

G A Z E T A D E

FÍSICA



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

VOL. 19 • FASC. 2 • 1996 • PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL • ABRIL / JUNHO

A REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA E DA QUÍMICA

JORGE A. TRINDADE

Instituto Politécnico da Guarda — 6300 Guarda
(E-Mail: alberto@nautilus.fis.uc.pt)

CARLOS FIOLEIS

Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade de Coimbra — 3000 Coimbra
(E-Mail: tcarlos@hydra.ci.uc.pt)

As tecnologias da Realidade Virtual estão a atingir alguma maturidade. Para tal muito contribuíram progressos recentes tanto em *hardware* (processamento rápido e novos interfaces homem-máquina) como em *software* (linguagens mais poderosas e de mais fácil utilização). São cada vez mais numerosas e diversificadas as suas aplicações em domínios que vão do entretenimento à educação e à ciência, passando pela arquitectura, arte, indústria, comunicação, etc.. Na educação, e em particular no ensino e aprendizagem das ciências exactas e naturais, estão em curso trabalhos para avaliar concretamente as possibilidades dessas novas tecnologias. Os dois casos mais salientes são, na Química, o *Chemistry World*, ambiente virtual para estudar átomos e moléculas, e, na Física, o *Newton World*, ambiente para o estudo da colisão de partículas.

Introdução

A Realidade Virtual nasceu nos EUA fruto dos esforços conjuntos de alguns visionários dos anos 60 e 70 e da poderosa tecnologia militar norte-americana. Actualmente, autores como Hans Moravec antevêm ambientes virtuais, como o que descreve no seu livro *Homens e Robots — O futuro da inteligência humana e robótica*, em que um utilizador informático pode "dialogar" e "fazer experiências" com personalidades da Física como Newton e Einstein [9]. Outros autores antevêm a possibilidade de ligar sistemas informáticos multisensoriais a instrumentos físicos, como o microscópio de força atómica, de modo a "sentir", por exemplo, as forças atómicas.

A Realidade Virtual baseia-se na construção computacional de ambientes gráficos tridimensionais. Por meio de *hardware* específico (luva e fato de dados, capacete, etc.), consegue-se, em tempo real, a interacção e manipulação com elementos desses cenários, numa completa

sensação de imersão num mundo "alternativo". Interactividade (navegação, escolha do referencial, etc.), manipulação (realização de acções de forma idêntica à do mundo real, como por exemplo, o lançamento de uma bola) e imersão (a maioria das sensações provêm do ambiente virtual) são os três pilares que distinguem estas novas técnicas, que constituem uma extensão das simulações convencionais num ecrã de computador. Partindo do princípio que se tratam de metodologias que devem ser divulgadas, e nunca esquecendo que as realidades que imaginamos e criamos são sempre substitutos mais ou menos pobres da realidade onde vivemos, vamos apresentar um panorama breve mas actualizado das aplicações da Realidade Virtual no ensino e na aprendizagem das ciências, concentrando a nossa atenção no caso da Química e da Física.

Anunciada como uma das grandes revoluções tecnológicas dos anos 90, a Realidade Virtual é hoje alvo de numerosas pesquisas, que começam a apresen-

tar resultados concretos. Assim, é grande o número de universidades e outras instituições que investigam nesta área, especializando-se em domínios como a telepresença e o teletrabalho, o apoio a deficientes, a visualização científica e técnica, a educação, etc. Nestes dois últimos domínios citam-se, a título de exemplo:

— No Reino Unido, os trabalhos desenvolvidos pela Universidade de York em colaboração com o grupo *Glaxo* e a empresa *Division*. Estudam as capacidades de imersão e interacção da Realidade Virtual para explorar estruturas moleculares complexas.

— Na Alemanha, as pesquisas no *Institut fuer Bildmedien* sobre o *Extended Virtual Environment*. O objectivo é a visualização de certos modelos científicos (um exemplo é o *Hot Early Universe Soup*).

— Na Austrália, o *Theoretical Particle Physics Group* da Universidade de Melbourne testa a aplicação das tecnologias do virtual em simulações científicas.

