



## Artigo original

# Ensino da óptica ondulatória baseado em tecnologias de informação e comunicação

Carlos Abilio Alejandro Alfonso e Manuel Lázaro Chissico

*Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique*

**RESUMO:** No Departamento de Física da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) o processo de ensino-aprendizagem da Disciplina Óptica está condicionado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Nas aulas teóricas, práticas, seminários e práticas laboratoriais faz-se o uso de simulações interactivas, programadas no Java, limitando a possibilidade durante as simulações em recintos públicos de aplicar a teoria de erros usando um goniómetro virtual, cuja escala é muito similar a dos goniómetros reais. Neste trabalho especifica-se o procedimento adoptado para leccionar o tema de interferência da luz e especificamente no dispositivo de Young da dupla fenda.

**Palavras-chaves:** Applets, física, laboratorios, prácticas, simulação.

## Education of ondulatory optics based on information and communication technologies

**ABSTRACT:** The teaching-learning process of Optics at the Department of Physics of the Eduardo Mondlane University (UEM) is subject to Information and Communication Technologies (ICTs). During theoretical and practical lessons, seminars and laboratory practices, interactive simulations programmed in Java are employed. In this work, the procedure used for lecturing light interference, specifically in Young's double slit device, is presented.

**Keywords:** Applets, physic, laboratory, practices, simulation.

---

Correspondência para: (correspondence to:) [dailysgiolet@gmail.com](mailto:dailysgiolet@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

O presente artigo foi elaborado com o intuito de contribuir para o aumento de qualidade de ensino de óptica ondulatória para estudantes do ensino superior, aplicando as novas tecnologias de informação científica, que, por si só, não melhoram de uma forma automática o modo de educar aos estudantes, nem os prepara melhor para enfrentarem os desafios do mundo actual. Pelo contrário, a falta de objectividade pedagógico na leccionação e aplicação destas tecnologias

pode produzir um efeito negativo nos estudantes (GOMEZ e INSAUSTI, 2005; ALEJANDRO e PERDOMO, 2009).

Uma simulação experimental baseada num Computador Pessoal (PC) consiste, essencialmente, num programa produzido por docentes/especialistas, tendo como finalidade a reprodução de um fenómeno natural, através da visualização dos diferentes estados que o mesmo pode apresentar, estando cada um descrito por um conjunto de variáveis que oscilam com a

interação no tempo de um algoritmo determinado. Por esta razão, uma simulação por PC descreve, de maneira intuitiva, o comportamento do sistema real. Geralmente, permitem modificar alguns parâmetros, posições relativas, processos, etc. A utilidade da simulação no processo de ensino-aprendizagem da Física está suficientemente demonstrada (SOLVES *et al.*, 1994; KOFMAN, 1997; ONTORIA, 2000; GÓMEZ, 2005; VASQUEZ e SOLANO, 2010; ALEJANDRO, 2011).

Os docentes, devem fazer esforços para o alcance de uma alfabetização científica baseada em simulações experimentais com o uso de Tecnologias de Informação como por exemplo Computadores Pessoais (PC), mesmo que ainda não se tenha encontrado uma fórmula acabada para tal (VAZQUEZ e RUA, 2007; LUCERO *et al.*, 2000). Com esta finalidade, pretende-se que se garanta aos estudantes, que:

- Nas conferências, aulas práticas e seminários sejam empregues vídeos e simulações de experiências físicas, de forma que as explicações sejam acompanhadas de imagens e sons devidamente seleccionadas para que sejam alcançados os objectivos traçados nos diferentes conteúdos;
- As tarefas a desenvolver nas práticas de laboratório sejam claras (situações não demarcadas e de enunciado aberto, numa forma geral qualitativos, em que a maior parte da informação que se requer para sua realização não aparece explicitamente em seu enunciado) (ALEJANDRO, RUIZ e MANUEL, 2003);

- Ao realizar práticas virtuais tenham à sua disposição, textos em formato electrónico de fácil consulta (ALEJANDRO, 2010);
- Disponham de um sistema que integre harmonicamente vários textos de Física Geral, práticas de laboratório reais, práticas de laboratório virtual, e outros recursos que possibilitem a consulta com seus docentes (GARCÍA, ALEJANDRO e FRANCISCO, 2003);
- As simulações permitam, como nas práticas reais, calcular o erro (sempre presente) nas medições realizadas e, portanto, expressar seus resultados em termos de intervalos de confiança e ajustar AS equações e curvas aos dados experimentais.

