

Uma proposta de uso de Imagens como uma ferramenta alternativa para o Ensino de Física Quântica

A proposal to use Images as an alternative tool for Teaching Quantum Physics

Weiller Vilela Rodrigues*

weiller.rodrigues@yahoo.com.br

Andreia Guerra*

aguerra@tekne.pro.br

Sheila Cristina*

scrrego@gmail.com

*CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Resumo

O presente trabalho tem como intuito discutir algumas perspectivas para se trabalhar o Princípio da dualidade e da Incerteza. Pretende-se aqui apresentar algumas imagens que retratam fenômenos quânticos e conjuga-las a outras imagens vindas de um contexto externo a este, como as da produção artística que não são deliberadamente voltadas para uma leitura científica. A partir de uma abordagem histórico-filosófica, pretende-se propor uma nova estratégia de expor o conteúdo de forma que não se prende a formalismos matemáticos, buscando facilitar o entendimento daquele, na perspectiva de apresentar uma visão crítica e capaz de fomentar questões sobre a Natureza da Ciência.

Palavras chave: Imagens, História e Filosofia da Ciência, Física Moderna Contemporânea, Copenhague, Quântica

Abstract

This paper has the intention to discuss some perspectives to work Principle of Duality and Uncertainty. It is intended here to present some images that portray quantum phenomena and combines them to other images coming from an external context to this, as the artistic production that are not deliberately aimed at a scientific reading. From a historical-philosophical approach, we intend to propose a new strategy to expose content in a way that is not related to mathematical formalism, seeking to facilitate the understanding of that with a view to present a critical view and able to promote issues on the Nature of Science.

Key words: Images, History and Philosophy of Science, Modern Contemporary Physics, Copenhagen, Quantum

Introdução

As questões em torno à Teoria da Relatividade Restrita e geral, aos Princípios da Complementaridade e Incerteza colocam em xeque concepções do senso comum referentes ao tempo e espaço, à exatidão de uma medida entre outros que apontam situações que espantam e encantam o grande público.

Muitas vezes questões trazidas do século XX inspiram filmes de ficção científica que lotam cinemas e fascinam plateias. Fora isso, quando um professor de Física comenta alguma questão referente à Física Moderna e Contemporânea (FMC) em sala de aula, o curso, neste instante, é capaz de ganhar um grande potencial para ir muito além dos números e da busca de resultados exatos e ainda levantar questões filosóficas acerca do conhecimento científico, permitindo discutir questões de Natureza da Ciência. Os conteúdos de FMC se mostram, em geral, atrativos aos alunos, chamando atenção dos discentes.

Apesar desse fascínio, os temas de FMC, ainda estão pouco presentes nas turmas do ensino médio. Muitas vezes, este conteúdo é negligenciado, ou pelo menos, em comparação com outros conteúdos de Física, é dotado como menos importante, ou dado como uma sessão extra que é abordada apenas quando há tempo hábil. Como disse Eric M Rogers¹, na Conferência Internacional de Ensino de Física em Copenhague: “será que nós vamos ficar tão para trás no ensino de Física – por meio século ou mesmo por um século ainda no ano 2000?” (Medeiros, A., 2007, p. 42).

Essa ausência não está, entretanto, de acordo com a pesquisa em ensino de Física. Muitas destas foram desenvolvidas nas últimas décadas apontando para a importância e pertinência da introdução da FMC na educação básica, assim como, avaliaram a implementação de práticas pedagógicas que abordaram temas de FMC no ensino médio (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; GRECA; MOREIRA, 2001 apud MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2009; LOBATO; GRECA, 2015). O grande número de pesquisa na área, no entanto, não esgotou a investigação sobre o tema, uma vez que diferentes perspectivas podem e são usadas para efetivar a inserção da FMC na educação básica. Com esse trabalho, buscamos construir subsídios para a construção de novas práticas pedagógicas em torno à FMC, analisando o potencial do uso de imagens no ensino. Dessa forma, o estudo aqui desenvolvido visa responder a seguinte questão.

Imagens didáticas e artísticas podem constituir-se em elementos a serem usados em atividades que pretendem trabalhar os Princípios da Complementaridade e da Incerteza?

