

IMAGENS E O ENSINO DE FÍSICA: IMPLICAÇÕES DA TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO

Fernando Temporini Frederico*
Dulcinéia Ester Pagani Gianotto**

RESUMO: Este artigo apresenta e discute parte dos dados de uma pesquisa de doutorado que investigou as contribuições das imagens para o ensino de física. Com uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa, e tendo a Teoria da Dupla Codificação de Paivio como principal referencial teórico, buscou-se investigar como as imagens podem se configurar como recursos potenciais para processos que envolvem o aprendizado de conceitos de física. Com base na análise dos dados coletados, pode-se considerar que tais recursos são capazes de contribuir de maneira significativa para o aprendizado de conceitos físicos.

Palavras-chave: Teoria da dupla codificação. Ensino de física. Imagens.

IMÁGENES Y LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA: IMPLICACIONES DE LA TEORÍA DE LA DOBLE CODIFICACIÓN

RESUMEN: Este artículo presenta y discute parte de los datos de una investigación de doctorado que buscó comprender las contribuciones de las imágenes para la enseñanza de la física. Con un abordaje cualitativo de naturaleza interpretativo, y con la Teoría de la Doble Codificación de Paivio como principal referencial teórico, se buscó investigar cómo las imágenes pueden configurarse como recursos potenciales para procesos que involucran el aprendizaje de conceptos de la física. Basados en el análisis de los datos recogidos, se puede considerar que tales recursos son capaces de contribuir de manera significativa para el aprendizaje de conceptos físicos.

Palabras clave: Teoría de la Doble Codificación. Enseñanza de la Física. Imágenes.

*Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. Doutor em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Participante do Grupo de Pesquisas: Ensino de Ciências e Biologia, Tecnologia e Formação de Professores (UEM). Professor de Física e Matemática da Rede Estadual Paranaense. E-mail: ftfrederico@gmail.com

**Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. Doutora em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professora do Programa de Pós graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Líder do Grupo de Pesquisa: Ensino de Ciências e Biologia, Tecnologia e Formação de Professores (UEM). E-mail: depgianoto@uem.br

IMAGES AND PHYSICS EDUCATION: DUAL-CODING THEORY'S IMPLICATIONS

ABSTRACT: This article presents and discusses part of a data from doctoral research that investigated image's contributions for physics teaching. With a qualitative approach to interpretation, and having the Dual Coding Theory by Paivio as the main theoretical framework, we sought to investigate how images can be configured as potential resources for processes involving learning physics' concepts. Based on analysis of the collected data, it can be considered that such resources are able to contribute significantly to learning physical concepts.

Keywords: Dual-Coding Theory. Physics teaching. Images.

INTRODUÇÃO

Os professores de Ciências (biologia, física e química), assim como de outras áreas do conhecimento, podem, durante a abordagem oral de alguns conceitos e conhecimentos, enfrentar dificuldades quanto à maneira de discutir tais conhecimentos, uma vez que estes podem se configurar como abstratos demais.

Diante dessa situação, buscam, por meio de alguns mecanismos, reduzir (na medida do possível) tal abstração e, muitas vezes, é por meio de alguns elementos que tais profissionais buscam a promoção dessa redução, tais como: recursos didáticos, midiáticos e tecnológicos. Alguns desses recursos podem estar associados à utilização e à exibição de imagens, sejam elas estáticas (fotografias, desenhos, esquemas), ou em movimento (vídeos, simulações).

Na abordagem de vários conteúdos relacionados ao currículo da disciplina física, as imagens podem desempenhar um papel extremamente importante, justamente por suas propriedades de representação. Fotografias, vídeos, desenhos, gráficos, esquemas, entre outros, são elementos que constantemente podem ser vistos associados aos fenômenos físicos, como, por exemplo, em livros didáticos. Mas, extrapolando a visão simplista de acessório dinamizador, como as imagens são capazes de contribuir para a aprendizagem de conceitos físicos? Seria por seus formatos, cores e características? Elas apresentam alguma vantagem em relação às palavras?

Para tentar responder a essas questões, buscaram-se respostas na Teoria da Dupla Codificação (TDC), de Allan Paivio (2014), que revela que as representações verbais e as não verbais estão diretamente interligadas, de modo a nos permitir criar imagens quando ouvimos determinadas palavras e gerar conceitos e descrições quando visualizamos imagens. Sob essa perspectiva, quando se pensa em aprendizagem, passa-se necessariamente pela memória, e a associação de palavras e imagens parece apontar para um horizonte promissor, uma vez que, segundo a TDC, essa união pode ser capaz de ativar mecanismos específicos ligados à nossa memória, como o *logogen* e o *imagen*.

Nesse sentido, assim como aponta Licury (2001), a memorização, que muitas vezes não é levada a sério por alguns professores, é um elemento que está diretamente ligado à aprendizagem, sugerindo que uma simples decoreba pode representar muito mais do que se pode imaginar, uma vez que processos cognitivos ligados à aprendizagem estão diretamente ligados à memória.

Sabe-se, ainda, que a forma de se abordarem alguns conteúdos é fator determinante para que estes possam agregar significados aos alunos, o que necessariamente requer a contextualização desses conteúdos, pois é dessa maneira que o professor, como mediador da aprendizagem, constrói o elo de relação entre a teoria e a prática. Essa ação parece ser ainda mais necessária no Ensino de Ciências, uma vez que boa parte dos conteúdos lida com descobertas e questões científicas que, às vezes, configuram-se como complexas.

Sendo assim, este trabalho objetivou verificar as possíveis contribuições das imagens para o Ensino de Física com relação aos conceitos de ondulatória e luz, bem como aos desafios e às possibilidades da inserção desses recursos na escola pública. Com a finalidade de compartilhar os pressupostos de uma

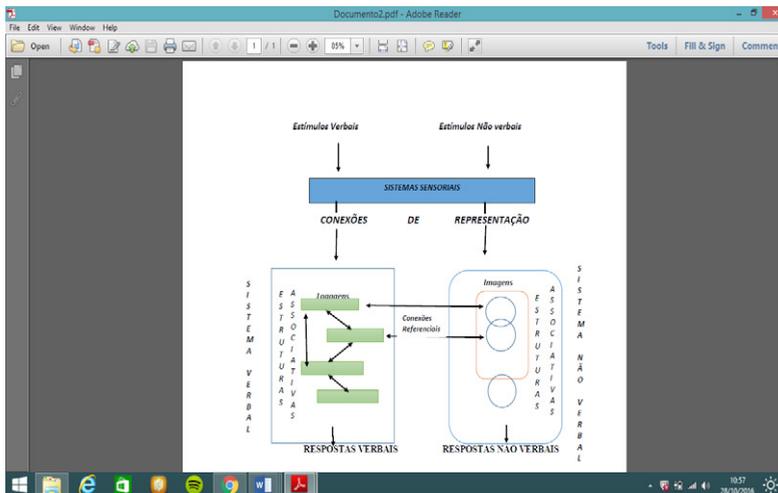
aprendizagem significativa, desenvolveu-se uma sequência didática na qual se utilizaram imagens (estáticas e em movimento) com o propósito de fazer com que os sujeitos envolvidos pudessem assimilar os conceitos discutidos de forma significativa, uma vez que o trabalho de investigação partiu da hipótese de que o uso das imagens é capaz de ativar diferentes mecanismos de armazenamento presentes na memória humana.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Teoria da Dupla Codificação

A TDC proposta por Paivio (2014) discute a ideia de que a cognição envolve a atividade cooperativa de dois sistemas que funcionam de forma independente, mas mantém ligações, sendo um sistema não verbal especializado em lidar com objetos e eventos que não envolvem palavras e um sistema verbal cuja especialidade é lidar de forma direta com a linguagem verbal, ou seja, com palavras.

FIGURA 1 – Unidades estruturais da TDC



Fonte: SADOSKI; PAIVIO, 2001.

