

## MECÂNICA QUÂNTICA NO SECUNDÁRIO?

Este artigo resulta de um trabalho mais alargado que, visando a introdução de tópicos de Teoria Quântica na disciplina de Física no ensino secundário português, procurou averiguar a opinião de professores, de vários níveis de ensino e de diferentes países, acerca deste assunto.

## O LABVIDEO - UMA APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE VÍDEO DIGITAL

Neste artigo apresenta-se uma nova aplicação de análise de vídeo, o *LabVideo*, que, fundamentalmente, se distingue das aplicações congéneres por incluir um mecanismo automático de aquisição de dados. Além desta característica inovadora, o *LabVideo* representa ainda uma contribuição para o software educativo em língua portuguesa e de distribuição livre. O funcionamento do programa é sucintamente ilustrado por meio de uma experiência sobre o movimento de projecteis.

A Gazeta agradece o envio de contribuições para esta secção.  
gazeta@teor.fis.uc.pt

# ENSINO DA FÍSICA

## MECÂNICA QUÂNTICA NO SECUNDÁRIO?

Não é possível acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico, compreender algumas das dimensões críticas e éticas da cultura actual ou ponderar alguns argumentos científicos socialmente controversos sem possuir conhecimentos, ainda que rudimentares, das grandes construções científicas do século XX, nomeadamente a Teoria da Relatividade e a Teoria Quântica.

No entanto, em Portugal, os alunos que estudam Física no ensino secundário não passam do século XIX<sup>1</sup>. Em Química [3], abordam alguns conceitos de Teoria Quântica relacionados com a estrutura da matéria, de acordo com uma estratégia que alguém já apelidou "profissão de fé": creio nos números quânticos, creio no princípio de incerteza, creio..., creio... Contrariamente, em muitos outros países, a Teoria Quântica é abordada ao nível do ensino não superior, na disciplina de Física [1,2,4].

Tentámos conhecer as opiniões de professores dos vários graus de ensino sobre a aprendizagem da Teoria Quântica a um nível elementar. Pedimos que respondessem a questionários e solicitámos entrevistas a professores portugueses da área de Física, tanto do ensino secundário como do ensino superior. Dado que a Teoria Quântica serve igualmente de fundamento ao trabalho de químicos, biólogos e engenheiros, enviámos questionários semelhantes a professores do ensino superior de diversas áreas. Obtivemos seis respostas: dois professores de didáctica das ciências, um biólogo, dois engenheiros e um físico.

Aos questionários enviados pela Internet responderam seis professores não portugueses, (dois holandeses, um finlandês, dois italianos e um britânico), todos com ex-

periência no ensino da Teoria Quântica a nível do ensino secundário. Um dos italianos e o britânico são investigadores em ensino da Física.

### As respostas aos questionários

Dos doze professores portugueses do ensino secundário que nos responderam, apenas dois advogam que a Teoria Quântica deva ser introduzida no ensino secundário, justificando que os alunos têm de conhecer a física actual e estar a par dos recentes desenvolvimentos tecnológicos. Ao sugerirem a abordagem histórica e a actividade prática como estratégias de ensino, estes professores estarão a propor a metodologia que julgam mais conveniente para suplantar as dificuldades dos alunos (deficiências de matemática e de conceptualização), mas também, eventualmente, a reflectir a sua própria aprendizagem.



A. Sommerfeld e N. Bohr

Os restantes professores do secundário consideram que não vale a pena introduzir Teoria Quântica no ensino que ministram porque os alunos não sabem matemática nem português, os programas são muito extensos, a teoria é

muito complexa e os alunos muito novos têm muita dificuldade em conceptualizar. Embora estes argumentos sejam razoáveis, eles costumam ser aduzidos sempre que se pretende introduzir alguma modificação no ensino secundário.