— Nos EUA, a quantidade e diversidade de trabalhos de investigação são maiores: na Universidade de Carolina do Norte, utiliza-se uma bicicleta virtual (*Mountain Bike*) para explorar uma paisagem, incluindo aspectos microscópicos desta como a estrutura molecular; o *Computer Museum*, em Boston, com o apoio da *National Science Foundation*, elaborou o *Virtual Adventure: Exploring a Human Cell*, um ambiente de construção de uma célula humana juntando os seus vários componentes; a NASA-Ames, na Califórnia, realiza o projecto *Virtual Wind Tunnel* destinado a analisar o movimento complexo de um fluido em torno de um obstáculo tridimensional.

— Em Portugal, a Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa efectuou estudos ergonómicos, no quadro de um projecto apoiado pelo Ministério da Educação, para projectar novo equipamento escolar [3].

As investigações nestas áreas e noutras relacionadas contribuem de forma significativa para a construção de novo *hardware* e o desenvolvimento de novo *software*. No primeiro caso, procura-se que os novos sistemas de *input/output* tragam mais realismo, facilitem as tarefas de navegação e estimulem os sentidos da visão, da audição e do tacto de forma adequada. No segundo caso, que a concepção, visualização e exploração de ambientes virtuais sejam, cada vez mais, tarefas ao alcance de todos os interessados. Tem-se verificado um decréscimo acentuado dos custos do equipamento e software necessários para actividades de Realidade Virtual, tendência essa que deve continuar. Se, no passado, eram precisos supercomputadores ou super estações gráficas para realizar essas actividades, hoje pode-se pensar em utilizar computadores pessoais de alto de gama.

Alguns críticos destas tecnologias referem que o uso de equipamentos como o capacete (H.M.D. — *Head-Mounted Display*) e a luva de dados (*dataglove*) constituem, por um lado, um entrave à liberdade de movimentos e, por outro, provocam sensações incómodas. De

facto, o *hardware* de visualização que apareceu de início no mercado (capacete com visor baseado num tubo de raios catódicos) era pesado e incómodo. Actualmente estão em testes finais novos tipos de interfaces que permitem uma maior liberdade de movimentos, por meio de uma redução efectiva de peso e de dimensões, e asseguram por isso maior conforto. Refiram-se, pelo seu carácter inovador, os trabalhos sobre visualização realizados no *Human Interface Technology Laboratory* da Universidade de Washington. Aqui, investiga-se a possibilidade de um sistema combinado de lasers e espelhos varrer a grande velocidade o olho com um feixe de intensidade muito fraca para "inscrever" imagens directamente na retina. Diminui-se assim o peso e o volume do capacete, aumentando significativamente a resolução da imagem visualizada. Parece, de facto, uma técnica muito estranha mas muitas das técnicas que hoje utilizamos no quotidiano pareceram muito estranhas quando foram propostas e experimentadas pela primeira vez.

Aplicações da Realidade Virtual em Educação

No campo educativo, o uso da Realidade Virtual encontra-se devidamente justificado [12, 14, 17]. Expõem-se algumas ideias que parecem ter reunido o consenso de vários especialistas em educação:

— Sendo a educação um processo em que a interacção entre o sujeito e o ambiente é fundamental, qualquer cenário virtual constitui um ambiente educacional.

— Os processos psicológicos num ambiente virtual são muito semelhantes aos processos correspondentes num ambiente educativo real.

— Na área educativa, a riqueza das sensações tácteis é frequentemente negligenciada, voluntária ou involuntariamente. Por vezes criam-se imagens mentais incorrectas pela ausência e impossibilidade de sentir os objectos reais.

— Na experimentação científica, a manipulação de objectos é fundamental. Sem ela, os alunos dificilmente compreendem o conteúdo, significado e alcance de uma experiência ou mesmo os conceitos que lhe estão subjacentes. No caso em que a manipulação de certos objectos é difícil, perigosa ou dispendiosa, eles poderão ser substituídos por objectos virtuais.

— A Realidade Virtual facilita a formação de modelos conceptuais correctos e a aprendizagem. O aluno experimenta novas vivências em ambientes que resultam de cálculos computacionais complexos. Por exemplo, a aproximação e o afastamento a um corpo podem ser feitos de forma mais arbitrária num ambiente virtual. Assim, quando nos aproximamos de um objecto, podemos gradualmente aperceber-nos dos seus detalhes, até "visualizar" a sua estrutura atómica, podendo mesmo "entrar" num átomo, interferir com a distribuição dos seus electrões, etc. Por outro lado, podemos gradualmente

afastar-nos de um corpo, uma mesa por exemplo, saindo da casa, da cidade, do país, da Terra, do Sistema Solar, etc.