De acordo com Paivio (2014), todo conhecimento é derivado de percepções de episódios específicos, tanto verbais como não verbais, e dos comportamentos relacionados a eles. Nesse sentido, o conhecimento consiste em memórias episódicas e processuais. Alguns encontros com determinadas palavras específicas podem se tornar obscuros, em que o sujeito fica com a impressão de que simplesmente conhece tal palavra, assim como seu significado. Por outro lado, parte do conhecimento “permanece episódico”; por exemplo, quando há uma questão relacionada à palavra carro, poderíamos, primeiramente, recorrer aos mais diferentes episódios que envolvem a palavra carro que está sendo vislumbrada no

momento, até mesmo aqueles adquiridos no passado. Assim, de forma contínua, a memória vai mudando e se expandindo de forma a assimilar tais episódios numa espécie de estrutura organizacional que fica cada vez mais diferenciada.

Dentro da TDC, Paivio (2014) discute alguns termos que são essenciais para a compreensão da teoria, que são: *logogen* e *imagen*. O termo *logogen* representa uma espécie de organização interna, de tamanho e unidades linguísticas variáveis, como as que podem ser percebidas e produzidas pelo indivíduo. Analiticamente falando, elas se configuram como estruturas hierárquicas sequenciais, em que as unidades maiores diferem das menores em combinações distintas. Pode-se dizer que pessoas alfabetizadas que tenham uma considerável experiência em leitura, presumivelmente, possuem um “grande” estoque de *logogens* em nível de sílabas como unidades separadas, como se fosse uma espécie de léxico-sílaba. Diferentemente de palavras e unidades maiores, as sílabas não ficam sozinhas como unidades funcionais, apresentando significados apenas em um sentido intraverbal ou gramatical, constituindo-se de partes de *logogens* em nível de palavra, embora haja algumas palavras curtas que são constituídas por uma única sílaba.

De acordo com Paivio (2014), o termo *logogen* levanta a questão do sentido. O significado é contextual. Pode-se dizer que os *logogens* são significativos em si mesmos apenas na medida em que têm algum grau de disponibilidade para uso em contextos apropriados. Os contextos são ativados mentalmente por meio de diferentes tipos de conexões (PAIVIO, 2014, p. 38).

Já o termo *imagen* foi cunhado pela primeira vez em 1978 por Paivio, quando se referia a unidades de representação que dão origem ao consciente (reportável) de imagens quando ativadas. Esse termo também é utilizado no reconhecimento perceptual da memória de desenhos e em outras modalidades de processamento cognitivo de objetos não verbais. Apresentam-se em modos diferentes, tendo *imagen* visual, *imagen* auditivo (que representam sons ambientais), *imagen* tátil (que permitem identificar objetos) e, por fim, *imagen* motor (gestos, comportamentos e comportamentos não verbais organizados), em que todas as modalidades, mesmo que distintas, envolvem necessariamente a atividade motora (movimento dos olhos, por exemplo, acompanham a imagem visual do objeto). Sendo assim, os *imagens*¹ podem ser considerados uma espécie de família de representações sensorio-motoras.

Sob o ponto de vista funcional, as imagens visuais e táteis estão organizadas em hierarquias síncronas, de modo que todas as partes estão disponíveis simultaneamente para o processamento, embora nem todas possam estar acessíveis de uma só vez. Já as unidades linguísticas são organizadas de forma sequencial, ou seja, linearmente em unidades maiores, tais como: sílabas em palavras e, ainda, o processamento verbal é limitado pela estruturação na escuta, na leitura e na conversação. Paivio (2014) esclarece que há discussões sugerindo que as imagens possuem propriedades analógicas, enquanto que as representações linguísticas verbais, não. No entanto, segundo ele, dentro da TDC, tem-se que as imagens estabelecem uma relação não arbitrária de objetos de percepção e cenas, ao passo que a relação é arbitrária no caso das unidades linguísticas verbais.

A melhor distinção é que as imagens variam de maneira contínua em forma, tamanho e outras propriedades. Por outro lado, as unidades linguísticas

estão estruturadas de forma discreta em qualquer nível, diferindo de outras unidades em etapas distintas. Dessa maneira, *logogens* e *imagens* na TDC funcionam como estruturas internas de modalidades específicas que lidam com atributos sensório-motores de objetos e palavras (PAIVIO, 2014, p.40). Em outras palavras, *logogen* seria uma espécie de gerador de palavras, e *imagen*, um gerador de imagens.

A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA VERBAL

Os *logogens*, teoricamente descritos anteriormente, são organizados por meio de estruturas hierárquicas, sequenciais, na medida em que os *logogens* de unidades linguísticas menores podem ser sintetizados em unidades linguísticas maiores. Os *logogens* são, teoricamente dizendo, entidades unitárias, de modo que uma palavra pode ser reconhecida como um “todo”, no entanto, sem que seja necessário analisar cada fonema. Da mesma forma, frases familiares, como *era uma vez*, *batatas fritas*, possuem unidades frasais que podem ser reconhecidas de forma holística. Embora essas unidades possam ser sintetizadas mentalmente ou, ainda, ser analisadas de forma separada, *logogens* em todos os níveis de hierarquia retêm algum grau de “unidade discreta”. Tais unidades discretas são importantes no sistema verbal, dada a sua necessidade para atender à grande variedade de associações com outras unidades do sistema que são necessárias para a alfabetização. Por exemplo, o ditongo “ei” está associado a vários fonemas, tais como: baleia, besteira, peneira, coceira, entre outros, ao passo que o dígrafo “ch” está associado a diversos grafemas, tais como chefe, cachorro, chute, chinelo, assim por diante (SADOSKI; PAIVIO, 2001).

Sadoski e Paivio (2001) salientam, ainda, que o conhecimento de uma palavra ou frase não significa que sua família de derivações é necessariamente conhecida ou associada. Um sujeito demanda considerável sofisticação linguística para perceber que a *saúde* deriva de *curar*, ou que *viciado* deriva do *vício*, por exemplo. Os sujeitos podem ter associações linguisticamente incorretas, como, quando pronunciam incorretamente uma palavra, escrevem uma pronúncia de forma incorreta ou confundem o significado de uma palavra ou frase. *Logogens* e suas associações derivam de todos os tipos de experiência formal e informal com a linguagem verbal e, enquanto permitem erro, eles também permitem a flexibilidade e a criatividade. *Logogens* estão associados uns aos outros, em grande parte como consequência de quantas vezes eles são experimentados ou utilizados em conjunto e, em certa medida, de forma independente, em razão de sua semelhança uns com os outros. Exemplos relevantes para a leitura incluem combinações familiares grafema-fonema do tipo rima (gato, pato, chato, nato), associações familiares de morfemas lexical e gramatical (seguro, inseguro, segurança, insegurança), sinônimos e antônimos (acima, abaixo, gordo, magro), entre outras formas de associação verbal. Essas associações verbais vão muito além da aprendizagem e das generalizações de grafema-fonema. Associações verbais são probabilísticas e formam a base da linguística. A redundância em linguagem envolve associações probabilísticas construídas a partir da experiência. Tal experiência vivenciada com uma letra ou combinação de letras pode, mais

tarde, subsidiar o conjunto provável de possibilidades que possam ser requeridas por meio da experiência de leitura e escrita, bem como com a experiência com uma palavra ou frase, que pode alterar a probabilidade de palavras ou frases a serem buscadas na memória e geradas pelos *logogens*.

