétron passar pelos prótons).

Conhecimento pré-existente necessário: Noções sobre trânsito congestionado, “corredor” utilizado pelos motociclistas, ato de “costurar” o trânsito praticado por motociclistas, diferença entre pista larga e estreita.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Espacial e lógico-matemática.

Quadro resumo da analogia: A 2ª lei de ohm e o trânsito

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|-----------------------------------|---|
| Prótons | Automóveis |
| Elétrons | Motociclistas |
| Comprimento do fio | Comprimento da pista |
| Área da secção transversal do fio | Largura da pista |
| Resistência elétrica | Dificuldade encontrada pelos motociclistas para percorrerem a pista |

8. OS CAMPOS E A CARTA

Conceito: É o agente físico não-material responsável pela intermediação da interação entre dois corpos à distância.

Atualmente é aceito pela comunidade científica que não há a possibilidade da interação entre dois corpos à distância se essa interação não se der através de um *campo*.

A analogia mais clássica utilizada para a demonstração do comportamento e da atuação do campo gravitacional utilizada atualmente, ainda é aquela criada por Albert Einstein, onde ele mostra que o comportamento do campo gravitacional é análogo à deformação em um lençol sofrida por causa de uma bola que repousa sobre ele.

Dificuldade: Durante uma aula sobre o conteúdo *gravidade*, diversos professores se deparam com a dificuldade de convencer os seus estudantes que, quando soltamos um objeto qualquer e este cai, o responsável pela aplicação da força neste objeto foi o planeta Terra e não o campo gravitacional. O campo gravitacional serviu apenas como intermediário dessa interação.

Muitos estudantes não conseguem se convencer disso. Mesmo após a explicação detalhada do professor, eles continuam achando que o responsável pela aplicação da força sobre o objeto foi o campo gravitacional.

Para auxiliar o professor na explicação de que o campo gravitacional atua apenas como intermediário na atuação entre esses dois corpos, utilizaremos a analogia a seguir.

Analogia: Uma pessoa **A** quer contar uma notícia para uma pessoa **B** que mora muito distante de sua casa. Para isso, a pessoa **A** escreve uma carta – que contém a notícia – e a envia pelos correios para a pessoa **B**. A pessoa **B**, ao receber a carta, fará sua leitura e, em seguida, ficará sabendo da notícia.

Explicação da analogia: Como a pessoa **B** ficou sabendo da notícia, logo podemos afirmar que a pessoa **A** alcançou seu objetivo. Até aqui tudo bem, certo? Porém, surge uma pergunta que se faz necessária a obtenção de uma

resposta: Quem foi que contou a notícia para a pessoa **B**? A pessoa **A** ou a carta?

Achou a pergunta difícil? Pois bem, para não deixar o suspense no ar, vamos logo à resposta: quem contou a notícia para a pessoa **B** foi a pessoa **A**. A carta serviu apenas como um meio/veículo, utilizado pela mensagem, para ir da pessoa **A** até a pessoa **B**. Em gramática, por exemplo, isso é chamado de *canal*, que é o meio utilizado pela mensagem para ir do emissor até o receptor.

Conhecimento pré-existente necessário: Saber o que é uma notícia, o que é uma carta e sua função.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Linguística, interpessoal e lógico-matemática.

Quadro resumo da analogia: Os campos e a carta

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|-------------------------|----------------|
| Planeta Terra | Emissor |
| Objeto qualquer | Receptor |
| Campo gravitacional | Carta |

9. CALOR SENSÍVEL, CALOR LATENTE E O PEDÁGIO

Conceito: Calor sensível é o nome dado ao calor absorvido ou cedido por um corpo que é responsável apenas pela sua variação de temperatura. Enquanto que calor latente é o nome dado ao calor absorvido ou cedido por um corpo que é responsável apenas pela sua mudança de estado físico.

