

PULSAR

REVISTA DO NÚCLEO DE FÍSICA DO IST | 2º SEMESTRE 2013/2014 | EDIÇÃO 33 | DISTRIBUIÇÃO GRATUITA

FÍSICA COMPUTACIONAL

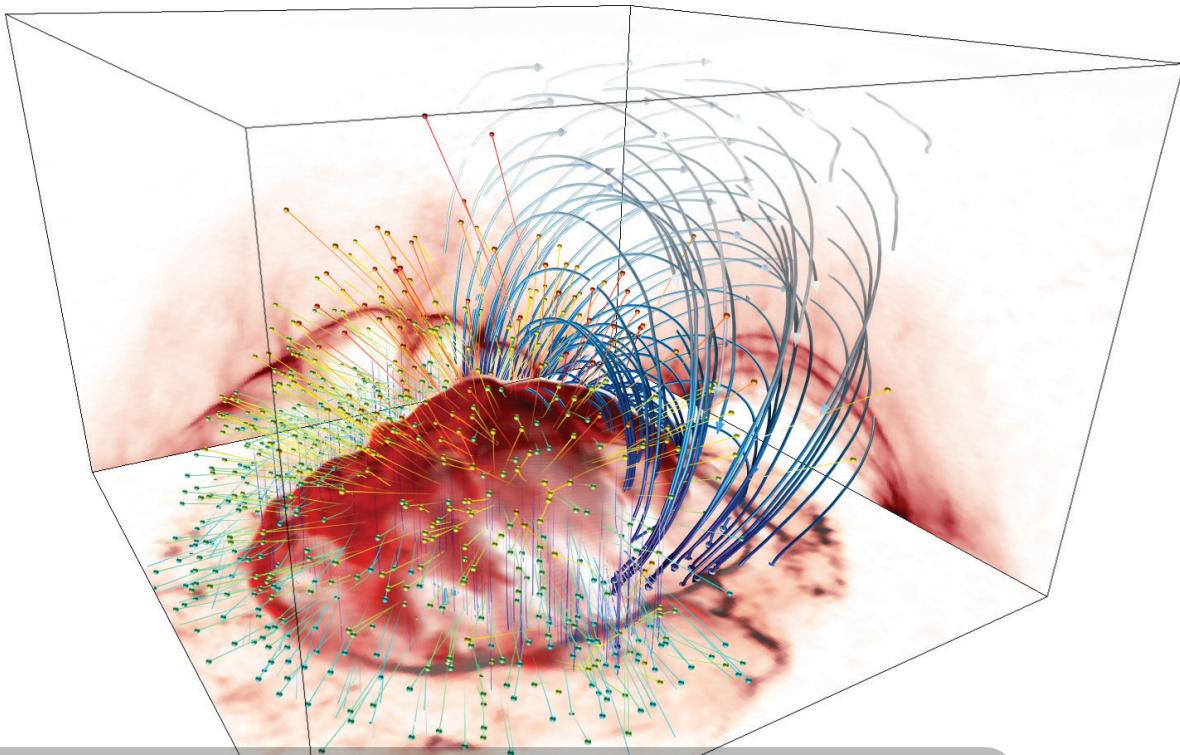
Entrevista com Luís O. Silva

ARTE E CIÊNCIA

Como a física ajuda a desvendar obras de arte

HEISENBERG NA TV

O que terá inspirado *Breaking Bad*?



Destaque acima: Mini-magnetosfera à superfície da lua, Paulo Alves, GoLP/IPFN.

Imagen de capa: Espaço de fases de iões acelerados numa onda de choque, Frederico Fiúza, Ricardo A. Fonseca e Luís O. Silva, GoLP/IPFN

Para mais informações, ver epp.tecnico.ulisboa.pt

Apoios



Parceiros



Ficha Técnica

Direcção:

Fábio Cruz
Francisco Nunes

Redacção:

Ana Valinhas, Andrea Santos, André Gonçalves, André Lopes, Filipe Thomaz, Francisco Nunes, Inês Figueiredo, João Braz, João Sabino, Lucas Martins, Patrícia Manso, Pedro Barbosa, Rita Costa, Sofia Santos, Teresa Domingues e Tobias Conde.