A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA NÃO VERBAL

Sadoski e Paivio (2001) afirmam que as experiências “não verbais” com o mundo são retidas por meio da organização de *imagens* no sistema de imagens. Essas *imagens* tendem a ser aninhadas em outras *imagens* em um arranjo hierárquico de associações, destacado na estrutura associativa mostrada na Figura 1. O ser humano tende a gerar imagens mentais como parte de um ambiente hierárquico ou contextual. Pode-se imaginar um copo como parte de “ajuste” de algum ambiente, ou seja, como parte de um conjunto de mesa para uma refeição, como parte de uma sala de jantar, e assim por diante. No entanto, *imagens* também podem se apresentar de forma descontínua e discreta. Pode-se passar de uma cena para outra completamente diferente de forma imediata, por exemplo: a partir da escola para casa; a partir do supermercado para a praia, etc. E mais: algumas imagens tendem a permanecer estáticas, especialmente se as experiências com elas vêm de imagens estáticas. Para enfatizar essa questão, Sadoski e Paivio (2001, p. 56, tradução nossa) se utilizam de um exemplo:

[...] aqueles que nunca viram o *Taj Mahal* tendem a ter uma imagem estática, geralmente frontal do monumento, provavelmente derivado de fotografias. Seria difícil se ter uma imagem detalhada da parte superior, dos lados, ou, ainda, da parte traseira, neste caso. Por outro lado, as cenas mais familiares produzem mais prontamente imagens de diferentes perspectivas. Quando se questiona, por exemplo, o número de janelas em suas casas, as pessoas frequentemente relatam tendo *turnê mental*.²

Outra questão importante apontada pelos autores reside, também, nas experiências anteriores. O exemplo, explicitado por eles, enfatiza que aqueles que nunca viram a Grande Pirâmide de Gizé possuem a capacidade de ajustar mentalmente perspectivas para qualquer lado ou acima, devido às suas experiências com outras formas de pirâmide e familiaridade com sua simetria. Quanto mais perspectivas o indivíduo tiver para uma figura ou cena, mais facilmente poderá inferir ou interpolar aqueles que não têm. No âmbito cerebral, isso se processa por um determinado grupo de neurônios, como explica Meyer (2001, 2001, p. 92):

Nosso meio ambiente é rico, às vezes exuberante, complexo, com associações imprevisíveis de formas geométricas e de composições indeterminadas. Os pontos, linhas, a intensidade luminosa são eminentemente reprodutíveis, estereotipados de maneira a interessar um grupo dado de neurônios, sempre os mesmos. Saber que tal neurônio é sensível à orientação e tal outro ao movimento dá uma ideia da base da construção da sensação, mas não é de modo algum um indicador do dado perceptual final, na natureza do que é percebido.

As experiências com imagens assumem uma espécie de forma sequencial, em que se pode imaginar uma sequência dinâmica de eventos, como sair de casa, pegar o carro, deslocar-se por meio do trânsito até chegar ao trabalho. Esse exemplo ilustra uma diferença considerável entre sequências verbais e imaginárias (imagens), que reside justamente no fato de que as sequências verbais são mais restritas. É relativamente fácil imaginar sair do trabalho, pegar o carro, deslocar-se no trânsito e chegar em casa, com a sequência inversa. “Todavia é muito mais difícil dizer um provérbio familiar ao contrário, uma vez que não é fácil trabalhar a contramão da língua” (SADOSKI; PAIVIO, 2001, p. 57).

Os autores esclarecem, também, que é possível associar *imagens* a outras modalidades além da visual. Por exemplo, imaginar o som das ondas quebrando na praia, das buzinas durante um dia de trânsito caótico, ou até mesmo a reação de alguns alunos diante de determinada atividade. Da mesma maneira, pode-se imaginar o sabor de um chocolate, o toque em uma superfície áspera em contraste com o toque na seda, bem como o cheiro de um perfume. No entanto, para a maioria das pessoas, essas *imagens* são tipicamente menos claras e vívidas do que *imagens* visuais. Outra questão importante levantada por Sadoski e Paivio (2001, p.57-58) é que a organização flexível e associativa de *imagens* no sistema não verbal permite uma grande “força de criatividade”, uma vez que o ser humano dispõe da possibilidade de imaginar o que nunca experimentou antes, seja de forma real, seja indireta. Por exemplo, imaginar a possibilidade de se caminhar sobre a superfície do sol, ou, ainda, pegar carona na cauda de um cometa.

CONEXÃO – PERCURSOS E PROCESSOS DE ATIVAÇÃO

Segundo Paivio (2014), as unidades responsáveis pela representação estão dormentes até serem ativadas. A ativação ocorre por meio de vias que ligam as unidades de representação ao mundo externo. As conexões são estruturais e a atividade se configura como um fluxo de energia modelado. Conjuntamente, as unidades de representação, as interconexões e os padrões de ativação constituem um sistema de dupla codificação funcional como um todo, baseados em estruturas neurais. E, com base em reações verbais e imagéticas para palavras e objetos, o autor propõe três níveis de significado: *representacionais*, *referenciais* e *associativos*.

O significado *representacional* implica que uma *imagen* ou *logogen* corresponde a um estímulo verbal, ou até mesmo a um objeto que está disponível para um processamento adicional. Nesse processo, a disponibilidade é indexada pela familiaridade ou pelo reconhecimento de respostas ao estímulo. Já o significado *referencial* deriva das relações entre as palavras e os seus referentes, internalizados como associações entre *logogens* e *imagens*. Por último, o significado *associativo* refere-se às associações entre *logogens* e *imagens* que se operam dentro do sistema. O significado associativo verbal “pode ser aproveitado por meio de medidas tradicionais de associações verbais” (PAIVIO, 2014, p. 41).

O significado representacional é conceituado como a ativação relativamente direta de *imagens* por objetos e de *logogens* por palavras (ouvidas ou lidas). O significado referencial está definido como uma ativação indireta

de representações internas, que se operam por meio de ligações entre *imagens* e *logogens*. O significado associativo envolve a ativação indireta entre *logogens* e *imagens* no sistema de conexões.

O modelo estrutural geral (conforme pode ser verificado na Figura 1) mostra as conexões diretas de sistemas sensoriais para os sistemas de representação verbal e não verbal, conexões indiretas entre e dentro dos dois sistemas, bem como as conexões com os sistemas de resposta. As ligações se estabelecem entre *imagens* e *logogens* específicos, bem como entre o sistema não verbal emocional e outros que não são representados diretamente como *imagens*. O esquema ilustrado na Figura 1 também mostra a estrutura jogo-conjunto hierárquico de *imagens* e uma estrutura associativa sequencial de *logogens*. A representação-alvo que pode ser ativada em uma dada ocasião depende de uma série de fatores, que serão discutidos na sequência.

PERCURSO METODOLÓGICO

Para a realização deste trabalho, o projeto de pesquisa foi submetido à apreciação do Comitê Permanente de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COPEP), que foi aprovado sob nº 32207914.1.0000.0104, sendo considerado como qualitativo. Nesse tipo de pesquisa, “o interesse central está na questão dos significados que as pessoas atribuem a eventos e objetos, em suas ações e interações dentro de um contexto social e na elucidação e na exposição desses significados pelo pesquisador” (MOREIRA, 2011, p. 47). Sendo assim, acredita-se que um termo adequado capaz de caracterizar esta pesquisa seria, segundo Erickson (1986 apud MOREIRA, 2011), o de pesquisa interpretativa. Nesse sentido, o pesquisador interpretativo é aquele que registra eventos, obtém dados, transforma-os em asserções, observando, participativamente, de dentro do ambiente pesquisado, registrando cautelosamente os acontecimentos, não focado em dados e amostras no sentido quantitativo, mas em grupos e sujeitos em particular, procurando analisar determinadas instâncias e o que há de único nelas, além do que pode ser generalizado em situações simulares (MOREIRA, 2011, p. 50).

As ações pedagógicas propostas se estruturaram durante 19 horas-aula (um bimestre escolar, entre os meses de junho e setembro de 2014), durante as quais foram desenvolvidos basicamente o conteúdo de ondulatória e o estudo da luz. Durante esse período, além dos encaminhamentos didáticos e metodológicos voltados ao ensino e à aprendizagem de tais temáticas, o professor-pesquisador procurou registrar, da melhor forma possível, todos os eventos relacionados a esta pesquisa, por meio de instrumentos de coleta de dados, como: nas observações e nos registros de áudio e vídeo (todas as aulas foram gravadas, e registros foram feitos no diário de pesquisa), entrevista (efetuada no fim da sequência didática) e de questionários (aplicados de forma intercalada, durante a implementação da sequência didática). Por meio de tais recursos, foram coletados os dados, que, ao se articularem com o aporte teórico, permitiram constituir um corpus de discussões e apontamentos de resultados.