Dificuldade: É muito comum durante a explicação do conteúdo *Calor Latente*, que os estudantes sintam grande dificuldade em entender que, à pressão constante, quando uma substância muda de estado físico (fase), sua temperatura permanece a mesma (inalterada).

Para eles, se uma substância absorve calor, ela deverá obrigatoriamente aumentar sua temperatura (calor sensível). Os estudantes não conseguem compreender que, quando a água, por exemplo, atinge a temperatura de 100°C, ela para de aumentar sua temperatura e passa a usar toda a energia térmica que recebe para romper a ligação química que a mantém no estado líquido. Como sabemos o calor atuante durante esse processo foi o calor latente, que é responsável apenas pela mudança de estado físico do corpo.

Após um determinado tempo as ligações químicas são rompidas e a água passa para o estado de vapor, estando ainda à temperatura de 100°C.

Para tentar solucionar esse problema, utilizaremos a analogia a seguir.

Analogia: Imagine uma pessoa que está viajando de automóvel indo de um país **A** até um país **B**. Entretanto, ao chegar à fronteira entre esses dois países, essa pessoa se depara com um pedágio. Ao ser paga a taxa do pedágio, o policial *levanta a cancela*, desobstruindo o caminho para que a pessoa possa dar prosseguimento à sua viagem e entrar no novo país.

Explicação da analogia: Essa pessoa utiliza o dinheiro que dispõe para colocar gasolina no automóvel e dar prosseguimento à sua viagem.

Uma implicação análoga acontece com a água quando é aquecida, por exemplo. A água recebe calor e aumenta de temperatura, ou seja, prossegue o curso natural (sua viagem).

Quando a pessoa para no pedágio, ela deixa de prosseguir em sua viagem e demora um determinado tempo para pagar a referida taxa. Do mesmo modo que, a água quando atinge a temperatura de 100°C demora um certo tempo para passar para o estado de vapor.

Nesse tempo que a pessoa está parada no pedágio, ela está utilizando o seu dinheiro não para movimentar seu carro, mas para “vencer/romper” um obstáculo que se encontra em seu caminho. E semelhantemente o mesmo acontece com a água. Quando esta atinge seu ponto de ebulição, ela deixa de utilizar o calor que está recebendo para aumentar sua temperatura e passa a utilizá-lo para romper as ligações químicas que a forçam ficar no estado líquido.

Ao ser paga a taxa do pedágio, a pessoa não progrediu em sua viagem, mas está autorizada a adentrar no outro país, ou seja, *rompeu a barreira* que existia em seu caminho. Assim como a água que, após ter rompido suas ligações químicas e ter passado para o estado de vapor, não alterou sua temperatura, ou seja, não avançou em sua viagem, mas encontra-se agora em um novo estado físico (país).

Conhecimento pré-existente necessário: Saber o que é um país, uma viagem, dinheiro, “prosseguir a viagem”, pedágio, tempo necessário para se pagar algo.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Interpessoal, espacial e lógico-matemática.

Quadro resumo da analogia: Calor sensível, calor latente e o pedágio

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|---|---|
| Estado físico A (líquido) | País A |
| Calor sensível | Dinheiro utilizado para “mover” o automóvel |
| Temperatura | Atual estágio de prosseguimento na viagem |
| Dificuldade a ser transposta para que ocorra a mudança de fase, ou seja, o rompimento das ligações químicas | Pedágio |
| Tempo necessário para romper as ligações químicas | Tempo gasto para pagar a taxa do pedágio |
| Calor latente | Dinheiro utilizado para pagar a taxa do pedágio |
| Estado físico B (vapor) | País B |

10. A COR DE UM CORPO POR REFLEXÃO E O ATO DE GUARDAR UM OBJETO OU JOGÁ-LO FORA

Conceito: A cor de um corpo, por reflexão, é a cor da luz que ele reflete.