Autores convidados: Doutora Margarida Nesbitt Rebelo e Professor Vítor Rocha Vieira

Revisão de textos:

Francisco Nunes

Arte

Design e montagem: Fábio Cruz, Rita Costa

Produção

Impressão: LST, Artes Gráficas

Tiragem: 1300 exemplares

Contacto

Site: <http://pulsar:nfist.pt>

e-mail: pulsar@nfist.pt

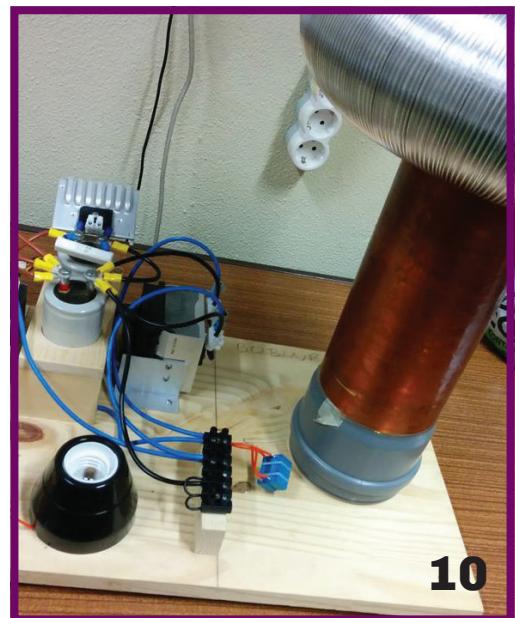
Morada: Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais, Instituto Superior Técnico, Edifício Ciência - Departamento de Física, 1049-001 Lisboa

Telefone: 218419075

Ext: 3075

Índice

- 4 Crónica “Os físicos de hoje - Juan Maldacena”**
- 5 Génio de Heisenberg inspira Breaking Bad**
- 6 Jornadas da Engenharia Física**
- 7 PEN - Programa de Estágios de Verão**
- 8 The shrinking proton**
- 10 O Circo já faísca!**
- 12 A Física Computacional**
- 14 Eficiência energética em casa**
- 16 O Bosão de Higgs, o CERN e o Prémio Nobel da Física 2013**
- 18 A arte sob o microscópio**
- 21 Física e tecnologia do Relógio**
- 22 Opinião: Para que a FCT torne a ganhar a confiança da comunidade científica**



Editorial

É com grande alegria que vos trazemos a edição 33 da PULSAR. Desta vez uns meses atrasado em relação ao habitual, mas quando a vida universitária se aproxima do final, o tempo não é das coisas que corre a favor.

E exactamente por se aproximar o final dos nossos (direcção) tempos no Instituto Superior Técnico, está na hora de passar o testemunho para os mais jovens. Está na hora de uma pequena despedida.

Não poderíamos deixar de agradecer ao Núcleo de Física, por nos ter ajudado e formado como pessoas e em nos apoiar em tudo o que precisámos. Em especial ao Sebastião, Fortunato e Cosme, sem vocês a PULSAR não era o que é. Aos directores das outras secções do NFIST e a todos os que nos ajudaram na distribuição da PULSAR por essas Semanas da Física fora. À Dulce e ao Paulo por estarem sempre disponíveis. Um grande obrigado a todos os Professores que sempre nos abriram as portas, quer para apoios quer para entrevistas, por todos os centros de investigação.

O nosso mais profundo e sincero obrigado para todos aqueles que escreveram para a PULSAR. Foram vocês que fizeram a PULSAR e estas edições existiram por vossa causa. Ao André Lopes (vénia) com recorde de capas, Filipe Thomaz e João Luís pelas crónicas, João Sabino e Sofia Santos por estarem sempre disponíveis. Ao André Boné, André Martins, João Braz e Miguel Jacques. Ao João Penedo, Francisco Lopes e Rogério. À incansável revisão do Jorge Páramos(!), ao Lucas e ao Vidal. Às fotos da Inês, aos textos da Ana e à contribuição da Teresa. À vontade e dedicação da Inês Figueiredo e ao interesse da Rita Costa, do André Gonçalves e da Patrícia Manso. São eles que vos vão continuar a fazer chegar a PULSAR.

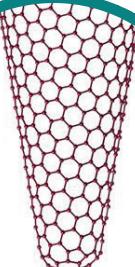
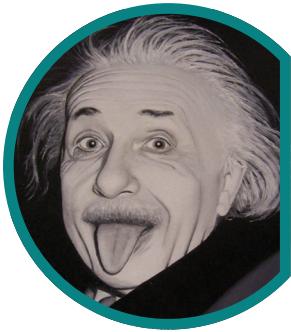
Esperamos que a geodésica da PULSAR continue a evitar singularidades.

Obrigado e até à próxima,

Fábio Cruz
Francisco Nunes

Então, Einstein?