Aplicações no Ensino/Aprendizagem da Física e Química

Apresentam-se de seguida dois projectos pioneiros da aplicação da Realidade Virtual em educação, nos domínios da Química e da Física. Desenvolvidos por instituições norte-americanas, esses trabalhos merecem ser destacados quer pela sua dimensão e investimentos humano e financeiro, quer pela importância que dão à aplicação destas novas tecnologias no ensino.

No *Human Interface Technology Laboratory*, da Universidade de Washington, desenvolve-se o projecto *Virtual Reality Roving Vehicle*, financiado pela *West Foundation* [12]. O seu objectivo é possibilitar a alunos e professores conhecimentos e experiências em sistemas de Realidade Virtual. Trata-se de um projecto dirigido aos diversos níveis do ensino em ciências exactas e naturais, desde o mais básico até ao pré-universitário, onde se pretende avaliar: a) se os estudantes conseguem utilizar novas tecnologias não só na exploração como também na construção de ambientes virtuais; b) se a exploração de ambientes virtuais facilita ou não o processo de aprendizagem; c) se a Realidade Virtual é melhor ou pior do que outras técnicas de aprendizagem e porquê.

A aprendizagem é aqui encarada sob dois aspectos: participação directa dos alunos na construção de ambientes virtuais e interacção com cenários construídos. Na primeira situação, os aprendizes participaram na construção de ambientes relativos aos ciclos da água, do azoto e do dióxido de carbono e ainda às transformações de energia; no segundo caso, mais relacionado com objectivos curriculares, o projecto conta com um ambiente virtual para o ensino da Química (*Chemistry World*) [2]. Trata-se de um ambiente constituído por electrões, prótons e neutrões, a partir dos quais os alunos constroem átomos e moléculas, manipulando variáveis como o nível de energia e o spin dos electrões.

A avaliação do ensino/aprendizagem teve por base um grupo de 40 alunos, cujo objectivo era a construção da molécula da água. Os alunos foram inicialmente sujeitos a um teste escrito, sem o contacto com o cenário virtual, para assim avaliar os seus conhecimentos, lacunas e dificuldades. No final, foram submetidos a um teste oral, a partir da sua vivência e conduta orientadas no ambiente virtual. Foram inquiridos sobre as questões que tinham falhado, ou em que haviam manifestado dificuldades.

Apesar da reduzida dimensão da amostra utilizada, os resultados obtidos permitem tirar duas conclusões: a) a generalidade dos alunos consegue aprender um determinado assunto, pelo menos em parte, por manipulação sem conhecer as leis formais que o regem; b) a Realidade

Virtual pode e deve ser encarada como uma nova ferramenta educacional, que ajuda os estudantes, por exemplo, na elaboração de modelos conceptuais.

No domínio da Física, o destaque vai para as Universidades de George Mason (Virginia) e de Houston-Downtown (Texas), que em colaboração com o *Virtual Reality Laboratory* do Centro Espacial Johnson e sob a orientação de R. Bowen Loftin e de Chris Dede, realizam o projecto *Science Space*, financiado pela *National Science Foundation* [14].

Este projecto assenta na ideia de que a mecânica newtoniana não é facilmente perceptível em situações do quotidiano [18]. Com efeito, são frequentes as situações em que estudantes terminam os seus estudos com as mesmas falhas com que os começaram, um problema sobre o qual se debruçaram vários investigadores [4-8, 10, 11, 13, 15-17]. Algumas dessas falhas envolvem conceitos como massa, aceleração, força e velocidade e, segundo Halloun e Hestenes [6], elas ocorrem porque os quadros de referência em que os alunos se apoiam entram em conflito com os conceitos que lhes pretendemos comunicar. Exemplos de noções erradas são: o movimento constante de um corpo requer a actuação constante de forças; a aceleração e força são sinónimos; a geometria de um objecto e as suas propriedades físicas condicionam o seu movimento em queda livre no vácuo; corpos em repouso podem servir para parar ou alterar o movimento de um objecto em colisão sem serem agentes de força; etc.. O projecto compreende uma avaliação da funcionalidade do sistema, incluindo a adaptação dos utilizadores ao ambiente virtual, e da eficácia da sua utilização no ensino/aprendizagem da Física, incluindo a identificação das vantagens em relação aos métodos tradicionais. Para tal traçaram-se os seguintes objectivos:

— Elaboração de um conjunto de ambientes virtuais para analisar o potencial da imersão e percepção multi-sensorial no ensino e na aprendizagem da Física.