Dificuldade: É comum em aulas de óptica os professores encontrarem certa dificuldade para que a turma compreenda o processo de formação da cor de um corpo por reflexão.

Isso ocorre porque boa parte dos estudantes não consegue entender que, quando a luz branca (união de todas as cores) incide em um corpo, este absorve todas as cores e reflete somente àquela referente a sua própria.

Analogia: Uma pessoa só pode jogar algo fora se, primeiramente, essa pessoa possuir esse *algo*, e as pessoas jogam fora somente aquilo de que não gostam e guardam aquilo que gostam.

Inicialmente a analogia pode começar com o professor fazendo a seguinte pergunta para a turma: Vocês podem jogar um *Ferrari* no lixo? E muito provavelmente a resposta que alguns estudantes darão será que eles podem jogar a *Ferrari* no lixo sim, pois como o carro os pertence eles podem fazer o que quiser com ele. Nesse momento o professor pode brincar rebatendo a resposta dos estudantes dizendo que eles não podem jogar a *Ferrari* no lixo porque eles não possuem uma. Pois só podemos jogar fora algo que nos pertence, que esteja em nossa posse.

Dando seguimento, o professor pode perguntar, à turma, o que as pessoas, em geral, fazem com os objetos de que não gostam. A expectativa, com maior chance de sucesso, é que a turma responda que as pessoas jogam no lixo os objetos de que não gostam. E em seguida, o professor pode perguntar à turma o que as pessoas fazem com os objetos dos quais gostam. E a resposta, mais provável, é que a turma afirme que as pessoas guardam os objetos de que gostam.

Explicação da analogia: Se um determinado objeto se apresenta na cor azul quando iluminado por luz branca, é porque esse objeto odeia a cor (luz) azul. Pois ao incidir sobre ele a cor (luz) branca, o objeto absorve todas as cores e

reflete apenas a cor azul. Por isso que percebemos esse objeto sendo da cor azul. Ou seja, se esse objeto refletiu a cor azul é porque ele detesta a cor azul. Constatamos isso através do fato de que ele a “jogou fora” (refletiu). E com relação às outras cores que nele incidiram, podemos afirmar que esse corpo gosta de todas elas, pois ele as “guardou” (absorveu).

Suponha agora esse mesmo objeto azul em estudo, está sendo agora iluminado por uma luz monocromática vermelha. Como sabemos, esse objeto se apresentará na cor preta.

Utilizando a mesma linha de raciocínio anterior, esse objeto se apresentará como sendo preto porque ele gosta de todas as cores, menos da azul. Então todas as cores que incidem sobre ele são “guardadas”, com exceção da cor azul. Porém, como nenhuma cor (luz) azul incidiu sobre ele, o corpo não poderá refletir a cor azul. Pois assim como no exemplo da *Ferrari*, não se pode jogar fora aquilo que não se possui. Dessa forma, como nenhuma cor será refletida, o corpo se apresentará na cor preta.

Se um corpo se apresenta na cor branca quando iluminado por luz branca, isso significa que esse corpo não gosta de nenhuma cor, pois ele “jogou fora” (refletiu) todas as cores que sobre ele incidiram. É por isso que, como sabemos, quando um objeto de cor branca é iluminado por uma determinada cor de luz (diferente da branca), este se apresenta como sendo da mesma cor da luz que sobre ele incidiu.

E para finalizar, se um objeto se apresenta na cor preta quando iluminado por luz branca, isso significa que esse objeto gosta de todas as cores, pois ele “guardou” (absorveu) todas elas. Assim sendo, ele não refletiu nenhuma, e como sabemos, a ausência de luz é representada pela “cor preta”. Dessa forma, observa-se que um objeto de “cor preta” será observável como sendo dessa mesma cor seja qual for a cor de luz que incida sobre ele.

Assim sendo, estão estabelecidas as semelhanças entre as cores e os objetos que gostamos ou não.