Todos concordam, porém, que os professores não estão preparados para ensinar Teoria Quântica, podendo essa situação modificar-se com acções de formação. As respostas dos professores portugueses do ensino superior revelam três tipos de atitudes. Em primeiro lugar, a do professor de Física que não tem dúvida de que o assunto pode e deve ser dado, argumentando que é acessível aos alunos, que a realidade microscópica se relaciona com o quotidiano. Os problemas que afligem os professores de didáctica estão muito aquém do ensino da Teoria Quântica: "*alguma importância mas...; não é essencial...; há assuntos mais centrais*". A abordagem histórica é comum nestes dois grupos. Os restantes professores do ensino superior estão, definitivamente, longe desta questão. A Teoria Quântica nunca os terá tocado, nem nunca sentiram necessidade de a conhecer.

Em contraste com estas posições, os colegas estrangeiros que foram inquiridos consideram vantajosa a introdução da Teoria Quântica no ensino secundário, por razões que não diferem muito dos pareceres favoráveis dos professores portugueses. Mas acrescentam outra razão de interesse fundamental: "*os alunos sentem-se fascinados pela Teoria Quântica*". Esta justificação, além de indicar experiência na leccionação da Teoria Quântica, revela um enorme potencial de atracção pelo tema, que é impossível de ignorar.

Estes professores não consideram os conceitos abstractos da Teoria Quântica como obstáculos intransponíveis, mas como problemas que a investigação pedagógica pode e deve resolver. As suas respostas dão a conhecer o modo como estão sendo introduzidos conteúdos de Teoria Quântica a nível do ensino não superior. Enquanto no Reino Unido e na Finlândia esses conteúdos já fazem parte dos programas oficiais, na Holanda e em Itália estuda-se ainda essa possibilidade.

Um professor italiano e um holandês mencionam projectos de investigação sobre a introdução da Teoria Quântica no ensino secundário a decorrer nos respectivos países, e o professor britânico refere um projecto nacional que levou à inclusão dos tópicos de Teoria Quântica que, actualmente, fazem parte do currículo no seu país. Estes professores manifestam entusiasmo e indicam temas a abordar: efeito de túnel, princípio da incerteza, átomo de hidrogénio e efeito fotoeléctrico. O colega finlandês refere que faz uma abordagem histórico/experimental, mas salienta que valoriza a perspectiva experimental (a qual antecede a interpretação teórica), em detrimento dos aspectos filosóficos, que considera difíceis.

### As opiniões expressas nas entrevistas

As entrevistas divergiram bastante consoante as experiências e os gostos dos entrevistados. Estes possuíam um perfil académico e profissional variado: três professoras efectivas do ensino secundário, uma com responsabilidade na formação de professores, outra, autora de manuais escolares e a terceira com responsabilidades na gestão pedagógica da escola; os restantes, professores universitários, sendo quase todos autores de livros escolares ou de divulgação científica.

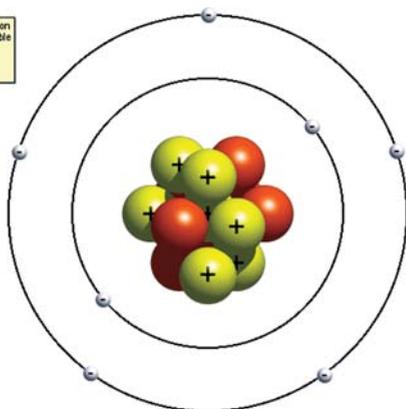
As entrevistas foram ricas tanto em conteúdo como no entusiasmo dos entrevistados face às suas actividades profissionais.

### É importante ensinar Teoria Quântica no ensino secundário? Porquê?

De uma maneira geral todos responderam afirmativamente a esta pergunta, ainda que com diferentes ênfases. Os professores do ensino secundário reconhecem que a Física do século XX (e os desenvolvimentos tecnológicos com ela relacionados) deve fazer parte do currículo, mas estão mais preocupados com o facto de a aprendizagem da mecânica clássica ser tão mal sucedida. Aliás, de uma maneira geral, consideram que é essencial saber bem mecânica clássica para aprender Teoria Quântica.

"Para mim, a mecânica clássica funciona como marco de referência, pelo que o conhecimento da mecânica clássica é fundamental. Suponho que um conhecimento experimental e teórico da mecânica clássica facilita o estudo da Teoria Quântica."