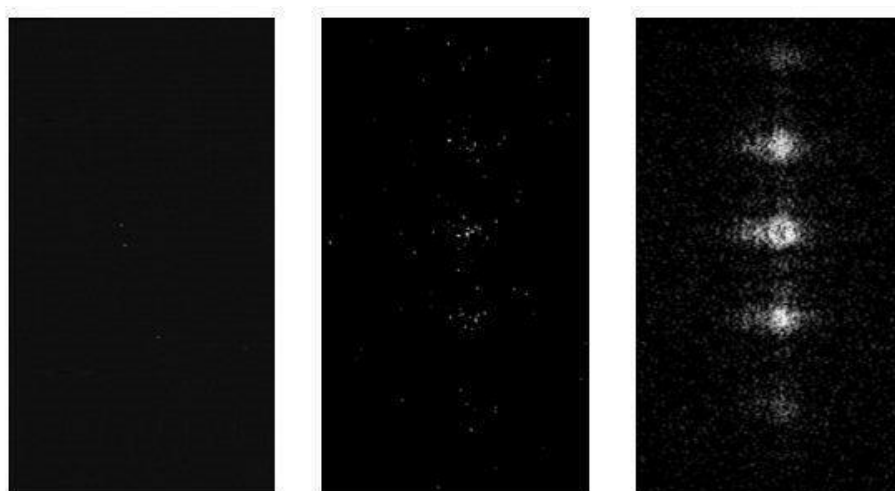
Para desenvolver a proposta sugerida, vamos apresentar e discutir imagens científicas, artísticas e didáticas e possibilidades de trabalho com elas no ensino de Física de nível médio.

¹ “Eric Rogers (1902-1990) foi um dos melhores professores de física do século XX, autor de um livro-texto ainda hoje inigualável intitulado *Physics for the Inquiring Mind*. [...] Foi colega Einstein, dedicou-se com um brilhantismo incomum ao ensino de física [...] tinha em sua mente um fantástico arsenal de experimentos dos mais simples aos mais mirabolantes para ilustrar praticamente tudo que se possa imaginar no ensino da física.” (Medeiros, A., 2007, p. 42).

As Imagens do Contexto e os Paralelos Sugeridos

Princípio da Complementaridade

Naquela época, correspondente ao fim do século XIX e início do século XX, os cientistas depararam com imagens do seguinte modo:

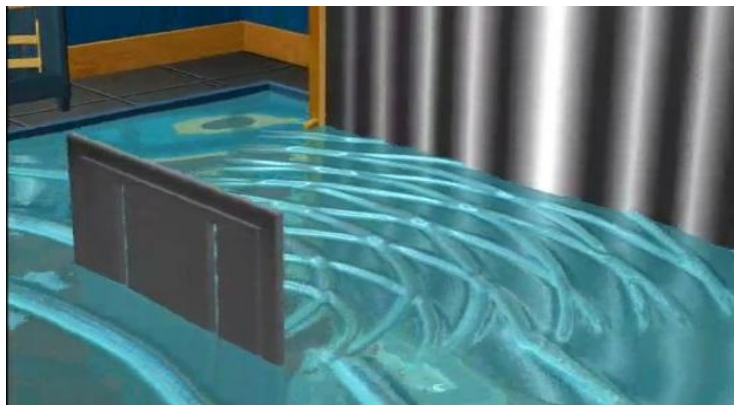


Créditos da Imagem: Robert Austin e Lyman Page / Universidade de Princeton

Figura 1: Fótons em difração

Na figura 1, observa-se um registro do resultado característico de um experimento de difração onde se verifica o padrão de interferência da luz.

Uma das grandes questões discutidas, no início do século XX, referia-se à natureza da luz. Naquele momento, a comunidade científica lidava com questões que apontaram para cientistas, como Niels Bohr, que os fenômenos luminosos seriam melhor explicados se considerássemos que a luz não tem um único comportamento. Ou melhor, que a luz tem um comportamento dual, podendo se manifestar tanto como onda como quanto partícula. Assim, para a situação ilustrada na figura 1, o primeiro e o segundo quadro, denotam claramente a luz se comportando como partículas que atingem o anteparo de maneira aleatória, porém, vê-se no terceiro quadro, quando temos uma quantidade muito maior de partículas disparadas, que estas formam um padrão de interferência bem definido, característico do comportamento ondulatório, como o mostrado na figura 2.



