

AVALIAÇÃO DE UM OBJECTO DE APRENDIZAGEM

Maria Teresa Restivo ^{*1,2}, Jaime Villate^{1,2}, Maria de Fátima Chouzal ^{1,2} e Jaime Monteiro¹

¹Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia – Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

²UISPA - IDMEC-Polo FEUP - Porto, Portugal

*Email: trestivo@fe.up.pt

RESUMO

Um sistema baseado na interferência de dois feixes de luz monocromática, como é o interferómetro de Michelson, é usado normalmente como padrão, para a medição de deslocamento, nos laboratórios de metrologia. Sendo um equipamento sofisticado, pouco usual num laboratório de ensino e de investigação, e considerando o interesse do seu conhecimento em diversas áreas das ciências e das engenharias, foi efectuado um trabalho que tornou possível a sua utilização por acesso remoto via web. Adicionalmente foram também disponibilizados outros materiais para facilitar a sua aprendizagem. O presente trabalho descreve uma experiência realizada com um grupo de estudantes do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) no presente ano lectivo e com o apoio do Laboratório de Métodos Ópticos e Mecânica Experimental (LOME), tendo como objectivo avaliar a eficácia da combinação de laboratórios remotos e virtuais e demais ferramentas na aquisição de conhecimentos e competências necessários para a manipulação e compreensão do interferómetro de Michelson.

INTRODUÇÃO

Um interferómetro de Michelson, baseado na interferência de dois feixes de luz monocromática, é usado como padrão nos laboratórios de metrologia, permitindo a medição de deslocamentos até 100 m com uma resolução de pelo menos 300 nm [Serway *et al.*, 2005].

Sendo um equipamento sofisticado e de difícil compreensão, e considerando o interesse do seu conhecimento em diversas áreas das ciências e engenharias, foi efectuado um trabalho que tornou possível a sua utilização por acesso remoto via web. Adicionalmente foram também disponibilizados outros materiais para facilitar a sua aprendizagem.

O objecto de aprendizagem construído sobre o interferómetro de Michelson [Restivo *et al.*, 2007] possui vários componentes incluindo um laboratório remoto, um laboratório virtual [Teixeira *et al.*, 2006], [Ma *et al.*, 2006], seminários on-line e outros tutoriais.

O presente trabalho descreve uma experiência realizada com um grupo de estudantes do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) no presente ano lectivo e com o apoio do Laboratório de Métodos Ópticos e Mecânica Experimental (LOME), tendo como objectivo avaliar a eficácia do objecto de aprendizagem construído sobre o interferómetro de Michelson, nomeadamente a combinação de laboratórios remotos e virtuais e demais ferramentas na aquisição de conhecimentos e competências necessários para o uso do interferómetro de Michelson.

Todos os materiais desenvolvidos tiveram o objectivo de induzir a compreensão do fenómeno de interferência de dois feixes de luz monocromática, sem o tratamento analítico que lhe é associado, dado que se pretende que este assunto seja pedagogicamente eficaz

independentemente do aprofundamento necessário para os diferentes contextos em que for utilizado. Num desenvolvimento futuro está previsto disponibilizar vários níveis de aprofundamento.

O OBJECTO DE APRENDIZAGEM

O objecto de aprendizagem construído para permitir a compreensão e facilitar a capacidade de manipulação de um sistema baseado num interferómetro de Michelson inclui três grandes componentes: conceitos teóricos, laboratório remoto e laboratório virtual, bem como variados elementos multimédia: seminário *on-line on demand*, fotografias e outros tutoriais como slides, fotografias, vídeos, etc.

Todos os componentes estão integrados na plataforma Moodle, usando a estrutura de um curso genérico, como representado na Figura 1.

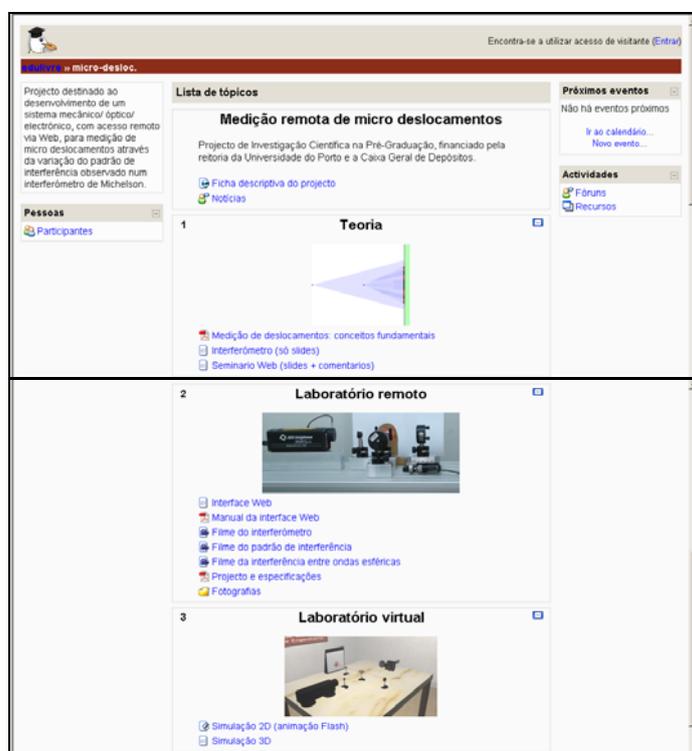


Figura 1. Objecto de aprendizagem sobre o interferómetro de Michelson.