Nitrogen's Electron Configuration Table  
 $1s^2$   
 $2s^2 2p^3$



O átomo de Bohr

Uma outra razão para que os professores do ensino secundário adiram ao ensino da Teoria Quântica é o facto de serem solicitados pelos alunos a esclarecer assuntos actuais que os programas não contemplam:

"Sem dúvida. Os alunos perguntam se já ouvi falar de quarks e mesões... colocam questões sobre assuntos cuja

resposta requer a Teoria Quântica, enquanto nós só ensinamos física do século XIX. O século XX está, praticamente, excluído do ensino da Física;

(...) tenho que reconhecer que a parte do programa que os alunos preferem é a estrutura atômica."

Os professores do ensino superior não demonstram qualquer reserva em relação ao ensino da Teoria Quântica. Pensam que já deveria ter-se iniciado há muito tempo:

"Há já muitos anos que faço propostas de que é desejável actualizar os programas escolares de forma a mantê-los em sintonia com os avanços da ciência e as correspondentes aplicações tecnológicas... Não duvido que seja possível conseguir uma actualização desejável."

"Outra razão é que as tecnologias modernas estão baseadas nas ciências quânticas. É portanto necessário aprender o essencial da teoria. Não estou a dizer que seja necessário resolver as equações de Schrödinger ou de Dirac, mas sim aprender os conceitos básicos. Os conceitos básicos podem e devem ser ensinados."

"Acho que sim. Se reparar, o plano inclinado, as alavancas e as roldanas (espécie de instrumentos de tortura que aparecem sempre no estudo da Física) estão muito mais fora da realidade dos alunos de hoje do que os átomos e moléculas, os transístores, as estrelas e os buracos negros... Julgo que o cérebro de uma criança está muito mais longe do plano inclinado do que dos átomos... e a física tem que ser apelativa nos níveis etários mais baixos... É pena que só na universidade se venha a aprender que as microondas têm a ver com os telemóveis. A sociedade está a avançar mais depressa do que a escola. Ora as aplicações da ciência não aparecem por acaso, alguém as faz."

"Retirarmos à formação dos adolescentes aquilo para que o futuro aponta é extremamente limitativo e prescindir de uma linguagem que parece de "Alice no País das Maravilhas" é prescindir de um enorme potencial de atracção."

"Deus criou-nos com olhos, mãos, cabeças... mas não com microscópios, computadores, aceleradores de partículas... O que temos feito, ao longo dos tempos, é criar instrumentos que nos deram a possibilidade de chegar a escalas para as quais, à partida, não estávamos preparados... Imaginar o ser humano primitivo na sociedade em que vivemos (que aparentemente já não é moderna, mas pós-moderna) é impossível. As pessoas têm que ser olhadas em conjunto com a tecnologia que as rodeia. Dizer que a Teoria Quântica e a Teoria da Relatividade são difíceis é um crime, uma estupidéz profunda e uma incapacidade de perceber o que são a história e a evolução da humanidade. Temos que fazer a aprendizagem do infinitamente pequeno, no caso da Teoria Quântica, e do infinitamente grande, no caso da Teoria da

*Relatividade. Porque são coisas que nos pertencem, que não nos são estranhas... Não há outra solução senão integrarmos estes assuntos na aprendizagem dos miúdos... Quem nega a necessidade da Teoria Quântica e da Teoria da Relatividade nada percebe de Física ou, sob o ponto de vista social, é alguém que quer reduzir o nosso país, na prática, a um país do Terceiro Mundo."*

### Quais são as dificuldades do ensino da Teoria Quântica no ensino secundário?

Tal como nos questionários, os professores do ensino secundário entrevistados indicam as deficiências nos conhecimentos de português e matemática como os principais obstáculos do ensino da Teoria Quântica. Referem também a dificuldade de conceptualização por alunos muito jovens e a extensão dos currículos:

*"A dificuldade seria basicamente a nível da interiorização dos conceitos, uma vez que muitos aspectos parecem ir contra o "senso comum"... Tudo se pode ensinar às várias faixas etárias, desde que a abordagem tenha em conta os conhecimentos físicos e matemáticos e ainda o desenvolvimento dos alunos."*

Os professores do ensino superior nunca pensaram, aparentemente, nas dificuldades de ensinar Teoria Quântica aos alunos do ensino secundário. Pelo menos não se lhes referem. Ou talvez considerem que é tão difícil ensinar Teoria Quântica como outro assunto qualquer.