Esses instrumentos foram usados com o objetivo de obter informações que giraram em torno de três temáticas: contribuições das imagens para o ensino de física, contribuição da contextualização para o ensino de física e contribuição das tecnologias para o ensino de física. Porém, para fins deste trabalho, serão selecionadas e discutidas apenas as questões relacionadas à contribuição das imagens para o ensino de física presentes nos questionários e nas observações (anotações e registros de vídeo e áudio). Com exceção do primeiro questionário, que buscou essencialmente identificar o perfil dos alunos, os demais continham questões voltadas a analisar o aprendizado de alguns conceitos físicos relacionadas à contribuição das imagens, da contextualização e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o ensino de física.

Os participantes que fizeram parte deste estudo eram alunos do 2º ano do Ensino Médio do período matutino, matriculados na turma B, contando com 27 alunos, sendo 13 do sexo masculino, e 14, do sexo feminino, de uma escola pública da rede estadual localizada no noroeste do Estado do Paraná – Brasil. Para preservar suas identidades, os sujeitos serão identificados pela sigla “SJ” + “Inicial do nome”. Por já ter sido professor da grande maioria dos alunos que constituem essa turma no ano anterior, tenho propriedade para afirmar que, no geral, a turma apresentava certa homogeneidade quanto à participação nas atividades, sendo que os estudantes, em sua maioria, participavam dos encaminhamentos e das atividades propostas.

O conteúdo abordado durante a pesquisa foi o de ondulatória: propriedades das ondas, tipos de ondas, espectro eletromagnético, propriedades físicas da audição, propriedades físicas da fala e da luz: características físicas da luz, dualidade da luz, propriedades físicas da visão e sensação de cores, em que se utilizaram imagens (estáticas e em movimento) para discutir, realçar e contextualizar os conceitos relacionados com tais conteúdos. Após a implementação da sequência didática e por meio dos instrumentos de coleta de dados, foi possível estruturar um *corpus* de discussões relacionado à utilização das imagens para o Ensino de Física.

Como um dos objetivos principais desta pesquisa foi justamente analisar a contribuição das imagens para o ensino de Física, foram utilizados alguns recursos tecnológicos disponíveis na escola para exibi-las, tais como TV, pen drive, datashow, computador, internet, softwares, celular, lousa digital, entre outros.

A sequência didática implementada abordou conceitos de ondulatória e de óptica (estudo da luz). A atividade se iniciou com a discussão de conceitos essenciais, tais como: onda (o que seria) e, posteriormente, de forma sequencial, foram abordadas a classificação das ondas quanto à propagação (transversal, longitudinal ou mista) e quanto à natureza (mecânica ou eletromagnética); aplicação das ondas em nosso cotidiano; relações interdisciplinares entre a física dos fenômenos e outras disciplinas, como a biologia, discutindo produção da voz, qualidades fisiológicas do som, fazendo a distinção entre sons graves (baixa frequência) e agudos (alta frequência), timbres, intensidade e altura; discutiram-se os possíveis problemas que podem ser causados pela exposição a sons de alta intensidade; abordaram-se a composição básica do sistema auditivo e a sua estruturação (ouvido externo, médio e interno e os principais órgãos que os constituem); produção da voz e sistema fonador; aplicações tecnológicas de fenômenos ondulatórios (cotidiano,

medicina, telecomunicações, comunicação entre animais, detecção de tsunamis e terremotos, entre outras); abordagem matemática de ondas periódicas (amplitude, intensidade, frequência, comprimento e velocidade de ondas).

Já na abordagem de óptica (estudos da luz), além de se discutirem conceitos iniciais de óptica geométrica, exploraram-se, também, questões históricas que marcaram o estudo da luz (dualidade onda-partícula); questões biológicas relacionadas ao funcionamento da visão humana (funcionamento, captação e processamentos de estímulos) e estruturas essenciais que compõem o olho humano (cristalino, íris, humor aquoso, pupila, córnea, músculo ciliar, humor vítreo, esclera, retina, fóvea e nervo óptico); tipos de lentes (com bordas grossas e delgadas, tais como biconvexas, plano-convexas, côncavo-convexas, bicôncavas, plano-côncavas, convexo-côncava); lentes convergentes e divergentes utilizadas para problemas mais comuns que podem acometer a visão (como miopia, hipermetropia, presbiopia, astigmatismo, daltonismo, estrabismo e catarata); percepção e sensação das cores; relações entre comprimento e cor observada; luz policromática e monocromática; espectro eletromagnético; relações entre comprimento de onda e energia. Para melhor dimensionar as discussões envolvendo a abordagem dos conteúdos e dos recursos utilizados, os apontamentos registrados coletados em cadernos de campo serão discutidos com base nos dados coletados com alguns instrumentos de coleta, apresentados a seguir.

DOS QUESTIONÁRIOS

Questionários foram aplicados entre os alunos, de modo a coletar suas opiniões sobre as contribuições das imagens para o ensino de física. As questões foram feitas separadamente ao longo da implementação da sequência didática, sendo aplicados de forma intercalada de acordo com o desenvolvimento da sequência. Os alunos foram questionados sobre a relação das imagens com os conhecimentos discutidos e sobre qual seria o seu papel (Anexo 1).

DISCUSSÃO

Com relação ao primeiro questionamento, todos os 27 participantes, sem exceção, afirmaram que as imagens contribuíram para a compreensão dos fenômenos estudados.

A utilização de recurso didático com imagens pode parecer, a princípio, uma ferramenta que, devido à sua composição gráfica de cores, movimentos, traços, conjugação com áudio (ou não), entre outros aspectos, pode contribuir para processos que envolvem o ensino e a aprendizagem, devido a seus atributos estéticos. Entretanto, ultrapassando uma visão mais superficial, a imagem, como aponta Aumont (1995), carrega necessariamente consigo três aspectos importantes: o estético (como as cores), o simbólico (na medida em que representa algo) e o epistêmico (que se vincula ao conhecimento). Nesse sentido, a imagem extrapola a fronteira da simples representação, uma vez que seu processamento está diretamente ligado às funções cognitivas.

Entre essas funções cognitivas, a memória é uma das que se destacam e o conhecimento está estreitamente interligado com suas funções. Fonseca (2013) esclarece que a cognição envolve processos e produções mentais superiores, tais como: conhecimento, inteligência, pensamento, imaginação, criatividade simbolização, que constituem um sistema complexo de componentes que nos permite perceber, conceber e transformar nosso envolvimento diante das mais variadas situações.

E o cérebro como órgão da cognição possui uma capacidade extraordinária, que é a de armazenar ou captar uma quantidade praticamente infinita de informações e, de maneira muito rápida, pode manipulá-las, não só em termos do passado, mas também adequá-las a situações inéditas e imprevisíveis em termos de futuro. Mas qual a relação dessas questões com as imagens utilizadas para ensinar conceitos de física?

A aprendizagem passa necessariamente pela memória e, em qualquer um de seus níveis, a informação pode se perder, afetando, desse modo, a aprendizagem. Sendo assim, quanto mais significativa e importante a informação for para o sujeito, mais proveitosamente ela poderá ser reutilizada, pois, no processo de retenção da informação, a “profundidade da atividade cognitiva e do processamento posto em prática” pode consequentemente influenciar em sua capacidade de recuperação e mobilização (FONSECA, 2013, p. 68).

Isso sugere que, se tornarmos a informação suficientemente significativa, codificando-a semanticamente, ou seja, usando imagens capazes de representar o comportamento de fenômenos (como na imagem mostrada na Figura 2), ela poderá ser recuperada de forma mais eficaz. Paivio (2014) mostra justamente que as imagens podem possuir certa superioridade em relação às palavras, uma vez que as imagens estão codificadas, em um só tempo, numa forma verbal e não verbal (ilustrada). Por exemplo, uma pessoa pode facilmente ler o grafismo “ressonância magnética”, uma vez que essas unidades ortográficas estão codificadas na memória lexical, permitindo que estas possam ser vocalizadas. Por outro lado, para denominar uma imagem como a da Figura 2, o sujeito necessariamente deve buscar elementos para interpretá-la (na memória semântica), de modo a encontrar os termos adequados para nomeá-la.