Conhecimento pré-existente necessário: percepção do comportamento das pessoas em relação a objetos dos quais gostam ou não, compreensão de que não podemos jogar fora algo que não está em nossa posse.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática, interpessoal e naturalista.

Quadro resumo da analogia: A cor de um corpo por reflexão e o ato de guardar um objeto ou jogá-lo fora

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|-------------------------|--------------------------------|
| Luz refletida | Objetos dos quais não gostamos |
| Luz absorvida | Objetos dos quais gostamos |

11. EQUAÇÃO DO GERADOR ELÉTRICO E A PLANTAÇÃO DE FEIJÃO

Conceito: A partir da equação do gerador, podemos fazer a seguinte leitura: a diferença de potencial (ou ddp) estabelecida nos terminais de um gerador é igual à diferença entre a força eletromotriz por ele produzida e o produto entre sua resistência interna e a corrente que o atravessa.

Comumente, os livros didáticos utilizam a seguinte relação matemática para a equação do gerador:

$$U = \mathcal{E} - r.i$$

Entretanto, para um melhor encaixe com a analogia proposta, utilizaremos a equação do gerador do seguinte modo:

$$\mathcal{E} = U + r.i$$

Acreditamos que dessa forma a equação seja mais simples de ser memorizada pelos estudantes, onde seu conceito pode ser expresso da seguinte forma: a força eletromotriz produzida por um gerador é igual a soma da diferença de potencial estabelecida em seus terminais com o produto entre sua resistência interna e a corrente que o atravessa.

Dificuldade: Alguns estudantes apresentam certa dificuldade em compreender que nem toda força eletromotriz produzida por um gerador é aplicada ao circuito, pois parte dessa *fem* é dissipada pela resistência interna do gerador.

Analogia: Suponha que certo homem seja dono de um grande terreno e que ele o utiliza, exclusivamente, para plantar feijão.

O homem colhe toda a safra de seu plantio, retira uma fração para alimentar sua família e para fazer o replantio, e em seguida, vende todo o restante.

Explicação da analogia: O exemplo do homem que planta feijão é muito semelhante ao comportamento de um gerador elétrico.

O homem, inicialmente, colhe todo o feijão que foi plantado. Assim sendo, ele está de posse de 100% de sua produção. Porém, existem dois motivos óbvios que impedem esse homem de vender integralmente sua colheita. Primeiro: o homem não terá grãos para fazer o próximo plantio. Segundo: o homem não terá feijão para alimentar sua família.

Percebe-se então que é inevitável a “perda” de parte da produção, seja para o replantio ou para consumo próprio. Observa-se também que quanto maior for o terreno que esse homem possui e quanto mais numerosa for sua família, maior será a fração de sua colheita que não será utilizada para venda.

Agora estabeleceremos as semelhanças entre uma plantação de feijão que serve como fonte de renda e de subsistência e um gerador elétrico.

Os 100% da produção se assemelham com a *fem* produzida pelo gerador. Quanto maior for o terreno do plantio maior será a produção. Da mesma forma que quanto maior for a potência do gerador maior será a *fem* gerada.

A “perda” do homem por causa do replantio e do consumo de sua família se assemelham à resistência interna do gerador, pois ambas representam a fração que é desperdiçada.

O montante da plantação que é vendido se assemelha à diferença de potencial que é estabelecida nos terminais do gerador, ou seja, é a parte útil.

Essa analogia também é útil para o professor abordar um gerador em curto circuito. Sabemos que, num gerador em curto circuito, toda a força eletromotriz é aplicada sobre ele mesmo. Podemos assemelhar a situação de um gerador em curto-circuito com a de uma família que consome integralmente toda a produção de feijão, não sobrando dessa forma nada para venda.