— Visualização e interacção com ambientes virtuais para desenvolver analogias e contrastes com a experiência diária. Interessam particularmente as matérias consideradas difíceis de ensinar e aprender, por exigirem maior capacidade de abstracção. Não havendo a possibilidade de ver e/ou sentir o objecto real, não existe um termo de comparação que facilite a criação de uma representação mental.

— Análise das dificuldades pedagógicas associadas a certas matérias para saber se elas se podem ultrapassar mais facilmente com base na manipulação de cenários virtuais em situações de complexidade crescente (usam-se representações múltiplas e diferenciadas dos mesmos fenómenos reais).

— Comparação dos progressos de aprendizagem obtidos com *hardware* específico para ambientes virtuais e com equipamento computacional tradicional, como simulações bidimensionais num ecrã de pequeno formato.

As diferenças permitirão clarificar a utilidade real do equipamento multisensorial de imersão e navegação em ambientes virtuais e contribuir para o *design* de novos equipamentos.

Para a concretização destes objectivos conceberam-se dois ambientes virtuais [14, 18]:

— O *Virtual-Physics Laboratory* constituído por duas bolas, um pêndulo, uma mesa, painéis de controlo de vários parâmetros (o coeficiente de restituição para cada bola, a magnitude e direcção da aceleração da gravidade, o coeficiente de atrito entre as bolas e a superfície de apoio) e instrumentos de medida (cronómetro digital, dispositivo para medição de distâncias e registo da trajectória das bolas). Neste tipo de ambiente podem realizar-se "experiências" que seriam de todo impossíveis no mundo real, como por exemplo anular ou inverter a gravidade.

— O *Newton World*, ambiente virtual para o estudo da colisão de partículas. É constituído por duas bolas de massa e dimensões variáveis, um corredor ladeado por colunas igualmente espaçadas e menus para selecção dos valores das massas, coeficientes de atrito, coeficientes de restituição e dimensões das bolas (Figura 1). Numa primeira versão as tarefas eram executadas na ausência de gravidade e de atrito, com vista à melhor compreensão das leis de Newton. É possível usar diferentes referenciais, como por exemplo o do centro de massa do sistema de bolas (Figura 2).

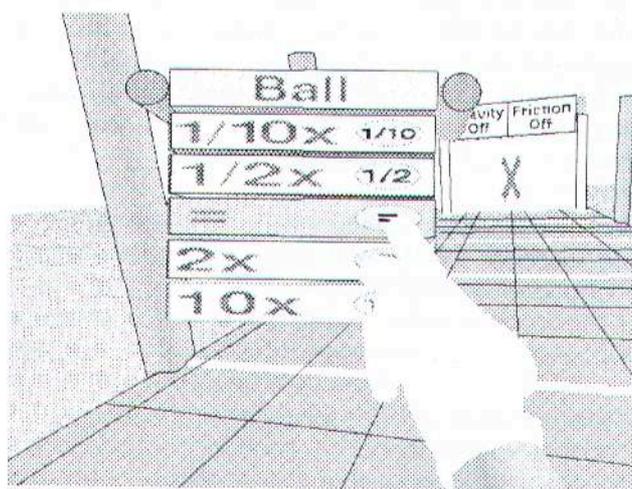


Fig. 1 — Um cenário do *Newton World*, ambiente virtual para o estudo da colisão de partículas. O utilizador altera com o dedo o valor da massa de uma das bolas. Excepto a mão, tudo na imagem é virtual, isto é, o cenário é criado computacionalmente.

As versões futuras destes dois trabalhos prevêem ambientes envolvendo conceitos mais sofisticados, nomeadamente princípios de conservação de energia, momento angular e quantidade de movimento.