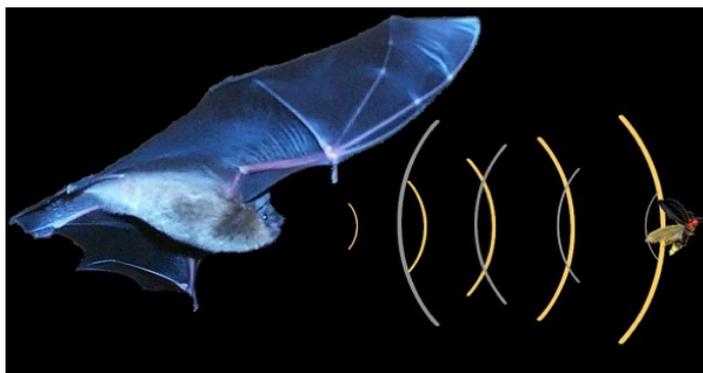
FIGURA 2 – Ressonância magnética



Fonte: Site do Centro Diagnóstico Água Verde (CEDAV).³

Isso explica, como defende Lieury (2001), por que muitos alunos, e pessoas de um modo geral, podem ler perfeitamente em voz alta, sem, necessariamente, compreender o sentido do que estão lendo, mostrando nitidamente o alcance das memórias lexical e semântica. Desse modo, o fato de se utilizarem imagens para representar ou demonstrar conceitos, conhecimentos ou fenômenos físicos envolve cognitivamente, segundo Paivio (2014), os dois sistemas: o verbal, especializado em lidar com a linguagem, e o não verbal, especializado em objetos não linguísticos, como é o caso das imagens.

FIGURA 3 – Representação das ondas sonoras e do Efeito Doppler



Fonte: Site HypeScience.⁴

Assim sendo, durante a sequência didática, ao se referir ao *Efeito Doppler*⁵, por exemplo (Figura 3), além de se discutirem verbalmente questões relacionadas à sua natureza e às suas características, estrategicamente utilizaram-se imagens, fazendo, desse modo, com que tais informações perpassem por ambos os sistemas (verbal e não verbal), sendo codificadas por eles, possibilitando que essas informações sejam resgatadas da memória com mais facilidade. Por exemplo, o morcego, que é um mamífero de hábitos noturnos, dificilmente conseguiria “enxergar” apenas com os olhos a maioria de suas presas. Sendo assim, ele emite ondas e recebe seus reflexos, podendo, assim, calcular a distância a que se encontra a presa e, além disso, ele é capaz de julgar os sons que chegam aos seus ouvidos usando princípios do *Efeito Doppler*, permitindo-lhe calcular a velocidade de sua vítima. As ondas sonoras representadas por semicírculos amarelos (Figura 3) vêm, estrategicamente e convencionalmente, enfatizar que o morcego, ao emitir uma onda sonora, atinge um objeto (no caso um inseto), o qual a reflete (ondas representadas pelos semicírculos azuis). Desse modo, com a aproximação entre a fonte sonora e o inseto, a frequência ouvida é maior do que a emitida, uma vez que ele recebe um número maior de frentes de ondas por unidade de tempo. Sendo assim, os sujeitos poderão relacionar tal fenômeno lendo o termo *Efeito Doppler* ou criar uma imagem mental para representar tal fenômeno quando se depararem com esse conceito, e vice-versa. Essa questão se deve ao que Paivio (2014) denomina associação intermodal.

Outros questionamentos foram feitos objetivando investigar as possíveis contribuições das imagens utilizadas, tais como: “Durante as discussões de ondulatória, vimos alguns vídeos. Escreva quais as possíveis contribuições deles para a compreensão dos conceitos discutidos”. Todos os participantes da pesquisa citaram possíveis contribuições das imagens, que podemos agrupar em duas categorias:

I – Contribui para compreensão do conceito/conhecimento/fenômeno.

II – Contribui para relação da Teoria com a Prática.

Basicamente 17 dos 27 participantes (60% do total) argumentaram que as imagens contribuíram principalmente para a compreensão de conceitos, conhecimentos e fenômenos discutidos, uma vez que “oferecem” mais elementos para a compreensão deles.

Entre tais apontamentos inscritos na categoria I, podemos citar:

- “Os vídeos demonstram o jeito correto e é mais interessante. Se fosse só falado, talvez imagináramos errado” (SJA).
- “Os vídeos surtem um efeito visual correlacionado as imagens integrando certo movimento a visualização. Qualquer recurso que possa enriquecer a abordagem é benéfico e contribui para uma aproximação com os conceitos” (SLR).
- “Aulas sem vídeos não fariam o mesmo efeito, seria difícil de entender, os vídeos facilitaram a compreensão do assunto estudado” (SMA).

Já os 10 participantes restantes mencionaram que uma das principais contribuições dos recursos que envolvem imagens utilizados reside justamente na qualidade de relacionar a teoria discutida com a prática, ou seja, como os fenômenos discutidos em sala de aula podem estar relacionados direta ou indiretamente com o mundo que nos cerca:

- “É muito mais fácil você ver algo acontecendo do que ouvir alguém falando sobre o mesmo. Isso acontece com os vídeos, ou seja, os vídeos fazem com que nós compreendemos os fenômenos na prática” (SGU).
- “Os vídeos nos mostram de uma forma real os conceitos e a interpretar melhor o conteúdo, vendo a situação real nós compreendemos melhor” (SAB).
- “Ajuda na compreensão das teorias no meio em que vivemos” (SJR).

Em ambas as categorias, os testemunhos convergem para a constatação de que as imagens oferecem “um elemento a mais” para contribuir com a compreensão de determinado conceito. Sadoski e Pavio (2001) citam uma série de estudos (PRESLLEY, 1976; GAMBELL, 1982; KULHAVY; SWENSON, 1975; STEINGART; GLOCK, 1979; GAMBRELL; BALES, 1986; GIESEN; PEECK, 1984, entre outros) em que as imagens foram utilizadas como protagonistas em processos que buscavam a compreensão de textos nos quais elas funcionaram como meio de promoção de vários aspectos relacionados à compreensão. Sadoski

e Pavio (2001) já demonstraram que, aliando imagens a textos, por exemplo, aumenta-se de forma significativa a compreensão de termos e significados. Isso se deve ao fato de que, de acordo com a TDC, os dois sistemas, verbal e não verbal, estão interconectados, colaborando mutuamente um com o outro por ligações de referência entre os *logogens* e os *imagens*, unidades estas responsáveis pela geração de palavras e imagens, respectivamente.

Com o avançar das atividades, outros questionamentos foram cunhados aos sujeitos: “Ao abordar conceitos utilizados, usamos palavras (definições e explicações) seguidas, muitas vezes, por imagens (fotografias, animações, vídeos). O que você diria a respeito desta forma de abordar os conceitos?” e “Você acredita que uma imagem pode trazer informações mesmo sem trazer caracteres verbais? Tente justificar sua resposta”.

Em relação ao primeiro questionamento, mais uma vez, todos os sujeitos mencionaram que a utilização de imagens para discutir conceitos e fenômenos físicos, tais como o *Efeito Doppler*, contribuiu para a compreensão mais eficiente deles. Eis alguns comentários:

- “Melhor compreensão, memorização, menos cansativa, enfim, melhor do que só falas (SLA).
- “É mais simples e fica mais na cabeça” (SLU).
- “Fica bem melhor para entendermos os termos abordados, porque só uma explicação teórica não nos mostra muito bem como aquilo que acontece então imagens e vídeos nos ajudam a entendermos” (SLY).
- “Com o desenho ficou mais fácil e com o vídeo ajudou bastante a entender, só a escrita, lembraríamos na prova, mas não ia ter a ideia de como é” (SFR).