Considerado por muitos um dos físicos mais influentes de toda a história, Albert Einstein deixou um manuscrito escondido dos olhos dos cientistas por muitos anos. Pelo que consta, Einstein tinha proposto uma teoria que contrariava a do Big Bang, dizendo que o Universo não se expandia eternamente. Einstein rapidamente abandonou esta ideia, mas este texto, escrito em 1931 e descoberto 20 anos mais tarde por Fred Hoyle, revela bem a relutância que o gigante sentia em acreditar que o Universo vinha de uma simples explosão.



Não é Duracell mas dura... dura... dura... Cada vez mais

Investigadores americanos deram um passo tecnológico que vai agradar a todos. Num laboratório da Northwestern University, através de uma técnica de ultra-centrifugação, descobriram que conseguem armazenar mais iões de lítio em nanotubos de carbono metálicos do que em nanotubos de carbono semi-condutores. Descobriram ainda como é possível armazenar mais iões nestes últimos do que aqueles que se armazenam agora.

Teletransporte de Energia

O físico japonês Hotta ultrapassou a barreira física que apenas permitia teletransportar energia a distâncias muito pequenas (da ordem dos 10^{-35} m). A ideia de Hotta é usar o conhecido mistério do *quantum entanglement*, sistemas quânticos que guardam a sua informação independentemente do local onde estão as partículas que o constituem, como se estivessem ligadas entre si. Assim, se for injectada energia numa das partículas de um sistema devidamente preparado, este acréscimo de energia pode ser medido noutra partícula do mesmo sistema, qualquer que seja a distância entre elas.



Os físicos de hoje - Juan Maldacena

por Sofia Santos, aluna do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. Mecânica, IST

Maldacena nasceu a 10 de Setembro de 1968, em Buenos Aires. Ainda pequeno, queria ser engenheiro e seguir as pegadas do seu pai. Contudo, a vida trocou-lhe as voltas e no Secundário a Física cruzou o seu caminho e espicaçou-lhe a curiosidade. Licenciado em Física no Instituto Balseiro em 1991 e doutorado em 1996 na Universidade de Princeton, foi nomeado em 1997 professor associado em Harvard, o mais jovem na história da instituição.

No mesmo ano, Juan Maldacena colocou a hipótese de que a Teoria de Cordas, num extremo de um buraco negro, é bem descrita pelo limite de baixas energias de uma Teoria de Gauge. Apesar de a formulação ser válida, apenas no ano passado (2013) é que Yoshifumi Hyakutake, em conjunto com os seus colegas da Universidade Ibaraki no Japão, forneceram evidências fortes da sua veracidade. A conclusão dos vários artigos publicados por Hyakutake foi de que os cálculos feitos eram concordantes

com a hipótese de Maldacena: a termodinâmica de um buraco negro pode ser reproduzida a partir de um universo de menos dimensões.

A ideia de Maldacena tem vindo a ganhar popularidade por oferecer uma maneira de traduzir equações entre as teorias da mecânica quântica e da relatividade geral, permitindo resolver no formalismo de uma problemas que eram matematicamente intratáveis no formalismo da outra.

Em termos de reconhecimento, ganhou o Prémio Yuri Milner de Física Fundamental de 2012, e o Konex de Brillante o ano passado. Também, em 2013, Maldacena foi nomeado membro pela Academia Pontifícia das Ciências, tendo já sido consagrado em 2002 com a Medalha Pio XII, por João Paulo II.

Actualmente é professor no Instituto de Estudos Avançados de Princeton, tendo a sua investigação profundas implicações no entendimento da gravidade quântica. ■



Génio de Heisenberg inspira Breaking Bad

por João Braz, aluno do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Quem foi, de facto, Werner Heisenberg e porque terá Vince Gilligan, a mente criativa por trás do enredo da série televisiva *Breaking Bad*, escolhido o nome de um conceituado físico teórico para o nome falso de um químico fora-da-lei?

Poderemos seguramente afirmar que, quando Werner Heisenberg se preparava para publicar, no ano de 1927, aquela que viria a ser a sua mais conhecida contribuição para o entendimento da Mecânica Quântica, nunca terá pensado que o seu nome viria a ser tão conhecido fora da comunidade científica. Das suas mãos saiu o famigerado Princípio de Incerteza de seu nome, que, devido às suas implicações, aparentemente misteriosas mas conceptualmente simples, ocupa já centenas de páginas de dezenas de livros de divulgação científica e *pop-science* e de manuais escolares. É tão famoso ao ponto de servir propositadamente de pseudónimo da personagem Walter White. White é um químico talentoso mas profissionalmente mal-sucedido que, ao deparar-se, subitamente, com um arrasador cancro de pulmão, aplica o seu conhecimento e intelecto à produção de metanfetamina, numa tentativa desesperada de assegurar a futura estabilidade financeira da sua família no pouco tempo a que a sua vida se reduziu. Falamos do protagonista daquilo a que se pode chamar uma epopeia do século XXI: a série televisiva *Breaking Bad* (traduzido para português como *Ruptura Total*).