Créditos da Imagem: retirado do filme “What the Bleep Do We Know!?” de William Arntz, Betsy Chasse e Mark Vicente

Figura 2: Difração de ondas em dupla fenda

Na figura 2, vemos o padrão de interferência recorrente de um experimento de dupla-fenda que pode muito bem ser realizado em casa. Esta é uma imagem muito utilizada nos dias de hoje para demonstrar este efeito, associando ele tanto à luz, quanto a partículas subatômicas. Porém associar este fenômeno às partículas subatômicas, é contrário às noções clássicas enraizadas em nossas mentes. Portanto, este primeiro paralelo entre a imagem da figura 1 e da figura 2, revela-se de bastante utilidade para trabalhar o conceito de dualidade onda-partícula.

O paralelo pode ser feito simplesmente expondo as imagens próximas uma à outra, de modo que fique fácil sua comparação. O objetivo é criar condições para que seja fácil a visualização do comportamento característico das ondas, entendê-lo e, em seguida, mostrar que o mesmo acontece com as partículas subatômicas.

Princípio da Incerteza

Dentro da proposta do caráter discreto da matéria, ou seja, que a mesma não é contínua, mas sim quantizada, assim como a radiação (luminosa ou não), apresentamos uma imagem de uma representação artística que se caracteriza pela técnica do *pontilhismo*². A seguinte obra é do artista plástico francês, Georges Seurat (1859 - 1891), chamada “*De Modelle*”, ou “*As Modelos*”, datada de 1888. Observe que aparentemente havia um contexto de produção cultural que englobava não só a comunidade científica, mas também aos artistas plásticos desta época. Contexto este que ditou os rumos das novas ideias que vieram a compor não só os movimentos artísticos, mas também a base da FMC. REIS; GUERRA; BRAGA (2006) ao discutirem a relação ciência e arte afirmam:

O ambiente cultural e científico do final do século XIX estava efervescendo de ideias que eram criadas tanto pela pintura como pela ciência. A Física e a Biologia trilharam os caminhos da descontinuidade – a primeira com a teoria quântica e a segunda com a redescoberta e o desenvolvimento da genética mendeliana. (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006)

² Nesta técnica, podemos reparar que são utilizados apenas pontos, sejam eles coloridos ou preto e branco. Destaque no caráter discreto da representação dos objetos e paisagens em geral. Não há o uso de linhas nem mesmo de colorações chapadas, o que descaracteriza totalmente de uma proposta de continuidade.



Créditos da Imagem: Fundação Barnes, Filadélfia

Figura 3: Obra de Georges Seurat, “As modelos”

Observe agora as características da figura 4.



Créditos das Imagens: www.portaldoprofessor.mec.gov.com.br

Figura 4: Maçã em pontilhismo

Essa imagem poder ser trabalhada em sala de aula com o intuito de discutir a ideia de descontinuidade na arte. No caso da matéria e a radiação, dentro da interpretação quântica atual, a descontinuidade também se faz presente. Apesar de percebemos através da fluidez de um líquido, da superfície de qualquer objeto sólido ou da percepção luminosa um aspecto contínuo, ou seja, sem percepções de intervalos entre partes, ao explicarmos os efeitos provocados consideramos a existência de uma descontinuidade ali constituinte. No caso do trabalho com as pinturas do pontilhismo e com as questões em torno à constituição da matéria e radiação, o principal não é focar em considerações que levem a supor que as partículas atômicas seriam de fato corpúsculos que compõem a matéria, mas que o efeito, a sensação que elas provocam, são semelhantes às causadas pelos pontos de uma imagem que faz uso do pontilhismo.