Inicialmente um gerador elétrico “gera” uma força eletromotriz. Mas, infelizmente, nem toda *fem* gerada é utilizada para “alimentar” o sistema, pois a resistência interna do gerador causa uma queda nessa *fem* por conta da potência que ela dissipa. Lamentavelmente não há uma maneira de reduzir à zero a resistência interna do gerador, o que acarreta sempre num desperdício da *fem* total gerada. Isso faz com que a ddp aplicada ao circuito seja sempre menor que a gerada pelo gerador.

Conhecimento pré-existente necessário: Noções sobre plantação de subsistência e comercial.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Espacial, naturalista e lógico-matemática.

Quadro resumo da analogia: Equação do gerador elétrico e a plantação de feijão

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|----------------------------|---|
| Força eletromotriz | 100% da produção de feijão |
| Energia/Potência dissipada | “Perda” do homem por causa do replantio e do consumo familiar |
| ddp aplicada ao circuito | Montante da colheita útil para venda |
| Potência do gerador | Extensão do terreno para plantio |

12. EQUAÇÃO DO RECEPTOR ELÉTRICO E A “CATAÇÃO DO FEIJÃO”

Conceito: A partir da equação do receptor, podemos fazer a seguinte leitura: a diferença de potencial (ou ddp) estabelecida nos terminais de um receptor elétrico é igual à soma da força contra-eletromotriz com o produto entre sua resistência interna e a corrente que o atravessa.

Matematicamente, temos:

$$U = \mathcal{E}' + r'.i$$

Dificuldade: Muitos estudantes não conseguem perceber que nem toda ddp estabelecida nos terminais de um aparelho elétrico é utilizada para que este desempenhe sua função. Pois como sabemos, parte da energia recebida é dissipada por sua resistência interna.

Analogia: Utilizemos uma situação corriqueira: o ato de “catar” o feijão. Como sabemos, antes de cozinhar o feijão, devemos proceder ao ato de “catação”, que consiste em separar os grãos bons dos ruins. Considerando que o feijão seja de boa qualidade, apenas uma pequena fração dos grãos será classificada como ruim e jogada no lixo.

Explicação da analogia: O ato de “catar o feijão” é muito semelhante ao funcionamento de um receptor elétrico.

Sobre os terminais de um receptor é estabelecida uma ddp com o objetivo de que este realize um determinado trabalho. Porém, parte da energia elétrica recebida é dissipada pela resistência interna do aparelho. Dessa forma, apenas o restante da energia recebida é efetivamente utilizada para realizar o trabalho desejado.

Assim sendo, podemos observar com maior clareza as semelhanças entre um receptor elétrico e o ato de “catar o feijão”.

Ao comprar um “saco de feijão”, uma pessoa pretende utilizar todo o “saco” para fazer sua comida. Porém, por conta da má qualidade de alguns grãos, é necessário que uma parte deles seja jogada no lixo, pois não servem

para o consumo. O restante seguirá para a panela, onde servirá a seu propósito.

Observa-se que, em ambos os casos, há um desperdício inevitável. No caso do receptor, o que é desperdiçado é a energia elétrica que é dissipada pela resistência interna do aparelho. Já no caso da “catação do feijão”, o que é desperdiçado é uma parte dos grãos que não se encontram em condições para o consumo.

Conhecimento pré-existente necessário: Noções sobre o ato da “catação de grãos”.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática e corporal-cinestésica.

Quadro resumo da analogia: Equação do receptor elétrico e a “catação do feijão”

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|--|---|
| ddp aplicada sobre o receptor | “Saco de feijão” |
| Energia/Potência dissipada pelo receptor | Grãos impróprios para o consumo |
| Força contra-eletromotriz | Montante dos grãos utilizado para consumo |

Essa analogia da “catação do feijão” também pode ser aplicada para o ensino da 1ª lei da termodinâmica e para a dissipação da energia mecânica.