Neste trabalho analisam-se várias simulações contidas no *WebSite* denominado Sistema Interativo Didático para o Ensino da Física (SIDEF), elaborado por um dos autores, contando com a completa disposição do Departamento de Física da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) em acolher este tipo de modalidade de ensino de Física.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira aula teórica sobre o tema de interferência da luz, depois de identificar as características do espectro electromagnético (Figura 1) pode se analisar uma simulação que mostra as características da luz branca, seus comprimentos de onda, cor, frequência e energia (Figura 2): SIDEF\Anexos\apples\ Apples de optica\Espectro1\Espectro Blanco1.htm:

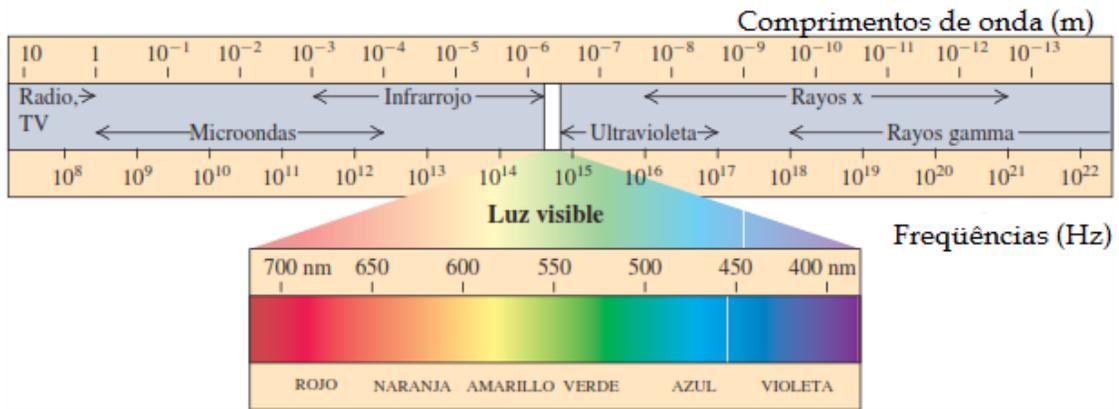


FIGURA 1: Representação gráfica do espectro eletromagnético

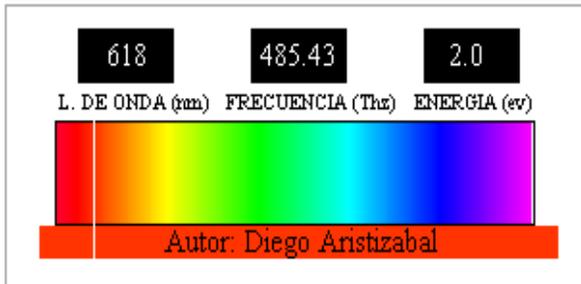


FIGURA 2: Captura de imagem de uma simulação sobre a luz branca

Depois de introduzir as características gerais do fenômeno da interferência das ondas e obter a expressão da intensidade luminosa, produto da interferência das ondas luminosas coerentes, num ponto, temos:

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + 2 \sqrt{\bar{I}_1 \bar{I}_2} \cos \Delta\varphi \quad (1)$$

Analicamente, analisam-se as condições de máximo e de mínimo [o valor do  $(\cos \Delta\varphi)$  é independente do tempo e é próprio de cada ponto no espaço] que conduzem a uma redistribuição da intensidade luminosa (sucessão de máximos e mínimos alternados), podendo ser franjas brilhantes e escuras (Figura 3).



