

NA CERTEZA DA INCERTEZA

Eline Mesquita Melo¹, Kamir Kemil dos Santos¹, Camilla Dantas Munhoz¹, Cláudio Eduardo Corrêa Teixeira²

¹Discentes egressos do Curso de Tecnologia em Radiologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade da Amazônia

²Docente do Curso de Tecnologia em Radiologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade da Amazônia

cecteixeira@pq.cnpq.br

A qualidade de imagens radiológicas não pode ser determinada utilizando-se critérios subjetivos ou pessoais. Para isto, é necessário utilizar-se de parâmetros que quantifiquem as características das imagens, de modo que estas possam ser avaliadas com critérios objetivos. Por exemplo, a resolução espaço-temporal, o contraste e o ruído são parâmetros normalmente utilizados na medida da qualidade de uma imagem radiológica (Luz & Hoff, 2010).

O contraste em uma imagem está relacionado às diferenças entre regiões adjacentes, geralmente representadas pela amplitude da escala de cinza do sistema utilizado (analógico ou digital). Por outro lado, a resolução espaço-temporal é representada em uma imagem pela capacidade do sistema de aquisição, processamento e projeção dos sinais radiológicos em distinguir dois pontos no espaço-tempo (Sarmiento et al., 2009).

Já o ruído em uma radiografia é percebido pela falta de detalhes ou pela presença de borramentos na imagem. Há duas formas de ruído: o ruído associado a não homogeneidade do sinal radiológico e o ruído associado às limitações dos sistemas de aquisição e processamento dos sinais radiológicos e de representação da informação contida nestes sinais na forma de imagem (Samei, 2003). No primeiro caso, vários fenômenos relativos à natureza dos sinais radiológicos, como o efeito fotoelétrico, o efeito Compton, etc., há muito tempo são levados em consideração, o que impulsiona o constante desenvolvimento de métodos para sua filtragem e, conseqüentemente, a minimização de sua influência sobre a qualidade das imagens radiológicas (Arnold & Scheibe, 1984). Entretanto, um importante fenômeno continua sendo negligenciado em sua importância enquanto influência para a representação da informação contida nos sinais radiológicos: a dualidade partícula-onda.

Ao longo da História, a dualidade partícula onda vem sendo confirmada por uma variedade de experimentos e observações realizadas por diferentes cientistas. No século XVII, havia duas teorias diferentes a respeito da natureza da luz: de um lado, Huygens defendendo o caráter ondulatório da luz; do outro, Newton com sua teoria corpuscular, a qual foi mais aceita, principalmente devido ao prestígio científico de seu defensor (Rodgers, 2002).

Já no início do século XIX, a teoria que defendia o caráter ondulatório da luz foi reforçada pelos resultados do famoso experimento da dupla fenda realizado por Thomas Young, os quais demonstraram que a luz pode sofrer um padrão de interferência similar ao observado entre duas ondas (Silva & Martins, 2009). Além disso, Maxwell coloca com sucesso sua teoria ondulatória, sustentando mais ainda a teoria ondulatória (Nairz, Arndt & Zeilinger, 2003). Entretanto, quando Einstein descreveu o efeito fotoelétrico, a teoria corpuscular da luz voltou a ter significado (Dionísio, 2005). Porém, o Princípio de Heisenberg, ao afirmar de modo incontestável que não é possível determinar com precisão e simultaneidade a posição e o momento de uma partícula, deixou evidente que a natureza ondulatória-corpuscular da luz e da matéria era, na verdade, reflexo da mais pura incerteza (Mehra, 1987).

Assim, até os dias atuais a dualidade partícula-onda ainda trás muitos questionamentos, e muitas variações experimentais vem sendo aplicadas com a finalidade de descrever o caráter corpuscular-ondulatório da matéria. Experimentos em condições extremamente controladas vêm demonstrando a ocorrência deste fenômeno em vários níveis da matéria, com elétrons, nêutrons, raios X, átomos, e até mesmo moléculas e estruturas macroscópicas.

Por exemplo, Bach e colaboradores (2013) realizaram o clássico experimento de Young utilizando feixes de elétrons, e seus resultados confirmam a ocorrência do padrão de interferência (Figura 1). Já em experimentos com nêutrons, Zeilinger e colaboradores (1988) mostram o mesmo padrão de difração observado com elétrons (Figura 2). Mais além, Carnal & Mlynek (1999) mostraram através de um arranjo experimental simples da dupla fenda de Young o padrão de interferência evidenciando o perfil ondulatório presente também em átomos (Figura 3). Mais além, Nairz e colaboradores (2003) realizam o experimento com a dupla fenda usando moléculas, e verificam de modo surpreendente que a ocorrência do padrão de interferência característico do perfil ondulatório também está presente no nível molecular da matéria (Figura 4). Finalmente, e mais recentemente, Couder & Fort (2006) demonstraram o mesmo fenômeno ao implementar o experimento da dupla fenda para escala macroscópica, usando esferas de silicone se deslocando randomicamente sobre uma superfície do mesmo material, a qual vibrava a uma velocidade constante (Figura 5).