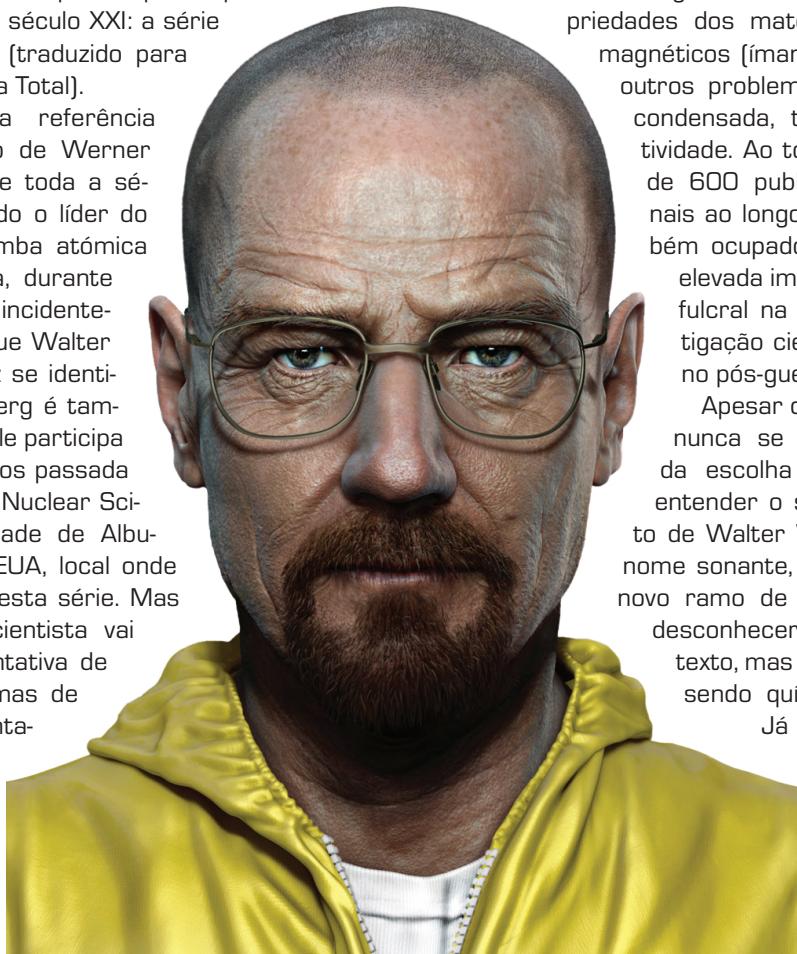
Infelizmente, a única referência que se faz ao trabalho de Werner Heisenberg, ao longo de toda a série, é o facto de ter sido o líder do desenvolvimento da bomba atómica por parte da Alemanha, durante a 2ª Guerra Mundial. Coincidenteamente, o episódio em que Walter White pela primeira vez se identifica pelo nome Heisenberg é também o episódio no qual ele participa numa reunião de negócios passada no National Museum of Nuclear Science & History na cidade de Albuquerque, New Mexico, EUA, local onde se desenrola a acção desta série. Mas a contribuição deste cientista vai muito para além da tentativa de desenvolvimento de armas de destruição massiva (tentativa, diga-se, porque este seu esforço não foi bem sucedido, especula-se, intencionalmente) e do seu conhecido Princípio de Incerteza, ten-

do Heisenberg sido laureado com o Prémio Nobel da Física em 1932 (com apenas 31 anos de idade!), atribuído por nada menos do que “pela criação da Mecânica Quântica e pelas suas aplicações, em particular, as que conduziram à descoberta das formas alotrópicas do hidrogénio”.

De facto, Werner Heisenberg desenvolveu com sucesso (e em conjunto com os seus colegas Max Born e Pascual Jordan) uma teoria que descrevia, com exactidão, toda a física atómica que se tinha vindo a descobrir e, perseverantemente, aplicou-a na resolução de problemas fundamentais da Física do seu tempo. Entre eles contam-se a explicação das transições entre níveis de energia de átomos e moléculas quando expostos a radiação, entre outras contribuições para a física atómica e molecular; o modelo para a estrutura protão-neutrão do núcleo do átomo e a produção de partículas resultante de raios cósmicos na atmosfera, bem como numerosos outros avanços em física nuclear e de partículas de altas-energias; o desenvolvimento do ferromagnetismo, modelo que explica as propriedades dos materiais permanentemente magnéticos (ímanes), e de estudos sobre outros problemas de física da matéria condensada, tal como a supercondutividade. Ao todo, Heisenberg fez mais de 600 publicações científicas originais ao longo da sua vida, tendo também ocupado cargos académicos de elevada importância e tido um papel fulcral na reconsolidação da investigação científica Alemã e Europeia no pós-guerra.