FIGURA 3: Redistribuição da intensidade luminosa

No caso em que as intensidades das ondas incidentes coincidem:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}_0 \quad (2)$$

Verifica-se que:

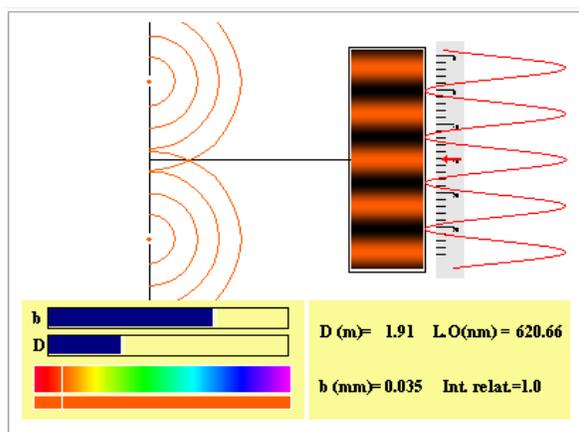
$$\bar{I} = 4 \bar{I}_0 \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2} \quad (3)$$

Por ser uma das primeiras experiências quantitativas encaminhadas a pôr em manifestação a interferência da luz de duas fontes, é importante detalhar nas características do padrão que obtêm-se com o dispositivo de Young da dupla fenda. Verifica-se que a separação angular ( $\Delta\theta$ ) e a separação linear ( $\Delta y$ ) entre duas franjas consecutivas (sinais brilhantes ou escuras) determina-se pelas equações 4 e 5 respectivamente:

$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{n b} \quad (4)$$

$$\Delta y = D \Delta\theta \quad (5)$$

A Figura 4, mostra uma simulação que ilustra muito claramente as variações no padrão de interferência com o comprimento de onda ( $\lambda$ ), a distância entre as fendas ( $b$ ) e a separação entre as telas ( $D$ ): <SIDEF\Anexos\apples\Apples de optica\Interferencia2r\Interferencia.y.htm>



**FIGURA 4:** Captura de imagem de uma simulação do experimento do Young

Nas aulas práticas pode-se propor exercícios em que se peça para caracterizar o padrão de interferência obtido com o dispositivo do Young; determinar a intensidade luminosa em um ponto (através da equação 1), as posições linear ou angular de máximos ou mínimos (a partir das equações matemáticas correspondentes), entre outros.

As práticas de laboratório (reais e virtuais) são para Óptica e a Física em geral de extrema importância. Normalmente, nos laboratórios de Óptica, escolhe-se um jogo de dupla abertura, mede-se no microscópio a separação entre as fendas ( $a$ ), fixa-se a distância  $L$  entre as telas, utiliza-se um filtro e com um goniômetro ocular determina-se as posições lineares de vários máximos ou mínimos consecutivos. Posteriormente utilizam-se as equações 4 e 5 para determinar o comprimento de onda da luz.

O Laboratório de Óptica, no Departamento de Física da UEM, não dispõe do equipamento necessário para realizar esta prática, mas, no SIDEF contém a versão digital: <SIDEF\optica\young\index.html>.

A simulação inclui as orientações de como manipular o Applet e. As tarefas que devem desenvolver os estudantes são situações não demarcadas, de enunciado aberto em geral, ou de natureza qualitativa.

Na Figura 5, tem-se um exemplo de uma simulação. Aprecia-se, na parte superior esquerda, um quadro onde seleccionam-se diferentes parâmetros com os quais se irá trabalhar: a cor do filtro (azul, verde, amarelo e vermelho), a distância entre as frestas e a distância entre as frestas e a tela. Ao seleccionar estes parâmetros aparecerá o padrão de interferência correspondente. No quadro situado na parte superior direita aparecem indicações de como mover a linha branca que se encontra sobre o padrão (<< >>) a quatro passos diferentes, e o micrómetro ocular (possibilita realizar medições providas de erros), o qual é uma grande vantagem já que nos aproxima bastante à actividade que se realiza em um laboratório real.