Com as evidências de que este fenômeno ocorre em vários níveis da matéria, como demonstrado nos experimentos descritos acima, ficam as seguintes questões: Em condições não controladas, no cotidiano de uma clínica radiológica, este fenômeno estaria presente? Se sim, qual a contribuição da dualidade partícula-onda enquanto fenômeno intrínseco à natureza das entidades radiológicas para a homogeneidade dos sinais radiológicos e, conseqüentemente, para a relação sinal/ruído e sua influência sobre a qualidade da representação da informação em forma de imagem?

De uma coisa podemos ter certeza: da incerteza que nos cerca.

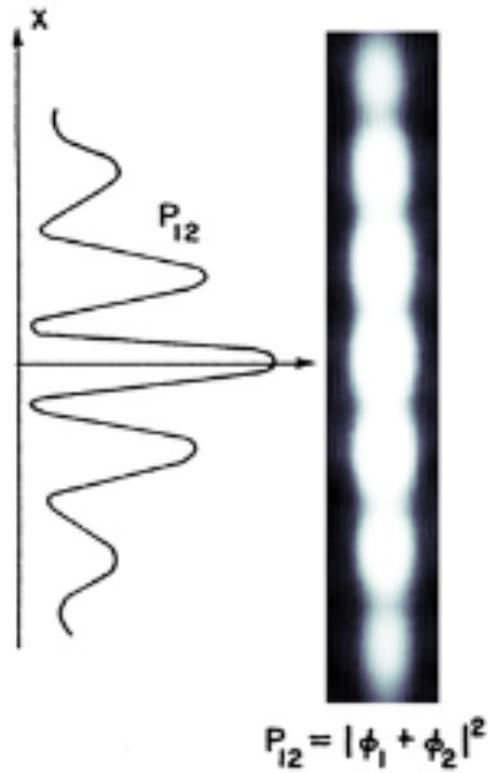


Figura 1. Resultado de experimento da dupla fenda realizado com feixe de elétrons (Fonte: Bach et al., 2013).

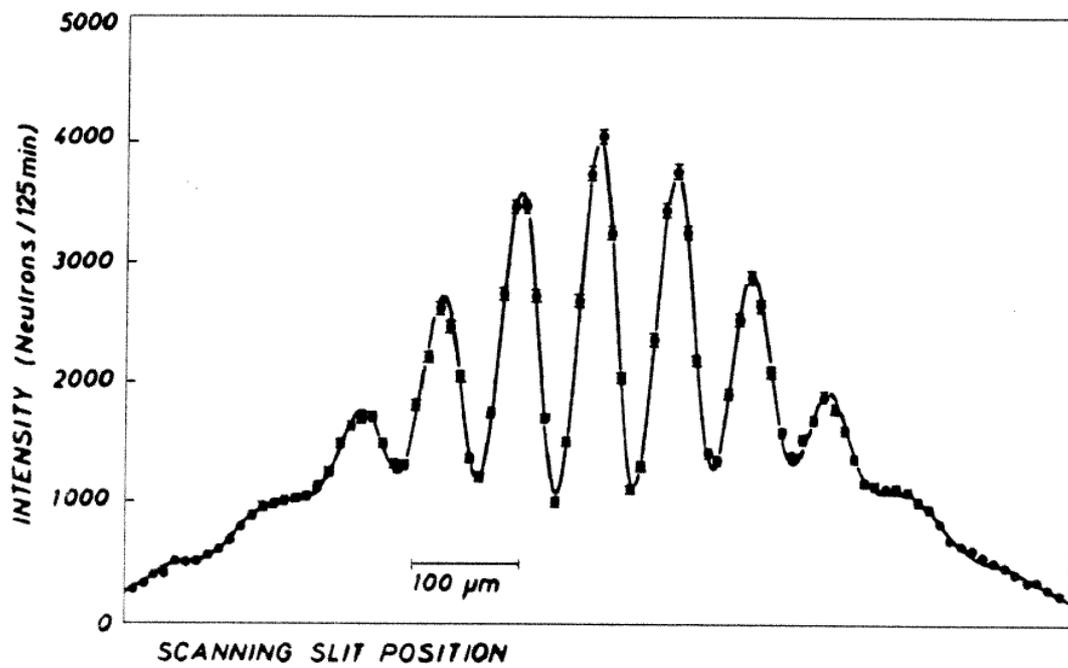


Figura 2. Resultado de experimento da dupla fenda realizado com feixe de nêutrons (Fonte: Zellinger et al., 1988).