O físico teórico Werner Heisenberg, em 1927, enunciava o Princípio da Incerteza, que envolve considerar que não se pode determinar, num mesmo instante, a posição e o momento da matéria ou da radiação além de um limite de precisão (LINDLEY, 2008). Isto é, diferentemente do modo clássico de se pensar, dentro do Princípio da Incerteza temos que admitir a impossibilidade de obter com exatidão, grandezas como estas a nível quântico. O

princípio da incerteza faz referência ao processo de medida em si, expressa o fato de que sempre existe uma interação não determinável entre observador e o que é observado. De forma que não é possível fazer nada para evitar a interação ou corrigir seus efeitos e a precisão só estabelece no momento da detecção.

No livro “*Le Cantique des Quantique*”, de Jean-Pierre Pharabod³ e Sven Ortoli⁴, datado de 1984, que no Brasil foi traduzido para “*Introdução à Física Quântica*”, são mostradas algumas imagens, que traduzem de alguma maneira, as noções supracitadas:

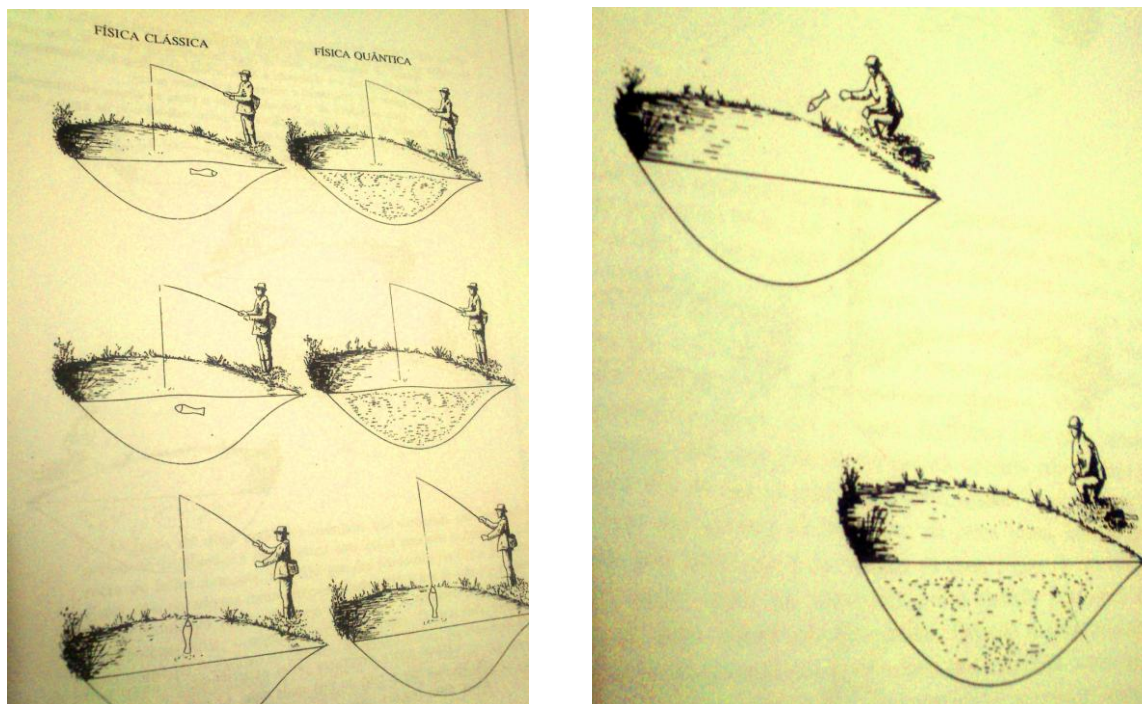


Figura 5: “peixes solúveis” representando densidade de probabilidade

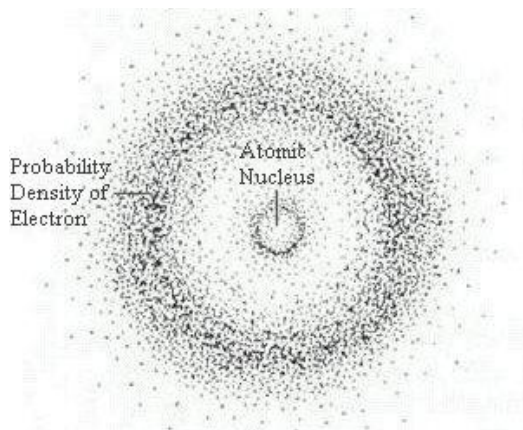
O texto verbal que faz referência a estas imagens, no primeiro capítulo da obra de Ortoli e Pharabod (1984), denominado “Os Peixes Solúveis”, diz que:

Um peixe nada num charco de água tão barrenta que nos é absolutamente impossível vê-lo. Um pescador tenta a sua sorte e, ao fim de um certo tempo, o peixe morde a sua isca. O pescador levanta a cana e vê o peixe suspenso da extremidade da linha. Conclui, logicamente, que o peixe se movimenta no charco em busca de alimento. Nunca pensará que o peixe, antes de morder a isca era apenas uma espécie de potencialidade de peixe que ocupava todo o charco. (ORTOLI, PHARABOD, 1984, *Introdução à Física Quântica*, p. 13)

³ Jean-Pierre Pharabod, era engenheiro e titular de um diploma de estudos aprofundados de matemática. Trabalhava na época no Laboratório de Física Nuclear de Altas Energias de *École Polytechnique*. (Ortoli, S; Pharabod, J. “*Introdução à Física Quântica*”. 1986. p. 4)

⁴ Sven Ortoli era doutorado em física dos sólidos e jornalista científico na revista *Science et Vie*. (Ortoli, S; Pharabod, J. “*Introdução à Física Quântica*”. 1986. p. 4)

Essas imagens permitem levantar discussões associando o peixe a uma partícula quântica que quando imersa no lago, estaria distribuída por todo volume d'água. Ou seja, o pescador enxerga, no lago, regiões que representariam uma nuvem característica da densidade de probabilidade de encontrar o peixe, tarefa semelhante à do cientista que quer “fiscar” um elétron de um determinado átomo se embasando em sua característica nuvem eletrônica (Figura 6). Na figura 5, é possível identificar a posição exata do peixe quando este é fisgado pelo pescador, efeito análogo ao colapso da função de onda de um sistema de partículas quânticas.



Créditos das Imagens: www.theatom.wix.com

Figura 6: Modelo de nuvem eletrônica

Considerações Finais

Propõe-se aqui o uso de imagens como ferramenta didática. Principalmente pelo fato da FMC trazer questões que não estão de acordo com as representações do senso comum, as imagens podem, por permitirem diferentes interpretações e análises, suscitar, em sala de aula, discussões capazes de levar os alunos a refletir sobre temas tão instigantes e estrangeiros aos alunos, quanto os relacionados à FMC.

É importante salientar que as imagens apresentadas neste trabalho são apenas algumas poucas sugestões de como as ideias dos princípios da Complementariedade e Incerteza podem ser trazidas à sala de aula de maneira fácil e viável. Ou seja, provavelmente existem muitas outras imagens que podem satisfazer a este tipo de trabalho. Porém pode-se destacar que o uso de imagens, como uma ferramenta alternativa para o ensino da FMC, mostra-se um campo promissor que, se explorado, sem dúvida pode trazer novas possibilidades para a introdução da FMC na educação básica.

Referências

GOMBRICH, E. H. A História da Arte. Editora LTC, São Paulo: 2000

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica introdutória. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, vol. 6, n.1, pp.29-56, 2001.

LINDLEY, D. Incertidumbre – Einstein, Heisenberg, Bohr y la lucha por la esencia de la ciência. Editorial Ariel, Barcelona, 2008.

LOBATO, T; MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. *Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores* [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

LOBATO, T; GRECA, I. M. Análise da Inserção de Conteúdo de Teoria Quântica nos Currículos de Física do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, v.11, n. 1, p. 119-132, 2015

MEDEIROS, A. Eric Rogers e o Ensino de Física Moderna. *Física na Escola*, v. 8, n. 1, 2007

NIELSEN, H. Against the Copenhagen interpretation of quantum mechanics – in defence of Marxism. www.marxist.com. 2005

ORTOLI, S; PHARABOD, J. *“Introdução à Física Quântica”*. 1986. Editora Dom Quixote. Lisboa

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea” no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.5, n.2, paginação eletrônica, 2000.

REIS, J, GUERRA, A., BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis?. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 13, 2006, p.71-87.