Apesar de o próprio Vince Gilligan nunca se ter pronunciado acerca da escolha deste nome, podemos entender o seu propósito no contexto de Walter White: Heisenberg é um nome sonante, que a população do seu novo ramo de negócios provavelmente desconheceria de qualquer outro contexto, mas com o qual Walter White, sendo químico, está familiarizado.

Já para não falar dos paralelismos que se poderiam traçar entre as interpretações do percurso de Walter White e o Princípio de Incerteza de Heisenberg, se bem



que num sentido extremamente lato do seu verdadeiro significado. Por outro lado, num paralelismo mais pesaroso, também Werner Heisenberg sofreu e acabou por falecer vítima de cancro, no seu caso dos rins e bexiga.

Porém, poderá ainda pairar na cabeça de alguns leitores o que terá o trabalho de um físico teórico como Heisenberg a ver com química. Esta relação está implícita na própria motivação da atribuição do Prémio Nobel: a formulação da Mecânica Quântica foi fundamental no entendimento da estrutura dos átomos e das ligações inter e intra-moleculares, tendo permitido largos avanços na química do século XX, tanto que, ainda hoje, a Química Quântica é um sub-ramo activo da Química-Física nas vertentes teórica e experimental. Na verdade, poderíamos, em princípio, descrever as propriedades e efeitos do blue ice de Heisenberg a partir da mecânica quântica da molécula [S]-N-metil-1-fenil-propan-2-amina! Mas, voltando ao nosso ponto de partida, podemos certamente afirmar que Heisenberg não terá pensado nisso quando, em 1927, se preparava para publicar o seu Princípio de Incerteza. ■



Os argumentistas da série foram aconselhados cientificamente ao longo das temporadas.

Jornadas da Engenharia Física

por André Gonçalves, aluno do 1º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Entre os dias 25 e 27 de Fevereiro o ambiente do Complexo Interdisciplinar foi de ideias novas, conceitos revisitados e muitas sugestões para o futuro de todos os que estudam Física.

Empresas na vanguarda da tecnologia, bem como alguns professores universitários discursaram perante uma plateia curiosa, onde expuseram em pequenas palestras de 25 minutos ideias desde a "Evolução do Universo" e a "Física do Surf" ao interior de uma empresa tecnológica, passando pela divulgação de ideias em Ciência, onde não podia deixar de faltar a apresentação da própria revista PULSAR.

A segunda edição das Jornadas de Engenharia Física organizadas pelo Núcleo de Física do IST teve lugar no Com-

plexo Interdisciplinar do Instituto Superior Técnico. Para este encontro vieram também ex-alunos do curso de MEFT (Mestrado Eng. Física Tecnológica) que puderam mostrar aos mais novos algumas das possíveis saídas e alguns futuros que poderão acabar por seguir. Desde a Universidade do Minho à Faculdade de Ciências e Tecnologias, sem deixar de parte a Universidade de Lisboa, alunos e oradores foram sempre recebidos pelo Departamento de Física do Técnico bem como por todos aqueles que os queriam ouvir.

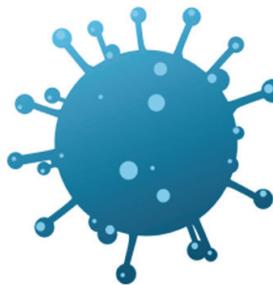
"Considero que há necessidade de se realizar eventos deste tipo" revela-nos a Professora Manuela Ramos (FCT-UC), "a Engenharia Física é talvez a Engenharia menos conhecida. Se se tornar mais conhecida pelo público em geral, a entrada dos estudantes finalistas no mercado de trabalho torna-se mais fácil". Este é, aliás, um dos propósitos das Jornadas: o poder consolidar a Engenharia Física como uma das áreas inovadoras no mercado e que pode levar a grandes progressos tecnológicos e científicos. O enfase nas capacidades que os alunos de cursos obtêm foi também destacado por diversos oradores sendo "versátil" a expressão mais utilizada para descrever a principal característica destes alunos.

Mas não só de conferências se fez este evento, houve ainda espaço para uma observação astronómica a cargo da secção de Astronomia do NFIST e uma visita ao ISTTOK, o Tokamak do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear.