A componente teórica é composta por um texto que se inicia com os conceitos fundamentais de posição, deslocamento e distância e termina com uma síntese sobre os princípios físicos usados na medição de um deslocamento.

O fenómeno de interferência é explicado através de um seminário *on demand*, realizado por um dos autores, com base em descrições gráficas, figura 2. Um conjunto de *clips* evidenciam os diferentes padrões de interferência que podem ser obtidos: o “padrão linear”, idêntico ao que se observa quando este sistema é usado remotamente e o “padrão circular”, não disponibilizado pelo sistema porque exige uma afinação mais precisa bem como melhores características do sensor óptico.

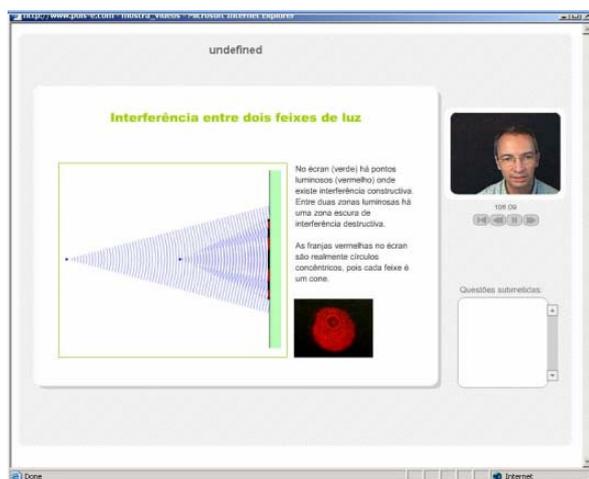


figura 2. Seminário web (*on demand*)

O interferómetro representado na figura 3 está no interior de uma sala escura onde automaticamente, sempre que o acesso ao sistema é requerido por um utilizador, é disponibilizada a intensidade luminosa mínima para que a câmara IP forneça a imagem, em tempo real, do padrão de interferência. Este traduzirá o movimento do componente móvel do sistema – espelho móvel – pela alternância sistemática das franjas clara/escura. Um sensor óptico, com amplificação incorporada, é responsável por detectar esta alternância de iluminação e um circuito contador fornece o resultado da contagem dos impulsos gerados pelas respectivas transições saturação/corte, [Restivo *et al.*, 2007].



Figura 3. Interferómetro de Michelson – montagem experimental.

A figura 4 mostra a interface amigável com o utilizador desenvolvida. No canto superior direito desta está disponibilizada a imagem do padrão de interferência fornecida pela câmara IP. No canto inferior direito, uma imagem do interferómetro. Do lado esquerdo é apresentada a interface de utilização, propriamente dita. Esta permite seleccionar um procedimento automático, em que o utilizador apenas define a velocidade de movimentação do espelho móvel e o tempo durante o qual o teste decorre. Pode ainda ser introduzido um endereço de email de modo que o sistema possa enviar os dados visualizados na interface no decurso do teste. O botão *Start* permite ao utilizador iniciar o teste. Pode ainda observar o movimento das franjas na imagem bem como o sinal proveniente da saída do sensor óptico.

Através de uma actuação manual pode o utilizador originar o deslocamento por incrementos muito pequenos (30 nm), num sentido ou no outro.

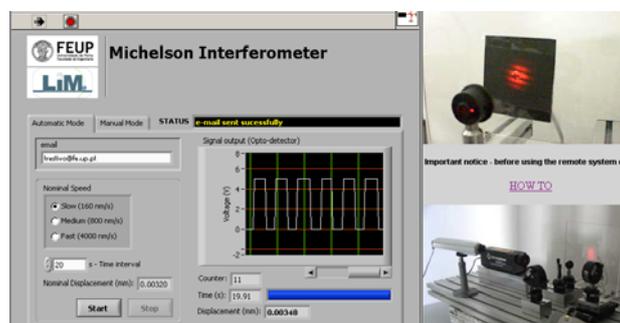


Figura 4. Interface do utilizador.

As figuras 5 e 6 mostram as componentes virtuais para melhorar a compreensão do fenómeno de interferência luminosa [Teixeira D.D., *et al.*, 2006]. Uma simulação 2D implementada em Macromedia Flash, explica o princípio de funcionamento do interferómetro evidenciando também a formação das franjas de interferência, figura 5.