E, respectivamente, em relação ao segundo questionamento, pode-se destacar:

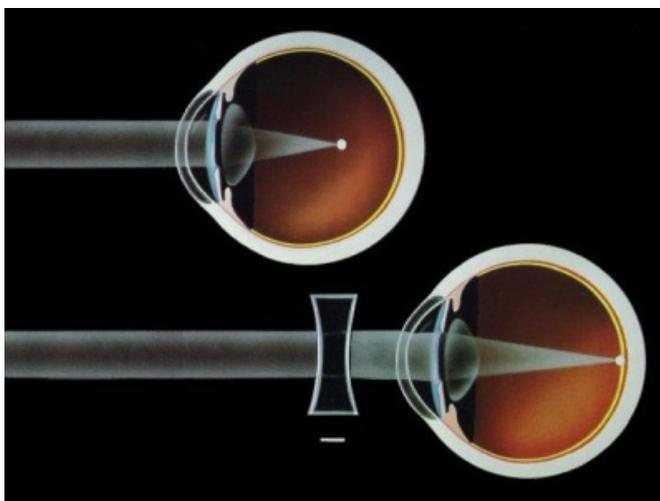
- “Sim, por exemplo, em uma imagem do *Efeito Doppler* que mesmo sem caracteres textuais é possível entender” (SNA).
- “Sim, pois a partir de que a gente já sabe o conteúdo, apenas mostrar uma imagem já nos faz lembrar do que foi lembrado” (SAL).
- “Sim, pois quando você vê determinada imagem na hora você assimila ela com alguma coisa que você já conhece como um desenho mostrado em sala na hora que vemos a imagem já sabíamos do que se tratava” (SRO).
- “Sim, se você já tivesse “aprendido” sobre o conteúdo, e você vê uma imagem não textual você saberia as informações, mas, caso contrário não” (SMA).

Os depoimentos apontados pelos sujeitos, de um modo geral, indicam que as imagens são meios que ajudam a “lembrar” aquilo que foi estudado. É claro que se deve considerar que, por meio da mediação do professor, as ondas sonoras, tanto as emitidas, como as refletidas, foram representadas metaforicamente por meio

dos semicírculos. Para melhor explicitar essa questão, ao discutir, por exemplo, como funciona a “produção” da voz humana, foi exibido um vídeo mostrando a vibração de pregas vocais. Desse modo, buscou-se evidenciar que a voz, por se caracterizar como uma onda mecânica, está relacionada à vibração, neste caso, de tecidos humanos. Além disso, enfatizou-se, também, o papel da ressonância, promovida por outras partes do aparelho fonador, tais como a traqueia, os palatos duro e mole, a laringe, a faringe, a língua, os dentes etc. Sendo assim, objetivou-se “codificar” onda mecânica com algo ligado a vibração, tal como a voz humana; desse modo, ao exibir uma imagem que represente algo vibrando, esta pode contribuir para que o estudante amplie as possibilidades de fazer o *recall* de informações relacionadas à onda mecânica.

Em outra situação semelhante, exibiram-se imagens (como mostrado na Figura 4) para enfatizar doenças ligadas à visão, tais como miopia, hipermetropia e astigmatismo.

FIGURA 4 – Representação de Miopia e lente corretora para Miopia



Fonte: Site InfoEscola.⁶

No caso dessa imagem, buscou-se codificar fisicamente “miopia” como, por exemplo, um raio de luz que não “atinge” ou “alcança” a retina. Sob essa perspectiva, além das discussões orais, uma imagem como essa pode contribuir para a assimilação da funcionalidade da visão humana e, especificamente, sobre a miopia.

Fisiologicamente falando, as imagens são elementos capazes de provocar sensações diferentes daquelas quando apenas visualizamos, lemos ou ouvimos uma palavra. Sob essa perspectiva, Meyer (2002) explica que o cérebro visual funciona como uma espécie de organização de atividade cognitiva superior, com determinadas configurações neurais, denominadas de *patterns* (conjunto de neurônios encarregados de uma dada atividade cerebral e que se organizam de forma a otimizar a atividade funcional).

Diante de uma sensação elementar (pouco estímulo visual), apenas neurônios da região cerebral visual são suficientes para a interpretação da informação. Todavia, diante de uma sensação mais elaborada, com muitos estímulos visuais, a construção de uma imagem visual necessita da cooperação de outras capacidades cerebrais, tais como da memória e da emoção. Essa organização cerebral visual, a priori, sugere uma natureza dual – relativamente estável e uniforme, na medida em que esse desempenho cerebral é inato da espécie –; por outro lado, subjetividade e versatilidade individuais naturais dos humanos e, também, das influências ligadas ao meio e à aprendizagem, na medida em que “as estimulações sensoriais forjam uma rede de neurônios interconectados, na qual a força motora do sistema está representada pela intensidade do estímulo” (MEYER, 2002, p. 102).

Isso reforça justamente a tese de que as imagens, ao serem usadas de forma a representar conceitos e fenômenos abordados, como ondulatória e estudo da luz. Esses conceitos são duplamente codificados, pois, ao mesmo tempo, estão codificados tanto verbalmente, quanto de forma ilustrada, exercem um peso maior em nossos sistemas de significação. Essas constatações nos remetem à ideia de que é preciso estimular o meio/contexto de nossas aulas, complementando falas e discussões com imagens/vídeos capazes de realçar e exemplificar os conceitos e fenômenos de maneira mais concreta e contextual. De acordo com Robiotta (2006), os próprios exames de *Pet – Pósitron Emission Tomography* (Tomografia por Emissão de Pósitrons) – têm apontado para um aumento considerável de atividade (fluxo de sangue) na região cerebral referente a uma percepção, uma sensação ou mesmo um movimento quando somos estimulados por nossos sentidos, tais como os visuais. A TDC sugere justamente que os elementos verbais e não verbais estão interligados, uma vez que essas conexões entre tais sistemas nos possibilitam a habilidade de criar imagens quando vemos ou ouvimos palavras, assim como de gerar nomes, conceitos ou descrições quando visualizamos figuras ou imagens.

Paivio (2014) esclarece que a captação das informações e sua respectiva codificação ocorrem de maneira mais efetiva quando se usam os canais visual e verbal/auditivo simultaneamente, ou seja, um determinado conceito pode ser concebido por uma pessoa em diferentes ângulos, por meio de variadas nuances, que determinam suas características. Com efeito, elementos verbais podem ser mais eficazes para transmitir certas informações, enquanto que elementos não verbais podem ser para outras.

Nessas circunstâncias, quando usamos imagens além das palavras (escritas ou faladas) para discutir, ensinar ou mostrar certos conceitos e fenômenos, por exemplo, estaremos ampliando os caminhos para sua compreensão, uma vez que estaríamos potencializando seu processamento e, conseqüentemente, aumentando suas chances de recuperação (na memória), desde que codificações tenham sido estabelecidas para as imagens e seus elementos constitutivos. A esse respeito, Fonseca (2013, p. 68) afirma que a forma como a informação for processada pelo sujeito e como ela for cognitivamente e emocionalmente ativada, mediatizada, controlada e regulada poderá determinar qualitativamente as funções da memória. Daí a importância de estratégias de “treinabilidade e educabilidade de estratégias mnemônicas”, tais como as de visualizar, imaginar, categorizar, verbalizar, entre outras. Ou seja, se o professor, ao abordar oralmente um determinado conceito,

como o de onda mecânica, por exemplo, e usar imagens para representá-la, ele irá favorecer uma maneira de relacionar conceitos orais (verbais) com representações imagéticas (como imagens e vídeos) e, conseqüentemente, como estes podem estar relacionados no cotidiano do aluno. Com isso, podem-se propor atividades que façam com que o aluno imagine determinadas situações (em que esteja presente o conceito de onda mecânica), levando-o, também, a categorizar (diferenciando, por exemplo, de onda eletromagnética).

Em consonância com essas constatações, ao abordar cognitivamente a aprendizagem do ser humano, o autor ainda salienta que qualquer aprendizagem, seja ela simbólica ou não, envolve complexos processos e subcomponentes cognitivos, na medida em que constitui uma organização articulada de processos de integração e retenção, de processamentos sequenciais e simultâneos de dados multimodais e de procedimentos de planificação e expressão da informação (FONSECA, 2013, p. 62), o que vem ao encontro dos nossos apontamentos, uma vez que eles destacam os processamentos de dados multimodais e da expressão da informação, ou seja, sugere a utilização de recursos que ultrapassam apenas a explanação oral, que também é ou pode ser multimodal, como é o caso das imagens/vídeos, estimulando, desse modo, funções cerebrais e cognitivas.