Possibilidades de simulação:

- Visualizar, de forma rápida e precisa, a dependência funcional entre os parâmetros: separação linear entre máximos ou mínimos consecutivos, comprimento de onda da luz incidente, separação entre as frestas e distância entre as telas;
- Medir a posição linear de vários máximos ou mínimos consecutivos, e logo, tendo presente a teoria de erros, calcular a separação linear e determinar o comprimento de onda de cada cor.

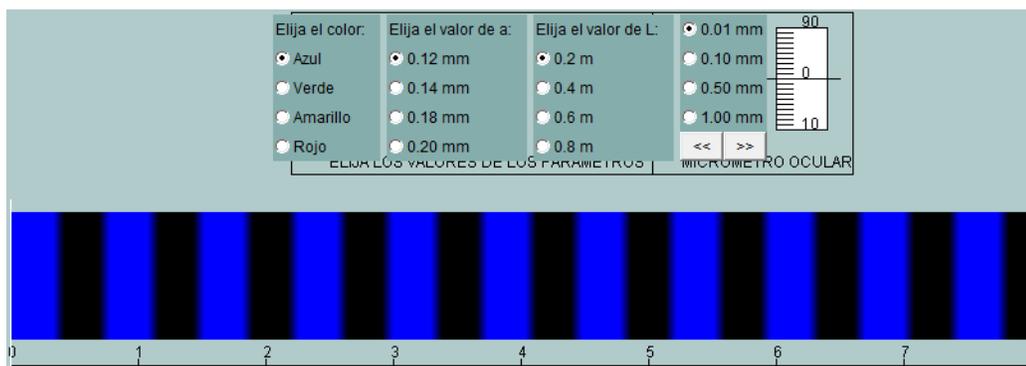


FIGURA 5: Captura de imagem da simulação

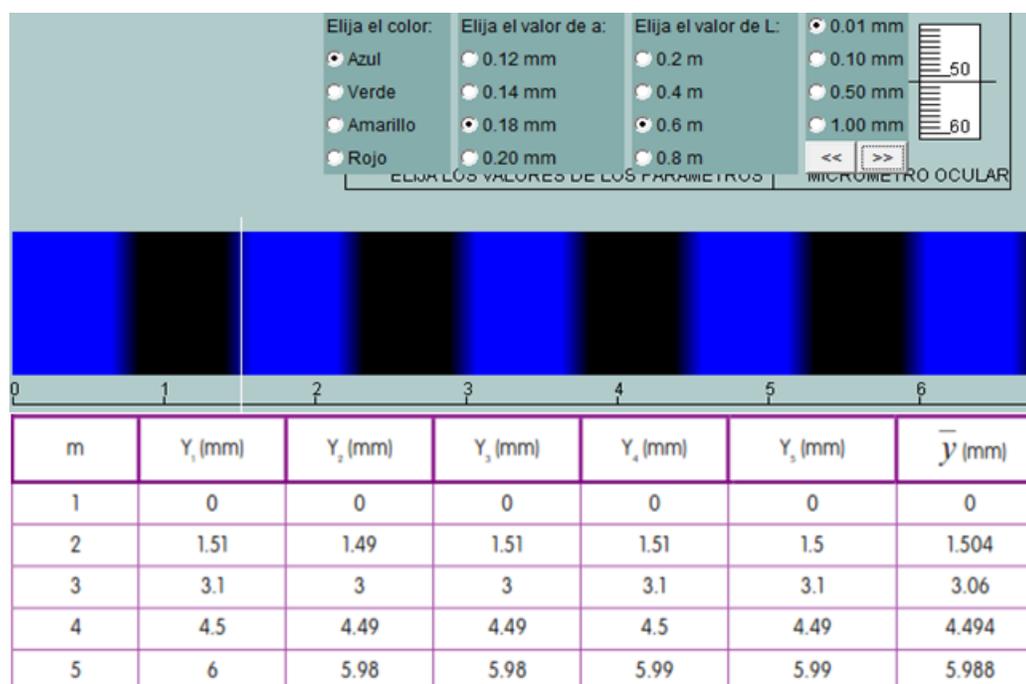


FIGURA 6: Captura de imagem da simulação e tabela com resultados de medições

Na parte superior da Figura 6 mostra-se uma leitura da posição linear do segundo máximo, obtido com o dispositivo do Young (fonte azul,  $a = 0,18$  mm e  $L = 0,6$  m).