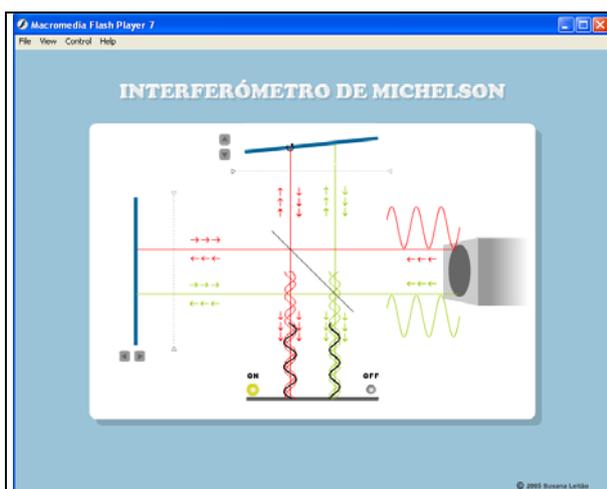


Figura 5. Simulação 2D.



Figura 6. Simulação 3D.

A simulação 3D, desenvolvida em C++ e usando bibliotecas gráficas OpenGL, recriam o interferómetro físico com um elevado nível de realismo. Neste caso o sistema adquire um grau de flexibilidade muito elevado, bem distinto do que é possível com o sistema disponível remotamente, figura 6.

Os estudantes consideraram estas simulações de grande utilidade quer para a percepção do fenómeno como também para aumentar a capacidade de manipulação do sistema real.

EXPERIÊNCIA REALIZADA

Descreve-se de seguida, sucintamente, uma experiência realizada com um grupo de estudantes do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) no ano lectivo 07/08 e com o apoio do Laboratório de Métodos Ópticos e Mecânica Experimental (LOME), tendo como objectivo avaliar a eficácia da combinação de laboratórios remotos e virtuais e demais ferramentas na aquisição de conhecimentos e competências necessários para o uso do interferómetro de Michelson. Após uma breve exposição sobre os princípios físicos envolvidos, os estudantes

foram de imediato colocados frente a uma montagem interferométrica existente no LOME, de modo a sentirem as dificuldades associadas à complexidade de manipulação e afinação de conjuntos mecânicos e ópticos. Mesmo tratando-se de um equipamento praticamente desconhecido, os estudantes mostraram grande destreza na manipulação laboratorial. Após esta primeira fase de exploração em laboratório seguiu-se a fase de exploração do objecto de aprendizagem. A terceira e última fase consistiu na avaliação de conceitos.

Quando questionados sobre as diferentes funcionalidades do objecto de aprendizagem, os estudantes mostraram uma grande capacidade de análise, avaliando o interesse de cada componente e fazendo mesmo sugestões pertinentes a nível de alterações nos módulos já existentes e de novos módulos que seria interessante acrescentar para tornar o objecto de aprendizagem mais completo.

O mesmo não se passou na terceira fase. Em oposição à clara capacidade exibida no manuseamento consciente da montagem interferométrica com algum grau de complexidade bem como na sua exploração, mostraram os estudantes uma manifesta dificuldade na expressão escrita dos conceitos e das noções correlacionadas. Esta conclusão reforça, aliás, um facto que os três primeiros autores têm vindo a constatar nos últimos anos e para o qual urge encontrar uma metodologia que reforce o esforço de elaboração mental a realizar pelo estudante quando colocado perante novos temas a estudar.

COMENTÁRIOS FINAIS

Em face do que acima se descreve parece dever o objecto de aprendizagem incluir um nível de questões abertas que obriguem os estudantes a percorrer os conceitos e a trabalhá-los mentalmente. Este processo de reflexão e de escrita no sentido de permitir traduzir os conhecimentos deverá ser importante para colmatar a dificuldade claramente observada. Experimentalmente os alunos demonstraram um desempenho muito bom.

REFERÊNCIAS

- Ma, J., Nickerson, J.V., Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, Volume 38 , Issue 3, pp. 1-10, (2006).
- Restivo, M.T., Villate, J., Almeida, F., Chouzal, F., Magalhães, R. & Menezes, I., *The Michelson Interferometer: a learning object*, REV (2007).
- Serway, R.A., Faughn, J. S., Vuille, C. and Bennet, C. H., “College Physics”, Thomson Brooks/Cole, pp. 836-837, (2005).
- Teixeira, D. D., Pereira, F. J. L., Carvalho, J. F. B., Leitão, S. M. B., Bencatel, R. A. G. Villate, J. E., Restivo, M. T., Chouzal, M. F. and Almeida, F. G., *A Michelson Interferometer For A Virtual Laboratory*, Proceedings M2D’2006, 5th International Conference on Mechanics and Materials in Design, Edition INEGI, ISBN: 972-8826-10-9, Portugal, (2006).