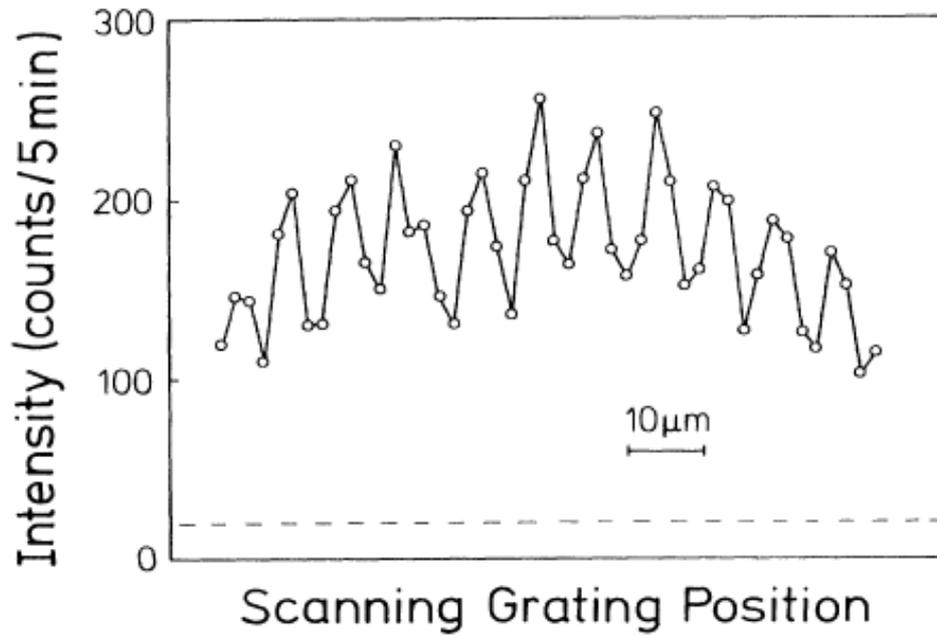


Figura 3. Gráfico esboça o padrão de interferência atômica após o experimento da dupla fenda. (Fonte: Carnal & Mlynek, 1999).

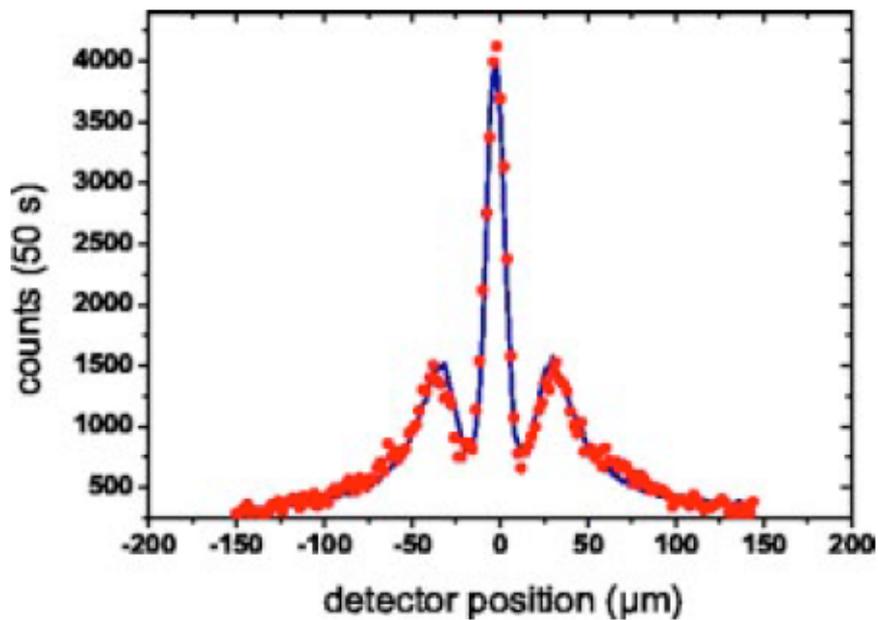


Figura 4. Gráfico demonstrando o padrão de interferência, confirmando o comportamento dualístico partícula-onda para molécula (Fonte: Nairz, Arndt, & Zeilingerb, 2002).