### A Teoria Quântica é mais difícil que a mecânica clássica?

A resposta dos professores do ensino secundário a esta questão, em contraste com a dos professores universitários, revela falta de uma visão mais ampla da Física, uma consequência talvez do desconhecimento de um assunto que não dominam e que não estão habituados a leccionar. De uma maneira geral consideram a Mecânica Clássica uma espécie de "âncora" que dá estrutura a toda a Física e, como tal, o conteúdo essencial a ser ensinado no ensino secundário.

Os professores universitários consideram que a divisão Mecânica Clássica/Teoria Quântica é artificial porque só há uma Física (toda ela difícil de aprender):

*"Claro que ambas são difíceis. Ambas têm uma equação de movimento sendo a equação da Teoria Quântica de primeira ordem em relação ao tempo e a newtoniana de segunda ordem. Por aqui a newtoniana é mais complicada que a quântica (...). Mas a mecânica newtoniana, quando apareceu, era também completamente contrária à nossa percepção... A força estava associada ao movimento... Toda a gente sabia que, quando o burro parava, a carroça parava."*

*"Não há mudança de paradigma. Os físicos fazem Física, exac-*

*tamente, da mesma maneira antes e depois da Relatividade, antes e depois da Teoria Quântica. O paradigma é o mesmo."*  
*"Há conhecimentos exigidos às crianças que também implicam elevados níveis de abstracção. Por exemplo, ninguém admite que os meninos não saibam que a Terra anda à volta do Sol ou que questionem esta afirmação. A Física está cheia de conhecimentos não intuitivos (...) a lei da inércia não é nada intuitiva (...) a física aristotélica durou muito tempo porque é a mais intuitiva que pode existir."*

### Quais os temas a serem introduzidos e com que abordagens?

De uma maneira geral parece que ninguém pensou muito bem sobre quais deverão ser os temas a introduzir a um nível inicial e/ou a abordagem que deve ser dada à Teoria Quântica a esse nível, talvez porque não valha a pena estar a perder tempo com assuntos que parecem muito distantes, ou porque tentarão reproduzir a maneira como aprenderam quando for a sua vez de ensinar.

Há, no entanto, diferenças assinaláveis entre as concepções dos professores do ensino secundário e do ensino superior. Os primeiros sabem quão difícil é ensinar a dinâmica do ponto material ou o princípio de Arquimedes e imaginarão que o ensino da Teoria Quântica será "missão impossível". Os segundos porque consideram que, se eles (professores) aprenderam, outros também aprenderão se a isso se dispuserem. Daí a cautela com que os professores do secundário respondem e a relativa facilidade das respostas dadas pelos professores do ensino superior.

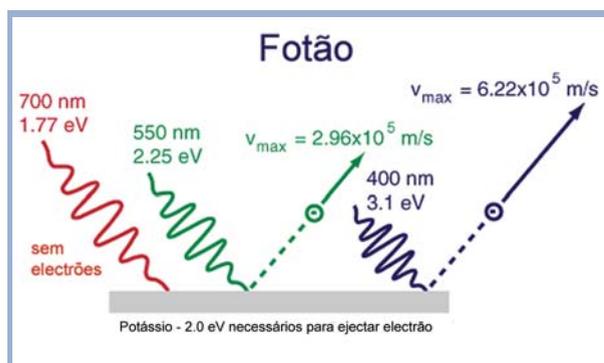
A resposta de um professor universitário:

*"...Sugiro que se inicie pela história, é o mais simples. Pelos problemas que deram origem à Teoria Quântica... Desde Planck a Bohr... é uma história lindíssima... Há uma maneira de explicar as coisas a partir de uma certa intuição e, quando a intuição falha, pois bem, começa-se por admitir que a "coisa" não dá certo... Mas não é preciso ir às matrizes de Heisenberg para estudar Teoria Quântica. Pode formalizar-se tudo de maneira mais complicada (o que é importante em estudos avançados), mas o essencial do modo de funcionar da Teoria Quântica está em Bohr, em De Broglie e em Schrödinger... A base é a lei de Planck, o efeito fotoeléctrico, os espectros de riscas... e perceber qual a natureza destes fenómenos... A teoria ondulatória tem de ser conhecida anteriormente..."*

Neste discurso, sobressai o fascínio do autor pela matéria em questão, que poderá não ser transmissível só com o entusiasmo do professor.

Outras abordagens propostas por professores universitários passam, pela via histórica e/ou experimental:

"A história de que estava a falar era a das experiências com que foi iniciada a teoria... Os conceitos devem aparecer não como ideias vagas e abstractas, coisas que aliás abundam no nosso ensino, mas através de experiências concretas... Ao contar uma história, tanto a crianças como a adultos, as respectivas personagens adquirem vida. Conta-se, por exemplo, a história do cientista mais conhecido do hemisfério sul, nascido na Nova Zelândia, que na altura pertencia ao império britânico, e, pouco a pouco, Rutherford não é apenas um nome mas adquire vida: é uma pessoa. O mesmo acontece com a vida e obra de Einstein ou de Bohr. A história é relevante, mas tal não implica que se ensinem os conceitos de física respeitando estritamente a cronologia. Se já conhecemos o fim do filme não é preciso contar todo o enredo... Podemos partir do final para onde quisermos. Isso faz-se em Física e em qualquer ciência..."



Efeito fotoelétrico

### Que pensar de tudo isto?

Há duas conclusões que ressaltam tanto dos inquiridos como das entrevistas: os alunos gostariam de aprender Teoria Quântica e os professores do ensino secundário não têm conhecimentos suficientes para os ensinar.

A diferença entre as concepções dos 27 professores, ouvidos para elaborar este trabalho não reside na idade, nem no grau académico, nem no grau de ensino. Está no conhecimento que têm, ou não, de Teoria Quântica. Aqueles que melhor conhecem as dificuldades desta teoria consideram que os alunos podem e devem estudá-la no ensino secundário. Fazem-no, no entanto, porque lhe reconhecem utilidade e beleza, não porque tenham dedicado algum do seu tempo a pensar como.

As opiniões recolhidas podem ser classificadas como "*Nem pensar*", "*Talvez*" e "*Sim, sem dúvida*". No primeiro grupo, encontra-se a maior parte dos professores do ensino secundário e dos professores do ensino superior não directamente ligados ao ensino da Teoria Quântica; no segundo situam-se os professores dos ensinos secundário e superior de algum modo ligados ao ensino das ciências e o terceiro grupo é constituído pelos professores do ensino superior ligados à investigação e/ou ensino da Teoria Quântica.

Podemos encarar estas reacções pelo menos de duas maneiras diferentes. A maior parte dos professores que dizem "*Nem pensar*" estão muito mais conscientes das dificuldades de ensinar o que quer que seja aos seus alunos solicitados por dezenas de actividades muito mais apelativas do que a Física. Por outro lado (recordemos as respostas dos professores do ensino superior de áreas não directamente ligadas à Física), é lógico que quem não domine a Teoria Quântica ou não precise de a usar, não sinta necessidade de a aprender ou de a estudar. Vive bem sem ela, como outrora se viveu bem com a convicção de que a Terra era o centro do Universo.

Os professores englobados no grupo "*Nem pensar*" rejeitam, *a priori*, a ideia porque a acham inútil e contraproducente, portanto impossível de dar bons resultados; os professores do grupo "*Talvez*" sabem, porque reflectem sobre o processo de ensino, que será difícil ensinar Teoria Quântica no ensino secundário, mas é uma questão de aprender; os professores que respondem "*Sim, sem dúvida*" acham, de uma maneira geral, que "*tem que ser feito*", independentemente do modo "*como deve ser feito*". Os únicos que evidenciam profunda reflexão acerca do modo como se deve ensinar Teoria Quântica a alunos do ensino secundário são, precisamente, os investigadores britânico e italiano, que realizam trabalhos sobre o ensino da Física a esse nível.