Foram três dias intensos de grande actividade Física onde houve lugar para perceber a direcção da Física no futuro próximo que se avizinha. Quer aos interessados em investigação em Ciência, quer aos de Investigação e Desenvolvimento, as Jornadas continuam a ser um sítio para todos os curiosos. Até para o ano. ■



Sessão de abertura das Jornadas de Engenharia Física



PEN

Programa de Estágios de Verão

por Ana Valinhos, aluna do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. Biológica, IST

Nesta edição da PULSAR quisemos melhorar o nosso CV. Ana Valinhos foi aprender com o Núcleo de Engenharia Biológica (NEB) do Técnico a melhor maneira de o fazer.

Já sabes o que vais fazer este Verão?" é uma pergunta que faz parte de muitas conversas estudantis. A resposta vai dos festivais ao Interrail da praxe, mas também passa pelos estágios de verão. Esta última opção é a resposta de vários alunos de Engenharia Biológica, graças ao PEN (Programa de Estágios do Núcleo de Eng. Biológica) criado pelo NEB.

Esta iniciativa única no IST, que já vai na segunda edição, foi criada por um grupo de alunos que integravam a antiga direcção do Núcleo e que por iniciativa própria procuraram ter uma experiência profissional fora do Técnico. Apesar de terem tido sucesso, decidiram tornar o programa oficial e na última edição conseguiram acordos com vários institutos e empresas nacionais, angariando um total de 79 vagas. Do leque de opções constam prestigiados institutos, tais como o Instituto Gulbenkian de Ciência, o ITQB (Instituto de Tecnologia Química e Biológica) e reconhecidas empresas da área como a Atral Cipan e a Sumol+Compal.

sua perspectiva do que era trabalhar numa empresa mas afirma que ficou surpreendida pela positiva. "Tinha a responsabilidade, que já ia mentalmente preparada para ter", explica em entrevista à PULSAR, "mas no global, o ambiente [...] era muito mais leve do que a ideia com que eu ia para lá inicialmente". "Pensava que o ambiente ia ser muito rígido, [...] que não ia haver muito convívio e enganei-me redondamente", disse a aluna. "As pessoas eram fantásticas, quer a nível de trabalho, quer a nível pessoal". Tal como a maioria dos estudantes que já fez um estágio na área científica afirma que "se tivesse ido para outro país fazer o mesmo estágio receberia um ordenado enquanto que aqui recebemos uma ajuda simbólica". No entanto, destacando o esforço feito pelos colegas do NEB, confessa que compensou participar nesta experiência.

Numa perspectiva da área de investigação, falámos com Inês Almeida, também aluna do 4º ano, que realizou o estágio no ITQB. "Deu para ter uma noção do dia-a-dia de alguém que tem um emprego nesta área e de técnicas laboratoriais que não exploramos nas aulas", afirmou Inês Almeida. Observando a realidade da investigação em Portugal, acrescenta que "cada laboratório tem o seu financiamento, só que como [o instituto] é um espaço aberto podes ir ao laboratório do lado pedir alguma coisa, apesar de não ser tua. Isto poderá ser um ponto negativo porque acabas por não ter tanta gerência sobre o teu dinheiro e tantas coisas ao dispor, mas acaba por ser compensado pelo facto de haver um espírito de entreajuda". Referindo-se ao programa de estágios é da opinião que seria benéfico haver mais propostas de estágios da parte de empresas.

Ricardo Caroço, presidente da direcção do NEB adianta que na "próxima edição, o objectivo não será necessariamente aumentar o número de estágios, mas sim trabalhar com as informações que temos das avaliações anteriores e apostar na continuidade dos estágios que mostraram ter qualidade". "Também se trabalhará no sentido de arranjar novas oportunidades, em áreas de acção do engenheiro biológico, ainda mais diversificadas." No que diz respeito às bolsas confessa que "é um desafio manter os valores da edição passada", já que "em jogo estão os cortes que se verificaram na primeira fase do 'novo' concurso das bolsas de actividades extracurriculares da ULisboa para as actividades dos grupos de estudantes do IST" que representam uma quantia razoável do valor total das bolsas. ■



NEB
Núcleo de Engenharia Biológica
do Instituto Superior Técnico



Filipa Sousa e Ana Rosa nos estágios promovidos pelo NEB.

Os candidatos propõem-se a um máximo de cinco programas de estágio, tendo de apresentar o CV e uma carta de motivação para cada uma das opções escolhidas. Sendo que todos os estágios são não-remunerados, o Departamento de Bioengenharia disponibilizou um fundo que permitiu a 27 dos alunos usufruir da Bolsa PEN, criada para cobrir encargos de transporte e alimentação. Esta bolsa pode variar entre os 63, 125 e 188 euros para quem realiza um, dois ou três meses de estágio respectivamente.