Para testar neste projecto a eficácia da Realidade Virtual, foi escolhida uma população-alvo diversificada

com pessoas sem formação em Física e utilizadores com formação académica, como engenheiros por exemplo. Com os alunos nos anos iniciais da sua formação em Física, pretendeu-se conhecer os requisitos mínimos do

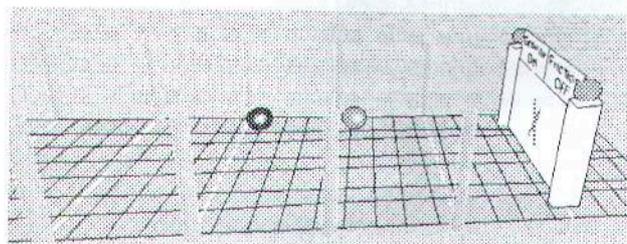


Fig. 2 — Duas bolas em rumo de colisão no ambiente virtual *Newton World*, numa situação em que é desprezado o atrito. A opção *In* no menu permite observar o sistema de bolas em colisão a partir do referencial do centro de massa. É claro que, na vida real, é perigoso estar no centro de massa de um sistema em colisão...

sistema virtual, a experiência necessária por parte do utilizador e o nível mais elementar do ensino da Física em que se podem usar estas tecnologias.

Toda a população foi submetida a um inquérito preliminar com vista a determinar o estado de saúde, a experiência anterior com este ou outros sistemas informáticos, o nível de conhecimentos, os interesses científicos, etc.. Depois, já inseridos no ambiente virtual, os sujeitos foram submetidos a um conjunto de testes práticos com vista a determinar as suas preferências pelas diversas modalidades de interface. Assegurou-se que o equipamento estava correctamente ajustado e havia equilíbrio fisiológico "dentro" do ambiente. Este equilíbrio é importante já que existem situações em que os utilizadores sofrem de mal-estar em resultado de conflitos cerebrais, por exemplo, quando os olhos captam acções e movimentos que não são acompanhados pelo ouvido interno.

Os resultados obtidos não permitem ainda cobrir a totalidade dos tópicos que se pretendiam avaliar. Contudo, em relação à funcionalidade e adaptabilidade ao sistema virtual há já algumas conclusões. Assim, os utilizadores mostraram alguns problemas na criação de pontos de referência e na utilização de algum *hardware* de *input* (o rato tridimensional) e *output* (o capacete de tecnologia de raios catódicos, devido ao seu peso). Por outro lado, manifestaram preferência pela utilização da voz como mecanismo de *input*, em vez do gesto, e preferência por este, em vez de menus.

Conclusões

No domínio das ciências exactas e naturais surgiram nos últimos anos alguns trabalhos que pretendem avaliar as aplicações da Realidade Virtual em processos de ensino e aprendizagem das ciências, em geral, e da Química e Física, em particular. Devido à complexidade e diversidade das variáveis a analisar, os resultados não são ainda muito conclusivos. Assim, novos estudos devem passar por uma maior abrangência nas amostras utilizadas para a avaliação, bem como por uma maior proximidade dos objectivos curriculares.

No entanto, uma coisa parece certa: se estas tecnologias, pelas suas características, permitem captar a atenção do aluno (seduzido pela aventura, o desafio e o jogo), oferecem decerto uma experiência pedagógica única e inesquecível. A aliança das vertentes educacional e lúdica numa mesma experiência torna-a extremamente poderosa. Algumas empresas compreenderam já a importância desta aliança, como é o caso da norte-americana *Evans & Sutherland*. Entre outros produtos para o mercado educacional, desenvolveu o planetário *Digistar II* capaz de simular movimentos de astros no espaço tridimensional e gerar efeitos especiais de navegação nesse espaço. Quer dizer, o aluno ou o espectador do planetário pode "entrar" dentro do Sistema Solar e acompanhar o movimento dos planetas...