- 1ª lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Quadro resumo da analogia: 1ª lei da Termodinâmica e a “catação do feijão”

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|---|---|
| Quantidade de calor recebida pelo sistema | “Saco de feijão” |
| Varição da energia interna do sistema | Grãos impróprios para o consumo |
| Trabalho realizado pelo gás | Montante dos grãos utilizado para consumo |

- Dissipação da energia mecânica:

$$E_{M \text{ Inicial}} = E_{M \text{ Final}} + E_{\text{Dissipada}}$$

Quadro resumo da analogia: Dissipação da energia mecânica e a “catação do feijão”

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|--------------------------|---|
| Energia mecânica inicial | “Saco de feijão” |
| Energia dissipada | Grãos impróprios para o consumo |
| Energia mecânica final | Montante dos grãos utilizado para consumo |

13. AS CORRENTES DE CONVECÇÃO E OS CARTEIROS

Conceito: É um tipo/modo de transmissão de energia térmica, que ocorre exclusivamente nos fluidos, onde a energia é transmitida de uma região à outra através da movimentação dos fluidos devido à diferença de temperatura/densidade entre essas regiões.

Dificuldade: Alguns estudantes apresentam certa dificuldade em entender como se processam as correntes de convecção.

Analogia: Uma situação comum que podemos utilizar é a rotina de um carteiro.

Um carteiro encontra-se inicialmente na central dos correios, onde enche sua bolsa/sacola com as cartas que devem ser entregues. Em seguida segue seu itinerário para realizar suas entregas. Após ter entregado todas as cartas, o carteiro volta à central dos correios para pegar uma nova remessa e sai novamente para realizar o mesmo processo.

Explicação da analogia: A rotina de um carteiro se assemelha muito ao fenômeno das correntes de convecção.

Ao colocarmos uma panela cheia d'água para ser aquecida junto ao fogo, verificamos que a água próxima do fundo da panela é aquecida. Em seguida, por conta da dilatação térmica sofrida, a água sofre uma diminuição em sua densidade, o que fará com que ela movimente-se para uma região de menor temperatura (região de cima da panela). Durante esse movimento ascendente, a molécula d'água transferirá parte de sua energia térmica para outras moléculas, o que acarretará em uma diminuição de sua temperatura, e conseqüentemente um aumento de sua densidade. Ao chegar à superfície livre da água (parte de cima da panela), essa molécula se encontrará a uma temperatura bem inferior àquela que possuía enquanto estava no fundo. Em seguida, essa molécula passará a mover-se para baixo, em direção ao fundo da panela, onde será novamente aquecida e o todo o processo se repetirá.

Algo semelhante ocorre com a prática do trabalho (rotina de trabalho) de um carteiro, e dessa forma podemos estabelecer algumas semelhanças entre sua rotina de trabalho e uma panela d'água que foi posta a ferver.

A central dos correios é o local onde os carteiros enchem suas bolsas com as cartas, fazendo com que elas aumentem de volume. Em seguida eles saem para fazer sua rota. Enquanto andam, eles vão efetuando a entrega das cartas, o que, por consequência, fará com que sua bolsa diminua de volume.

Ao chegar ao final de sua rota, os carteiros estarão com as bolsas vazias, ou seja, com seu volume bastante reduzido. Então eles retornarão à central para encher novamente suas bolsas e repetir todo o processo.

Esperamos que seja fácil para os estudantes perceberem que a central dos correios exerce função parecida com a chama que aquece a panela. Enquanto a central dos correios dá aos carteiros cartas para que sejam entregues, a chama cede calor para a água que se encontra no fundo da panela.

Da mesma forma que as bolsas dos carteiros ficam cheias por causa das cartas, a molécula d'água tem seu volume aumentado por conta da dilatação térmica sofrida pelo aumento da temperatura.

As cartas desempenham função análoga à energia térmica. Na central dos correios a concentração de cartas é grande, do mesmo modo que a região do fundo da panela apresenta grande concentração de energia térmica.