Ao determinar a separação linear médio destes cinco máximos consecutivos obtém se:

$$\overline{\Delta y} = 1,49 \text{ mm}$$

Calculando o valor médio da longitude de onda da luz utilizada, e o erro cometido em sua medição obtém se, com um 95 % de confiabilidade:

$$\lambda = 447 \mp 5,91 \text{ nm}$$

Este valor encontra se dentro dos limites aproximados, reportados em diferentes fontes bibliográficas, para esta côr.

## CONCLUSÕES

Uma das possibilidades inéditas nas simulações públicas nos sítios de Internet consultadas, é a possibilidade de aplicar a teoria de erros, pois as posições angulares medem-se com um goniômetro virtual, cuja escala é muito similar a dos goniômetros reais. O trabalho dos estudantes com um programa informático como o Excel, ou outro igual, contribui a familiarizá-los com procedimentos actualmente utilizados na atividade científico – técnica, neste caso com a automatização do processamento de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEJANDRO, C.; PERDOMO, J. Aproximando el laboratorio virtual de Física General al laboratorio real. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 48, n. 6, Marzo del 2009. Disponível em: <http://www.rioei.org/2545.htm>. Acesso em: Setembro de 2015.
- ALEJANDRO, C.; RUIZ, F.; MANUEL, G. Prácticas de laboratorio virtuales de Física. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL "PROBLEMAS PEDAGÓGICOS DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR", 2, 2003. **Anais...** Villa Clara, 2003.
- ALEJANDRO, C. La Física general computacional. Trabajo apresentado en la 5<sup>a</sup> Conferencia Científica UCIÊNCIA 2010. Ciudad de la Habana. Cuba, 2010.
- ALEJANDRO, C. Modelo Teórico - Metodológico para el perfeccionamiento del proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física General, al nivel universitario. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en Ciencias Pedagógicas. UCLV. Cuba, 2011.
- GARCÍA, M.; ALEJANDRO, C.; FRANCISCO, R. SEFISAC: Sistema de Enseñanza de la Física Asistido por Computadora. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL "PROBLEMAS PEDAGÓGICOS DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR", 2, 2003. **Anais...** Villa Clara, 2003.
- GÓMEZ, J.; INSAUSTI, M. Un modelo para la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, 2005. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes4/ART6-Vol4-N3.pdf>. Acesso em: Setembro de 2015.
- KOFMAN, H, et al. Integración de cinemática y dinámica con experiencias manejadas por computador. In: REUNIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN EN LA FÍSICA, 10, 1997. **Anais...** Mar del Plata, 1997.
- LUCERO, I., et al. Trabajo de laboratorio de Física en ambiente real y virtual. In: COMUNICACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS, I, 2000. **Anais...** 2000.
- SOLVES, T; CALVO, A.; POMER, F. El futuro de la enseñanza de la Física. **Revista Española de Física**, v. 8, n. 4, p. 45-49, 1994.
- ONTORIA, A. Potenciar la capacidad de aprender y pensar. Madrid. Narcea. S. A. 2000.
- VASQUEZ, R.; SOLANO, I.; VEIT, E. Concepções e dificuldades dos professores de Física no campo conceitual da modelagem científica. **Revista eletrónica de enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/94798>. Acesso em: Setembro de 2015.
- VÁZQUEZ, B. E A, RÚA. Actividades manipulativas para el aprendizaje de la Física. **Revista Iberoamericana de Educación**. Marzo del 2007, v. 42, n. 7, 2007. Disponível em: <http://www.rioei.org/expe/1790v2.pdf>. Acesso em: Setembro de 2015.