Rita Rosa, aluna do 4º ano, fez um estágio na DNATech. Reconhece que a experiência não mudou radicalmente a

The shrinking proton

por Inês Figueiredo, aluna do 2º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Uma equipa de investigadores internacional verificou que o protão é, afinal, mais pequeno do que o assumido até agora pela comunidade científica. Este resultado surpreendente foi obtido numa experiência com um nível de precisão sem precedentes, tendo sido capa da prestigiada revista Nature. A PULSAR esteve à conversa com João Veloso, colaborador português na experiência.

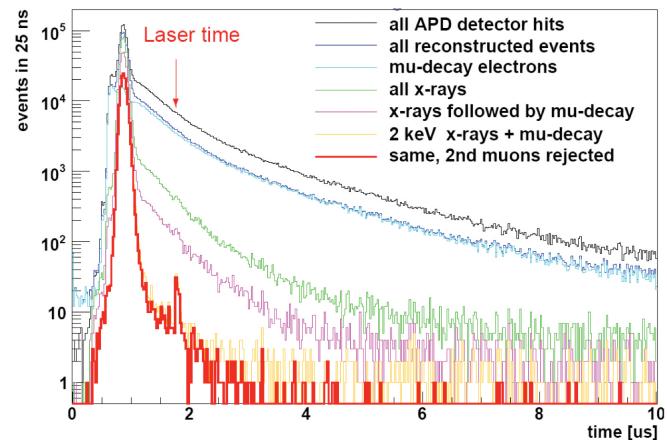
O valor obtido nesta experiência para o raio do protão é dez vezes mais preciso do que valores anteriores mas, surpreendentemente, 4% menor do que o valor assumido até agora. As causas desta discrepância estão ainda por esclarecer; não se sabendo actualmente qual o alcance das suas implicações na Física, tanto na teoria QED (Electrodinâmica Quântica) como na constante de Rydberg.

A experiência, que decorreu no Paul Scherrer Institute, Suíça, é inovadora, utilizando hidrogénio muónico como ponto de partida para uma maior precisão. O hidrogénio muónico é semelhante ao hidrogénio corrente, mas tendo o seu electrão substituído por um muão. Como o muão é cerca de 200 vezes mais pesado que o electrão, o seu raio orbital é consideravelmente menor, pelo que as funções de onda do muão têm um entrelaçamento bastante maior com as funções de onda do protão. Este facto permite-nos uma precisão 10 vezes superior à conseguida utilizando hidrogénio corrente.

A equipa portuguesa foi responsável pelo sistema de detecção de raios X, um dos sistemas mais relevantes da experiência e teve um papel importante no desenvolvimento do sistema de aquisição e processamento dos sinais desses detectores.

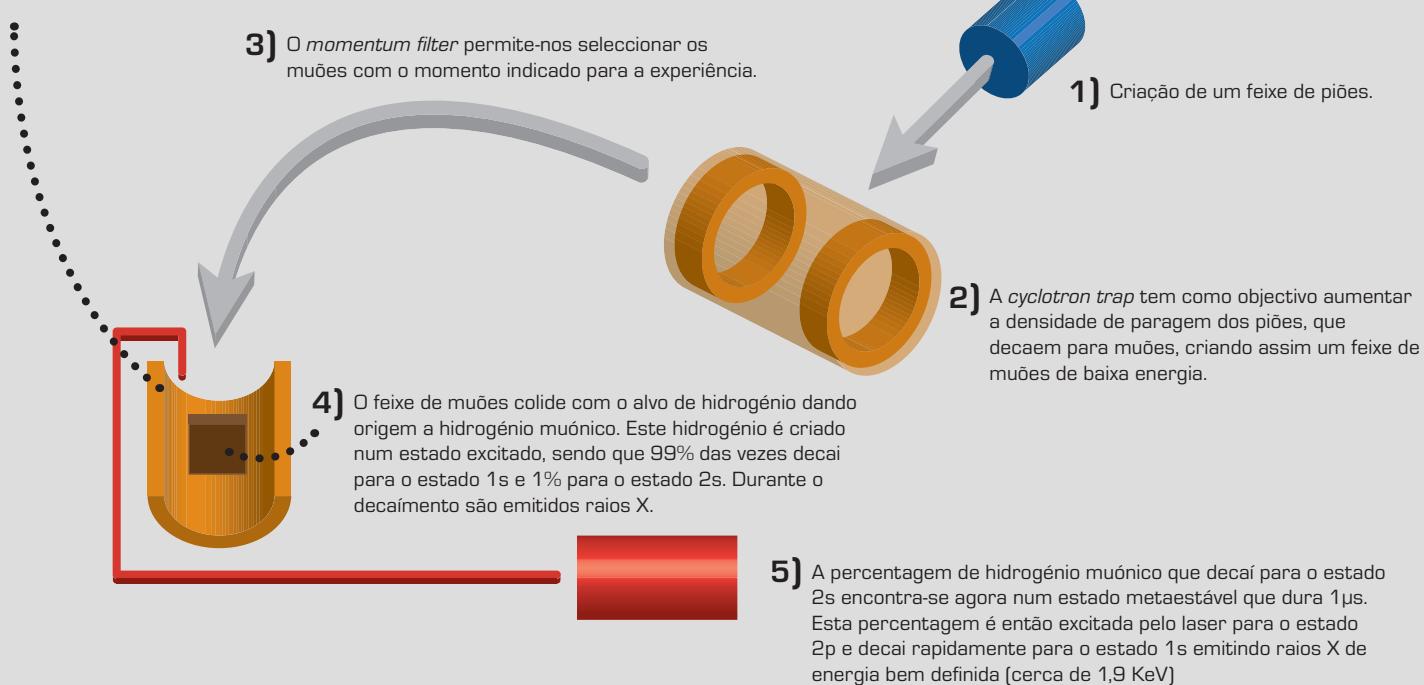
- 6] Os detectores de raios X detectam ambas as emissões, uma primeira referente à criação do hidrogénio muónico (*prompt*) e uma segunda ao decaimento induzido pelo laser. Esta segunda emissão de raios X permite-nos estudar o raio do protão.