Greg Ireson [4] fez um estudo com alunos que se iniciaram na Teoria Quântica pela via histórica, concluindo que alguns dos conhecimentos erróneos, detectados inicialmente, tinham sido corrigidos. Porém, comparando os *itens* que se modificaram e os tópicos curriculares, verificou que esses resultados não podiam ser imputados ao currículo mas a outras características da instrução. Estas conclusões remetem-nos para a importância da formação dos professores. Para ensinar qualquer assunto, é preciso dominá-lo bem e, simultaneamente, encontrar a técnica adequada para fazer com que ele possa ser assimilado pelos alunos. Os professores de Física que estudaram Teoria Quântica poderão não estar recordados do que aprenderam ou ter feito uma aprendizagem criticável [1]. É natural que necessitem de reaprender conceitos que já esqueceram ou que, entretanto, evoluíram. Praticamente, todos os inquiridos consideraram imprescindível que uma formação/actualização de professores anteceda a introdução de conteúdos de Teoria Quântica no ensino secundário e que a Sociedade Portuguesa de Física é a entidade que pode mudar a maneira de ensinar física nas escolas secundárias portuguesas.

Em dois artigos que analisámos [5,6], mostra-se que os conceitos erróneos detectados nos jovens professores de Física são perfeitamente semelhantes aos dos alunos universitários e pré-universitários. Estes resultados originaram projectos dirigidos aos professores em formação.

Um deles [5] é interessantíssimo porque envolve a formação inicial de professores como *utilizadores* de conceitos quânticos e como formadores, simultaneamente. Avalia ainda a maneira como os conceitos aprendidos pelos professores em formação passam, através da sua prática lectiva, para os alunos.

#### Uma nota de esperança...

Os problemas do ensino da Física são tão profundos que não deixam espaço aos professores para assuntos tão "esotéricos" como a Teoria Quântica. Não obstante, há, entre os professores, alguma abertura para a mudança. E há até alguns que gostariam de estudar assuntos que já estão distantes. Terá, também, de haver uma razão institucional para o fazerem, como disse uma colega em entrevista:

"(...) Os professores iriam reagir, como sempre, com reticências. Mas depois, também, como sempre, iriam estudar. Qualquer mudança no ensino produz resistências porque implica alguma necessidade de actualização pedagógica e/ou científica. Mas isso não significa que as inovações sejam recebidas com desagrado. Estou convencida de que, embora numa fase inicial, os professores possam expressar dificuldades, a actualização científica em Teoria Quântica vai acabar por ser gratificante..."

Para nós, não há dúvida de que a Teoria Quântica tem que ser ensinada no ensino secundário. Como deve ser ensinada requer ainda muita reflexão.

Teresa Lobato\*  
Escola Secundária Fernando Lopes Graça  
Av. Comandante Gilberto Duarte e Duarte, nº470  
2775-200 Parede - Portugal  
teresalobato@netcabo.pt

Helena Caldeira  
Departamento de Física da Universidade de Coimbra  
3004-516 Coimbra  
helena@teor.fis.uc.pt

Ileana María Greca  
Instituto de Física - UFRGS  
Caixa Postal 15051 - 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil  
ileana@if.ufrgs.br

\* Doutoranda do Programa Internacional de Doctorado en "Enseñanza de las Ciencias" da Universidade de Burgos (Espanha), em convénio com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil).