É opinião consensual dos professores e educadores que nada pode substituir completamente o contacto com a realidade que nos cerca, o Mundo que é afinal o objecto das ciências físico-químicas. Mas é notável que possamos hoje, com a ajuda de computadores, criar mundos alternativos onde experimentemos as sensações de movimento e acção. Dado o ritmo a que estão a ocorrer progressos no domínio das tecnologias da informação e o presumível impacte desses progressos na ciência e no ensino, sugere-se que a comunidade científico-pedagógica se envolva em projectos de investigação e/ou divulgação de tecnologias desse tipo. De resto, a Realidade Virtual é apenas uma entre um leque de possibilidades que estão abertas e precisam de ser exploradas e avaliadas. É responsabilidade dos professores e educadores actualizarem, sempre que possível, os seus meios e técnicas de ensino, por forma a assegurarem aos seus alunos, em cada momento, os processos de aprendizagem que julgarem mais adequados.

Referências

Nota: devido à rapidez com que aparecem novas informações, algumas das referências citadas são endereços de páginas WWW na Internet. As figuras deste artigo foram também extraídas da Internet.

- [1] BRYSON, Steve: *Virtual Reality Takes on Real Physics Applications*, Computers in Physics **6** (1992) 346.
- [2] BYRNE, Chris: *High School Chemistry Education and Virtual Reality*, Human Interface Technology Laboratory, January 1996, http://www.hitl.washington.edu/projects/learning_center/publications.html
- [3] CAMACHO, Lurdes: *Memórias de um Tempo Futuro — Realidade Virtual e Educação*, Hugin, Lisboa, 1996.
- [4] CHAMPAGNE, Audrey B.; Klopfer, Leopold E. and Anderson, John H.: *Factors Influencing the Learning of Classical Mechanics*, American Journal of Physics **48** (1980) 1074.
- [5] CLEMENT, John: *Student's Preconceptions in Introductory Mechanics*, American Journal of Physics **50** (1982) 66.
- [6] HALLOUN, I. A. and Hestenes, D.: *Common Sense Concepts About Motion*, American Journal of Physics **53** (1985) 1056.
- [7] LAWSON, Ronald A. and McDermott, Lillian C.: *Student Understanding of the Work-Energy and Impulse-Momentum Theorems*, American Journal of Physics **55** (1987) 811.
- [8] McDERMOTT, Lillian C.; Rosenquist, Mark L. and van Zee, Emily H.: *Student Difficulties in Connecting Graphs and Physics: Examples from Kinematics*, American Journal of Physics **55** (1987) 503.
- [9] MORAVEC, Hans: *Homens e Robots — O Futuro da Inteligência Humana e Robótica*, Gradiva, colecção Ciência Aberta, n.º 57, Lisboa, 1992.
- [10] PROVIDÊNCIA, M. Constança: *Problemas Pedagógicos do Ensino da Dinâmica*, Gazeta da Física **8** (1985) 83.
- [11] PROVIDÊNCIA, M. Constança: *Problemas Pedagógicos do Ensino da Dinâmica-II*, Gazeta da Física **9** (1986) 25.
- [12] ROSE, Howard: *Assessing Learning in VR: Towards Developing a Paradigm Virtual Reality Roving Vehicles (VRRV) Project*, Human Interface Technology Laboratory, Report N.º TR-95-1, February 1995.
- [13] ROSENQUIST, Mark L. and McDermott, Lillian C.: *A Conceptual Approach to Teaching Kinematics*, American Journal of Physics **55** (1987) 407.
- [14] SCIENCE SPACE PROJECT: *The Potential Importance of Virtual Reality Technology for Science Instruction*, July 1994, <http://www.jsc.nasa.gov/cssb/vr/ScienceSpace/>.
- [15] TROWBRIDGE, David E. and McDermott, Lillian C.: *Investigation of Student Understanding of the Concept of Velocity in One Dimension*, American Journal of Physics **48** (1980) 1020.
- [16] TROWBRIDGE, David E. and McDermott, Lillian C.: *Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in One Dimension*, American Journal of Physics **49** (1981) 242.
- [17] WINN, William: *A Conceptual Basis for Educational Application of Virtual Reality*, Human Interface Technology Laboratory, January 1996, http://www.hitl.washington.edu/projects/learning_center/publications.html
- [18] YAM, Philip: *Surreal Science — Virtual Reality Finds a Place in the Classroom*, Scientific American **268** (1993) 103.

Jorge A. Trindade é Professor Adjunto na Escola Superior de Tecnologia e Gestão no Instituto Politécnico da Guarda e Carlos Fiolhais é Professor Associado no Departamento de Física da Universidade de Coimbra