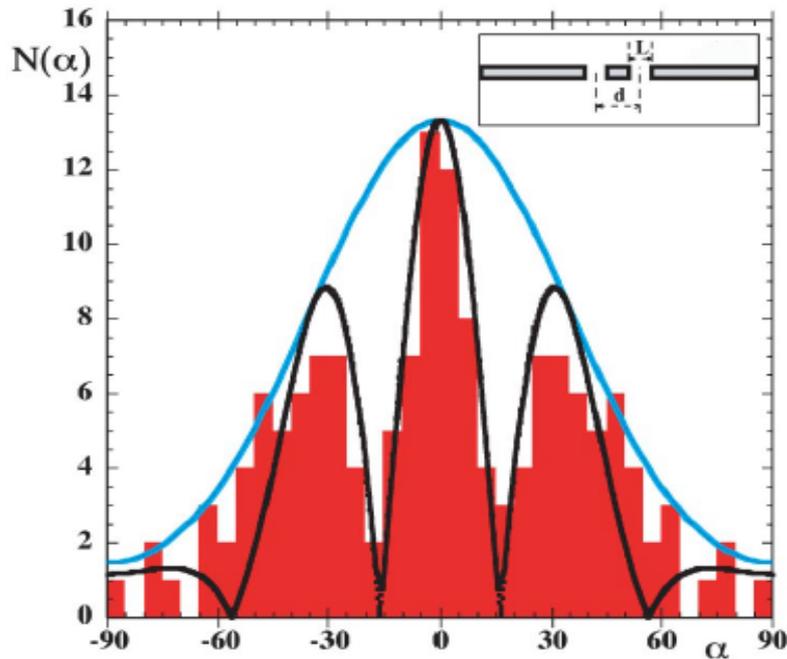


Figura 5. Histograma referente ao padrão de interferência formado pelas detecção das esferas de silicone que se deslocavam sobre uma superfície vibratória do mesmo material através de duas fendas. A linha em azul é referente ao padrão adquirido com uma fenda. E a linha preta refere-se ao padrão obtido com as duas fendas. O histograma (barras em vermelho) se refere à contagem das esferas que atravessavam as fendas e eram detectadas pelo sensor (Fonte: Couder & Fort, 2006).

REFERÊNCIAS

ARNOLD BA & SCHEIBE PO. (1984). Noise analysis of a digital radiography system. *AJR*, 142: 609-613.

BACH R, POPE D, LIU SH, & BATELLAN H. (2013). Controlled double-slit electron diffraction. *New Journal of Physics*, 15: 033018.

CARNAL O & MLYNEK J. (1991). Young's double-slit experiment with atoms: A simple atom interferometer. *Phys Rev Lett*, 66(21): 2689-2692.

COUDER Y & FORT E. (2006). Single-particle diffractions and interference at a macroscopic scale. *Phys Rev Lett*, 97: 154101.

LUZ RM & HOFF G. (2010). Estudo comparativo da qualidade da imagem e do kerma, de entrada e de saída em simulador de tórax utilizando sistemas analógicos e digitalizados CR de aquisição de imagens. *Radiol Bras*, 43(1): 39-45.

MEHRA J. (1987). Niels Bohr's discussions with Albert Einstein, Werner Heisenberg, and Erwin Schrödinger: The origins of the principle of uncertainty and complementarity. *Foundations of Physics*, 17(5): 461-506.

NAIRZ O, ARNDT M & ZEILINGER A. (2003). Quantum interference experiments with large molecules. *Am J Physics*, 71(4): 319-325.

SAMEI E. (2003). Performance of digital radiographic detectors: Factors affecting sharpness and noise. *Advances in Digital Radiography, RSNA*: 37-47.

SARMENTO VA & PINHO CB. (2010). Avaliação do alcance dinâmico de imagens digitalizadas- influência na resolução espacial e da modalidade de captura da imagem. *Rev Bahiana de Odont*, 1(1): 2-10.

SILVA BVC & MARTINS AFP. (2008). A experiência de Young: A pedra da roseta da natureza da luz? Encontro de Pesquisa e Ensino de Física, Pós-Graduação em Ciências Naturais e Matemática, Departamento de Educação, UFRN. Rio Grande do Norte. Brasil.

RODGERS P. (2002). The double slite experimete. *Physics world*. A website from the Institute of Physics. [Internet]: Acessado em Dez/2017. Disponível: <http://www.physics.umd.edu/courses/Phys401/appeli/EXTRAS/double-slitexperiment.pdf>.

ZEILINGER A, GAHLER R, SHULL CG, TREIMER W, & MAMPE W. (1988). A single and double slit diffraction of neutrons. *Rev Mod Physics*, 60(4): 1067-1073.