#### REFERÊNCIAS:

- [1] Jones, D. G. C., "Teaching modern physics - misconceptions of the photon that can damage understanding", *Physics Education*, 26, 1991, 93-98.
- [2] Fischler, H. e Lichtfeldt, M., "Modern physics and students' conceptions", *International Journal of Science Education*, 14 (2), 1992, 181-190.
- [3] Sena, J., *Um Estudo sobre Concepções e Estratégias de Ensino em Mecânica Quântica*. Tese de Mestrado em Ensino da Física e da Química, Universidade de Coimbra, 1994.
- [4] Ireson, G., "The quantum understanding of pre-university physics students", *Physics Education*, 35 (1), 2000, 15-21.
- [5] Giliberti, M., Cazzaniga, L. e Lanz, L., Quanta-Mi, "A modern teaching for modern physics in pre-service teachers training", *GIREP Conference 2002*, Lund, 2002.
- [6] Hadzidaki, P., Kallanis, G. e Stavrou, D., "Quantum mechanics: a systemic component of the modern physics paradigm", *Physics Education*, 35 (6), 2000, 386-392.

#### NOTA:

<sup>1</sup> Este artigo foi escrito antes do conhecimento público do novo programa de Física para o 12º ano, que já inclui Teoria Quântica.

## O LABVIDEO - UMA APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE VÍDEO DIGITAL

O *LabVideo* é uma aplicação de análise de vídeo no formato AVI<sup>1</sup> com uma interface gráfica típica das aplicações do *Microsoft Windows*. Na Fig. 1 destaca-se uma janela central para a visualização dos filmes, os comandos do *menu* e uma barra de ferramentas que dão acesso às funcionalidades e opções do programa. Na janela central encontram-se os botões usuais de controlo do vídeo e uma barra de progressão temporal da sequência de fotogramas. A aplicação foi desenvolvida de maneira a permitir a aquisição de dados por três modos distintos:

- 1- por meio de medições sobre uma imagem estroboscópica impressa em papel;
- 2- através da usual marcação de posições em cada fotograma com o cursor do rato;
- 3- usando a opção de detecção automática de posições.

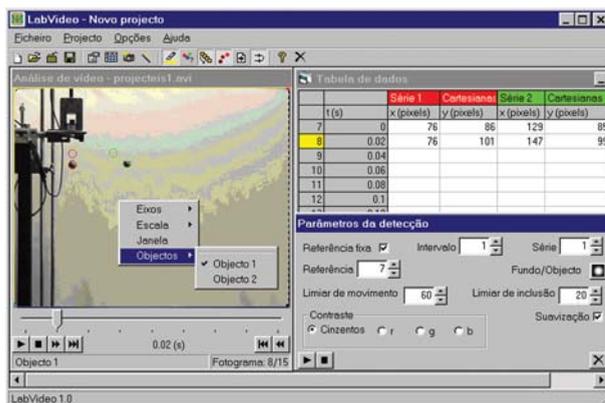


Fig. 1- Aspecto geral da aplicação

O programa pode ser usado para estudar diversos fenómenos físicos, em particular os que dizem respeito à dinâmica da partícula e dos sistemas. Nesses casos, pretende-se acompanhar a evolução temporal de sistemas que, de um modo geral, são constituídos por objectos que se distinguem bem do plano de fundo fixo sobre o qual se movem.

### Construção de imagens estroboscópicas

O registo de movimentos em película fotográfica usando a iluminação intermitente de lâmpadas estroboscópicas é uma técnica utilizada frequentemente nos estudos de cinemática. Este tipo de imagem tem um grande poder ilustrativo - as trajectórias de objectos móveis destacam-se a partir das posições capturadas em pequenos intervalos de tempo de igual duração. Com o *LabVideo* é possível criar em alguns segundos imagens estroboscópicas que

podem servir de base a actividades de sala de aula sem o suporte de computadores ou que podem complementar a análise de vídeo juntamente com qualquer um dos outros dois modos de aquisição de dados do programa. Na Fig. 2 são visíveis as posições sucessivas de uma esfera que foi lançada horizontalmente e de uma segunda esfera largada simultaneamente da mesma altura.