E por fim, a movimentação do carteiro se assemelha com as correntes de convecção. Assim como o carteiro movimenta-se para distribuir suas cartas afastando-se da central, o fluido aquecido movimenta-se de forma a afastar-se da zona de alta temperatura.

Conhecimento pré-existente necessário: Noções sobre a rotina da profissão de carteiro.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática, espacial e naturalista.

Quadro resumo da analogia: As correntes de convecção e os carteiros

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|------------------------------|-----------------------------|
| Energia térmica | Cartas |
| Calor/Correntes de convecção | Movimento do carteiro |
| Chama que aquece a panela | Central dos correios |
| Volume da molécula de água | Volume da bolsa do carteiro |

14. O EFEITO JOULE E O SACO DE VELOCIDADE

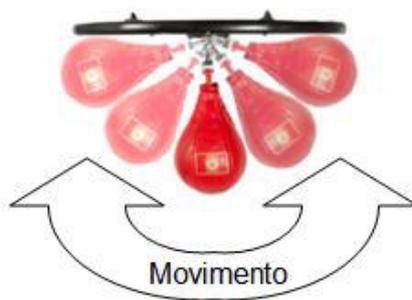
Conceito: Aquecimento de um condutor devido à transformação de energia elétrica em térmica em virtude da passagem da corrente elétrica por ele.

Dificuldade: Alguns estudantes não conseguem compreender que a causa do aquecimento de um condutor percorrido por uma corrente elétrica é a colisão entre os elétrons e os átomos que constituem o condutor.

Analogia: Boa coordenação motora e rápidos reflexos são requisitos necessários a um bom boxeador. Para treinar esses requisitos é comum se usar, nas academias, o *speed-bag*, ou saco de velocidade, como é comumente chamado no Brasil.

O atleta atinge o saco com um soco, e este, por sua vez, move-se para trás até atingir a superfície à qual está preso, sendo então repellido de volta e atingindo novamente a superfície à qual está preso em um ponto diametralmente oposto ao primeiro. Essa colisão entre o saco e a superfície à qual ele se encontra preso acontece algumas vezes até o saco perder velocidade e ele então parar.

Figura 6: Saco de velocidade



Fonte: <https://fr.dreamstime.com/photographie-stock-libre-droits-femme-de-boxeur-avec-les-gants-de-boxe-rouges-image24367697>
<http://www.thewarriors.ca/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/3/1/3159-a.png> acessado em 16/12/2016.

Explicação da analogia: O *speed-bag*, ao ser atingido pelo atleta, executa um movimento oscilatório em torno de um ponto de equilíbrio. Quanto maior for a força aplicada pelo atleta, maior será a frequência oscilatória do saco. Observa-se também que, se o atleta deixar de socar o *speed-bag*, este diminuirá sua

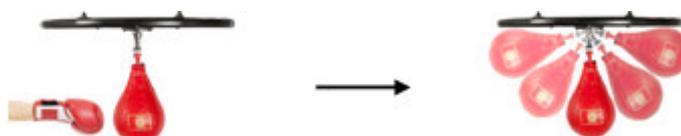
velocidade de oscilação até parar, ou seja, para que o movimento oscilatório continue, faz-se necessária a contínua interferência do agente externo (atleta).

O modo como um condutor se aquece por causa do efeito Joule é semelhante a um atleta utilizando um speed-bag.

Os “elétrons livres”, enquanto se movimentam, “colidem” com os átomos do condutor, fazendo com que eles passem a vibrar mais intensamente, aumentando assim a temperatura do corpo que está sendo atravessado pela corrente elétrica. Podemos aqui estabelecer uma semelhança entre os elétrons livres e o punho de um boxeador, assim como entre os átomos do condutor e o *speed-bag*.

Assim como os elétrons livres “atingem” os átomos de um condutor, o punho de um boxeador atinge o *speed-bag*. E conseqüentemente, assim como os átomos do condutor passam a vibrar mais intensamente por causa das colisões, o *speed-bag* vibra mais intensamente por conta dos cocos aplicados pelo boxeador.