Ainda a esse respeito, Nunes (2014, p. 107) afirma que manter o cérebro aprendendo requer novas formas de ensinar, assim como de estimulações inovadoras, baseadas na formulação de melhores estratégias. Dessa forma, o desafio maior da escola é justamente buscar medidas que visem potencializar a inteligência de seus alunos, “tendo como objetivo o sucesso na conquista da aprendizagem”. Além disso, o autor salienta que várias pesquisas têm mostrado a necessária estimulação das variadas áreas do cérebro, uma vez que a própria aprendizagem humana e a educação têm uma estreita ligação com o órgão e este, por sua vez, é, em diversas ocasiões, moldado pelos estímulos do ambiente que nos cerca.

DAS OBSERVAÇÕES

Os apontamentos que serão mencionados nesta seção foram estruturados de forma cronológica, conforme o desenvolvimento da sequência didática, oriundos das observações registradas no diário de campo e nos registros de vídeo e áudio. Inicialmente, algo que mereceu destaque foi o visível “entusiasmo” relacionado ao local onde ocorre a maioria das aulas, o laboratório de ciências, e, também, aos recursos utilizados (computador, datashow, lousa digital, entre outros). Praticamente todos os alunos se mantiveram muito atentos às abordagens da primeira aula, principalmente quanto a slides, imagens e vídeo apresentados; além disso, a participação efetiva da turma marcou a segunda aula. Uma das questões marcantes na maioria dos encontros foi observada justamente durante a exibição de imagens e vídeos relacionados aos conteúdos. Os elementos gráficos, acentuados por cores, formas, movimentos e dinâmica das imagens, configuraram-se como recursos que literalmente contribuíram para “chamar” a atenção dos alunos.

Fernandes (2014) reforça a necessidade da inserção de atividades que envolvam imagens. O autor salienta que atualmente, nas escolas da educação

básica, há uma nítida predominância da linguagem verbal, sendo desestimulada, ou até mesmo reprimida, a representação por meio de desenhos, na medida em que se observa uma inclinação para que a criança aprenda a ler e a escrever, “sendo o desenho não mais tolerado como expressão a partir de certo desenvolvimento intelectual” (FERNANDES, 2014, p. 38). Sob essa mesma perspectiva, Souza (2014) salienta que a escola vem diminuindo os estímulos voltados à produção de representações visuais, enquanto que a verbal continua a ser valorizada. Ela ainda acrescenta que:

[...] ainda que estimulados a representar de diferentes modos sua visualidade nas primeiras séries do Ensino Fundamental através de desenhos e pinturas, por exemplo, apenas a capacidade de ler e produzir textos verbais dos alunos será avaliada. (SOUZA, 2014, p. 114)

As observações realizadas durante a implementação da sequência didática demonstram que os recursos que fazem uso das imagens podem contribuir para processos que envolvem o ensino; entretanto, como apontado pelos autores acima, a escola ainda hoje não lhes confere valor de acordo com seu potencial.

Sendo assim, o baixo valor pedagógico que é atribuído às imagens elaboradas em atividades educacionais pelos alunos ignora o fato de que fora do âmbito escolar as imagens ocupam um papel cada vez mais relevante em suas vidas (SOUZA, 2014).

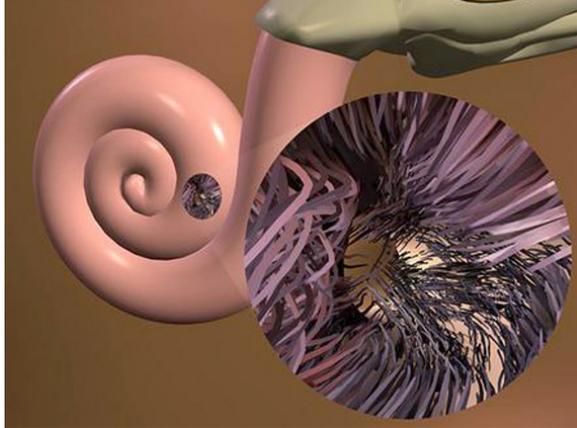
Outra questão interessante foi observada na quarta aula da sequência didática. Pelo fato de que na data ocorreria um treinamento e uma simulação da patrulha escolar, a aula foi adiantada e, quando terminou o horário da aula de física, muitos alunos pediram para continuar no laboratório com as atividades. Essas reações, de certa forma, indicam certa “vontade” da maioria dos sujeitos de continuar discutindo conceitos físicos.

A partir da quinta aula, iniciou-se uma abordagem que englobava outras disciplinas, principalmente biologia, ao contemplar, por exemplo, o aparelho auditivo. Essa mesma relação disciplinar (principalmente entre física e biologia) ocorreu também ao relacionar ondulatória com o aparelho fonador e com a visão humana. Percebeu-se que, quando conceitos científicos são discutidos de forma que se permita identificá-los no cotidiano, a participação dos alunos se torna mais efetiva, na medida em que os estudantes, em sua grande maioria, relataram, por exemplo, dúvidas e indagações a respeito de vários aspectos relacionados à temática em estudo, tais como: problemas de audição, visão, tipos de lentes, produção do ronco, influências fisiológicas na produção da voz (masculina e feminina), percepção e aplicação dos fenômenos ondulatórios na medicina, na tecnologia, na natureza e no dia a dia, sensação das cores, influência do cérebro em questões de percepção, entre vários outros.

E, mais uma vez, destaca-se o papel fundamental das imagens nesse processo. Por exemplo, para representar o processo de audição humana, foram utilizados vídeos e imagens que buscaram representar a maneira como as perturbações (som) podem ser captadas por nosso sistema auditivo e como o som interage com as orelhas externa, média e interna, além, também, do papel desempenhado por cada órgão na audição, até mesmo a emissão de sinais elétricos

que são enviados ao cérebro, de modo que esse órgão possa traduzir tal perturbação em fonemas e palavras. Em um dos vídeos, por exemplo, ao representar parte da orelha interna, exibiram-se imagens como a seguinte.

FIGURA 5 – Representação da cóclea e da membrana basilar



Fonte: Secretaria de Educação do Estado do Paraná.⁷

A imagem representa parte da cóclea e da membrana basilar que a constitui, mostrando um dos últimos percursos da vibração (som) antes de ser enviada para o nervo ótico e da posterior distinção do cérebro. É importante salientar que cabe ao professor realçar que imagens, tais como a exibida acima, configuram-se como uma espécie de metáfora, ou seja, elas assumem uma forma que busca estar para algo, não sendo, portanto, uma representação fiel de um órgão e estrutura. Sob essa perspectiva, Fonseca (2013, p. 123) salienta que é o cérebro que determina a aprendizagem do homem, sendo a aprendizagem contextualizada e mediatizada, o que determina sua plasticidade funcional; “a cognição humana aprende-se e ensina-se por meio de mediatização”, ou seja, que depende da ação do outro, nesse caso, da ação pedagógica do professor. Logo, cabe ao professor buscar conduzir os processos pedagógicos de modo que se possa apresentar e discutir conceitos e fenômenos físicos com a utilização de imagens, sejam elas estáticas ou em movimento (vídeos), de modo a relacioná-las ao contexto cotidiano. Por esse motivo, é muito importante que o professor tenha a consciência de sua responsabilidade quanto à abordagem que será adotada.