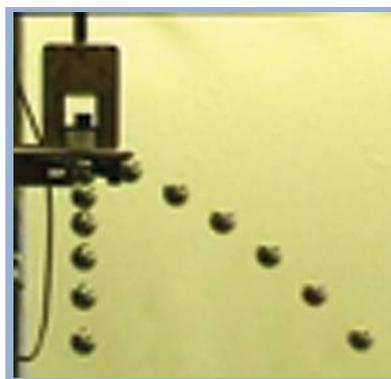


Fig. 2 - Imagem estroboscópica criada com a aplicação

### Marcação manual de posições

No modo de marcação manual, as posições sucessivas dos objectos de interesse (séries) são assinaladas em cada imagem por meio de marcadores coloridos. Os tempos e as coordenadas de posição são registados numa tabela de dados que é automaticamente preenchida à medida que se procede à marcação. Na Fig. 1 encontram-se as posições de duas esferas medidas num referencial definido pelo utilizador (usou-se um referencial graduado em pixels e com origem no canto superior esquerdo da imagem). Para "calibrar" as imagens é necessário marcar sobre as mesmas um segmento de recta de comprimento conhecido e indicar o seu valor numa unidade adequada.

### Detecção automática de posições

A detecção automática de posições permite dedicar menos tempo à aquisição de dados, tarefa que pode ser um pouco entediante, sobretudo se o número de posições a marcar for elevado, como acontece no exemplo que a seguir se descreve. O método é aplicável em situações simples ou controladas, sendo então possível detectar com rigor suficiente as posições de um ou mais objectos em movimento num vídeo. Para tal, é necessário que a cor ou o brilho dos objectos sejam uniformes e suficientemente diferentes do fundo para que o programa os possa separar.

## Uma breve ilustração

O lançador de projectéis utilizado no lançamento horizontal da esfera na Fig. 2 é um dispositivo conhecido por espingarda de Gauss<sup>2</sup> que permite acelerar esferas de aço utilizando alguns ímans dispostos em linha sobre uma régua. Abandonando uma esfera a uma pequena distância do primeiro íman, como se representa na Fig. 3, desencadeia-se uma série de colisões consecutivas que produzem disparos progressivamente mais rápidos.

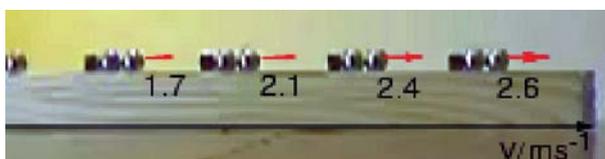


Fig. 3 - Lançador de projectéis calibrado

Com o objectivo de determinar as velocidades das esferas projectadas pelo dispositivo, filmaram-se alguns disparos variando apenas o número de ímans e esferas. Na Fig. 4 podem ver-se os marcadores das posições da esfera detectadas automaticamente com o *LabVideo* num dos ensaios realizados. O vídeo foi capturado com uma taxa de 50 fotogramas por segundo, pelo que as posições da esfera são discerníveis em intervalos de tempo de dois centésimos de segundo. Finalmente as tabelas de dados foram exportadas para uma folha de cálculo com a qual se procedeu ao tratamento dos resultados e à determinação das velocidades iniciais da esfera.



Fig. 4 - Posições detectadas

## Alguns comentários finais

O *LabVideo* é um auxiliar do trabalho prático assistido por computador que permite extrair posições em função do tempo para um ou mais objectos presentes em imagens de vídeo. Os resultados obtidos podem ser lidos por folhas de cálculo e outras aplicações de representação e tratamento de dados cujo uso por parte dos alunos deve ser estimulado. Assim, o *LabVideo* dispõe apenas de funcionalidades de cálculo relacionadas com a aquisição de dados - as posições recolhidas podem ser usadas para calcular séries de pontos introduzindo expressões matemáticas nas células da tabela de dados, de modo a visualizar a trajectória do centro de massa de um sistema de partículas, por exemplo. Estas e outras características da aplicação que não foram aqui discutidas poderão ser melhor apreciadas explorando o programa que se encontra disponível, juntamente com algum material de apoio, no endereço <http://mconde.no.sapo.pt/labvideo/>.

Margarida Conde  
Escola Secundária de Odivelas  
mconde@netc.pt

## NOTAS

<sup>1</sup> Formato nativo do *Video for Windows*.

<sup>2</sup> A documentação sobre a espingarda de Gauss e outros brinquedos de ciência está disponível em <http://www.sci-toys.com/>.