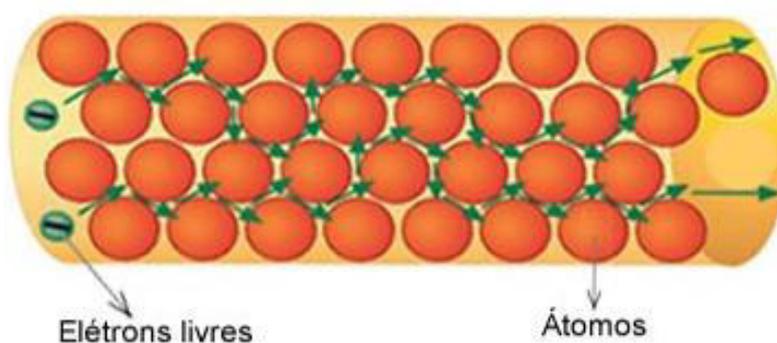
Figura 7: Punho atingindo o saco de velocidade



Fonte: <https://fr.dreamstime.com/photographie-stock-libre-droits-femme-de-boxeur-avec-les-gants-de-boxe-rouges-image24367697>
<http://www.thewarriors.ca/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/3/1/3159-a.png> acessado em 16/12/2016.

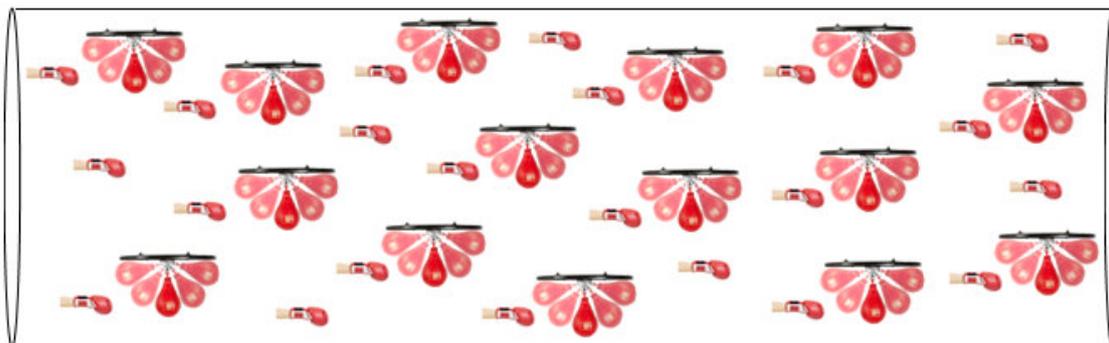
Dessa forma, fica fácil entendermos as semelhanças entre as duas figuras abaixo.

Figura 8: Corrente elétrica em um condutor retilíneo



Fonte: <http://bobywil.blogspot.com.br/> acessado em 16/12/2016.

Figura 9: Analogia entre a corrente elétrica em um condutor retilíneo e vários punhos atingindo diversos sacos de velocidade



Fonte: <https://fr.dreamstime.com/photographie-stock-libre-droits-femme-de-boxeur-avec-les-gants-de-boxe-rouges-image24367697>
<http://www.thewarriors.ca/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/3/1/3159-a.png> acessado em 16/12/2016.

Conhecimento pré-existente necessário: Saber o que é um *speed-bag* e como ele é utilizado.

Principais inteligências múltiplas trabalhadas: Lógico-matemática, espacial e corporal-cinestésica.

Quadro resumo da analogia: O efeito joule e o saco de velocidade

| TERMO CIENTÍFICO | ANÁLOGO |
|---------------------------------|------------------------------|
| Elétrons livres | Punho do boxeador |
| Átomos do condutor | <i>Speed-bag</i> |
| Vibração dos átomos do condutor | Vibração do <i>Speed-bag</i> |