Dentro da TDC, Paivio (2014) deixa bem claro que, ao usar imagens integradas com palavras, aumenta expressivamente as possibilidades de que a informação seja melhor “assimilada”, uma vez que diferentes estruturas cerebrais são acionadas, como os *logogens* e as “*imagens*”. Tais comportamentos se mantiveram ao longo dos demais encontros e, de forma resumida, pode-se dizer que praticamente todos os sujeitos envolvidos participaram satisfatoriamente das aulas e dos encaminhamentos didáticos e pedagógicos inerentes à sequência didática. Além disso, deve-se considerar o ambiente diferenciado, uma vez que

as aulas ocorreram no laboratório de ciências. Os recursos utilizados (como datashow e lousa digital) para a exibição dos conteúdos (incluindo imagens e vídeos) dinamizaram o processo de abordagem dos conceitos, algo que pôde ser observado nitidamente nas expressões dos alunos. Desse modo, nossa experiência como professores de Ciências nos respalda a afirmar que não é comum identificar tal dinâmica em aulas “convencionais”, uma vez que, em sua maioria, apenas ocorrem uma abordagem oral e a resolução de exercícios matemáticos.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscou-se demonstrar, entre outros fatores, como as imagens podem contribuir benéficamente para processos que envolvem o ensino e a aprendizagem de conhecimentos ligados principalmente à disciplina de física.

Tal afirmação se ancora em aspectos discutidos na Teoria da Dupla Codificação, uma vez que uma imagem pode estar (ao mesmo tempo) codificada duplamente, ou seja, na forma ilustrada e, também, na verbal. Desse modo, quando um fenômeno físico é abordado usando-se imagens, ampliamos as possibilidades de os alunos fazerem o *recall* de tais informações, uma vez que foram processadas tanto pelo sistema verbal (conceitos) quanto pelo não verbal (imagens/vídeos).

Além disso, a utilização de imagens para representação de conceitos/fenômenos físicos se configura como um recurso capaz de estimular entidades específicas, como *logogens* e *imagens*, que são, respectivamente, segundo a TDC, os geradores de palavras e imagens, o que, possivelmente, pode contribuir para memorização, assimilação e aprendizagem de tais conceitos/fenômenos.

Essas questões puderam ser evidenciadas, em grande parte, pelas falas dos participantes descritas neste trabalho, uma vez que estes elucidaram que as imagens ajudam a “lembrar” o conteúdo escolar de física, como abordado na sequência didática que originou tal trabalho.

Concluimos afirmando que, para um bom aproveitamento das imagens em aulas de física, é necessário planejamento, bem como saber dosar sua utilização, e, principalmente, o professor deverá ser cauteloso, argumentado que, em muitos casos, imagens assumem apenas um papel representativo, ou seja, buscam representar fenômenos reais de forma metafórica, como no caso das ondas sonoras (emitidas pelo morcego e refletidas por sua presa) ilustradas na Figura 3.

Fernandes (2014), ao abordar a questão da utilização e da codificação das imagens, deixa bem claro que o papel do professor em prover a ressignificação das imagens utilizadas no Ensino de Ciências se configura como crucial, uma vez que esses processos de codificação e decodificação realizados pelo professor puderam contribuir diretamente com os processos de ensino e aprendizagem.

NOTAS

¹ Este termo está em fonte itálico para diferenciar do termo “imagens”, que, na língua portuguesa, representa o plural de imagem.

² No original: [...] those who have never seen the Taj Mahal in person tend to have a static, frontal image of it, probably derived from photographs. It is difficult to image detailed views of it from above, the sides, or the rear in this case. But more familiar scenes yield more readily to imagery from different perspectives. When asked the number of windows in their home, people often report taking mental tour. (SADOSKI; PAIVIO, 2001, p. 56).

³ Disponível em: <http://www.cedav.com.br/imagens_exame/foto_0.jpg>. Acesso em: 25 abr. 2016.

⁴ Disponível em: <<http://hypescience.com/wp-content/uploads/2013/04/99.jpg>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

⁵ Este efeito é descrito como uma característica observada em ondas emitidas ou refletidas por fontes em movimento relativo ao observador. O efeito foi descrito teoricamente pela primeira vez em 1842 por Johann Christian Andreas Doppler, recebendo o nome Efeito Doppler em sua homenagem. Para ondas sonoras, o efeito Doppler constitui o fenômeno pelo qual um observador percebe frequências diferentes das emitidas por uma fonte e acontece devido à velocidade relativa entre a onda sonora e o movimento relativo entre o observador e/ou a fonte.

⁶ Disponível em: <<http://www.infoescola.com/visao/miopia/>>. Acesso em: 10 maio 2015.

⁷ Disponível em: <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=464&evento=3>>. Acesso em: 18 set. 2015.

REFERÊNCIAS

- AUMONT, J. **A imagem**. Campinas: Papirus, 1995.
- FERNANDES, H. L. Decodificação fotográfica e ensino de ciências In: OLIVEIRA, C. I. C.; SOUZA, L. H. P. (Org.). **Imagens na educação em ciências**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2014. p. 36-53.
- FONSECA, V. **Cognição, neuropsicologia e aprendizagem: abordagem neuropsicológica e psicopedagógica**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2013.
- GAMBRELL, L. B. Induced mental imagery and text prediction performance of first and third graders. In: NILES, J. A., HARRIS, J. A. **New inquiries in Reading research and instruction**. Thirty-first Yearbook of the National Reading Conference. Rochester, New York: National Reading Conference, p. 131-135, 1982.
- GAMBRELL, L. B., BALES, R. J. **Mental imagery and the comprehension-monitoring performance of fourth and fifth grade poor readers**. New York: Reading Reserach Quarterly, 1986.
- GIESEN, C., PEEK, J. Effects of imagery instruction on Reading and retaining a literacy text. **Journal of Mental Imagery**, v. 8, p. 79-90, 1984.
- KULHAVY, R. W., SWENSON, I. Imagery istructions and the comprehension of text. **British Journal of Educational Psychology**, v. 45, p. 47-51, 1975.
- LIEURY, A. **Memória e aproveitamento escolar**. São Paulo: Edições Loyola, 2001.
- MEYER, P. **O olho e o cérebro**. São Paulo: Editora UNESP, 2002.
- MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

- NUNES, Cláudia. Rede de energia In: RELVAS, Marta Pires (Org.). **Que cérebro é esse que chegou à escola**. 2. ed. Rio de Janeiro: Wak, 2014. p. 95-116.
- PAIVIO, A. **Mind and its evolution: A dual coding Theoretical approach**. New York: Psychology Press, 2014.
- PRESSLEY, G. M. Mental imagery helps eight-year-olds remember what they read. **Journal of Educational Psychology**, New Jersey, v. 68, p. 355-359, 1976.
- ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Rev. Panam. Salud Pública**, Washington, v. 20, p. 134-42, 2006.
- SADOSKI, M.; PAIVIO, A. **Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2001.
- SOUZA, L. H. P. Imagens científicas e ensino de ciências: a construção de representação simbólica a partir do referente real. In: OLIVEIRA, C. I. C.; SOUZA, L. H. P. (Org.). **Imagens na educação em ciências**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2014. p. 111-134.
- STEINGART, S. K., GLOCK, M. D. Imagery and recall of conected discourse. **Reading Research Quartely**, v. 15, p. 66-83, 1979.

Recebido: 25/04/2016

Aprovado: 28/07/2016

Contato:

Fernando Temporini Frederico

Avenida Tuiuti, 2270 - Apto 01

Cep: 87043-310

Maringá / Pr.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A MATEMÁTICA

IDENTIFICAÇÃO: _____ DATA:

1. Durante a exposição de conceitos, foram utilizadas imagens. Com relação a isso, indique a resposta que melhor representa sua opinião:

- Contribuíram para compreensão do fenômeno
- Contribuíram pouco para compreensão do fenômeno
- Não contribuíram para compreensão do fenômeno
- Outra:

2. Durante as discussões sobre ondulatória, vimos alguns vídeos. Escreva: quais as possíveis contribuições dos mesmos para a compreensão dos conceitos discutidos?

3. Ao abordar os conceitos utilizados, usamos palavras (definições e explicações) seguidas, muitas das vezes, por imagens (fotografias, animações, vídeos). O que você diria a respeito desta forma de abordar os conceitos?

4. Você acredita que uma imagem pode trazer informações mesmo sem trazer caracteres textuais? Tente justificar sua resposta.