Análise de Resultados



Neste gráfico são apresentados todos os eventos detectados em função do tempo. As sucessivas linhas com decréscimo de número de eventos correspondem às análises realizadas no sentido de eliminar eventos não relevantes. Podemos observar que a análise foi necessária para a detecção do pico imediatamente após o disparo do laser, pico este que nos dá a energia de transição 2s-2p e nos permite o cálculo do raio do protão.

O pico inicial corresponde à primeira emissão de raios X na formação do hidrogénio muónico.



Entrevista

PULSAR (P): Como se envolveu no projecto?

João Veloso (JV): Durante o meu doutoramento, desenvolvemos detectores de raios X de baixa energia com sistemas muito pouco sensíveis a campos magnéticos. Estes detectores eram da maior importância para a experiência, uma vez que esta se realiza sob influência de campos magnéticos muito intensos, na ordem dos 5 Tesla.

Assim, fomos contactados pelos responsáveis da experiência no sentido de desenvolver um detector que operasse nas condições indicadas e que preenchesse todos os requisitos necessários. Um dos mais relevantes seria ter uma resolução-energia abaixo dos 20% para energias inferiores a 2 keV.

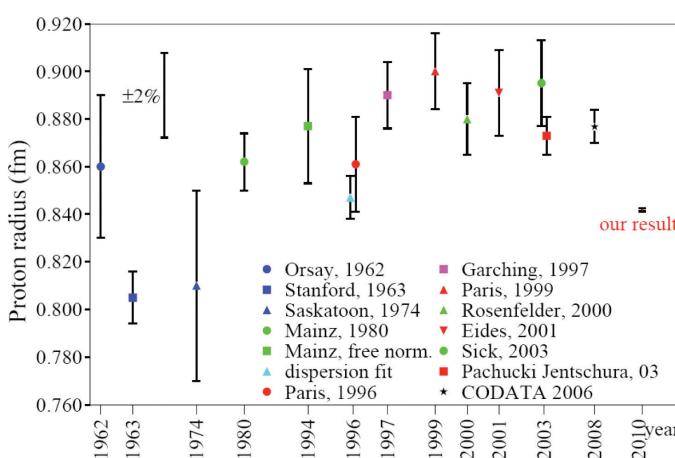
Dois elementos responsáveis pela experiência visitaram-nos em Coimbra como primeira abordagem, e a colaboração foi iniciada.

P: Como era realizada a gestão da equipa?

JV: A experiência foi pensada por Franz Kottmann e David Taquu do Paul Scherrer Institute, Suíça, que se tornaram os líderes naturais, organizando toda a gestão do trabalho e efectuando a articulação dos elementos. Recentemente essa função tem sido desempenhada por Randolph Pohl do Max-Plank Institute, Alemanha.

A equipa tinha cerca de 35 elementos de vários grupos de investigação, entre os quais alunos de doutoramento e colaboradores de pós-doutoramento. O grupo português foi gerido pelo professor Joaquim Santos da Universidade de Coimbra.

Na nossa participação deslocámo-nos diversas vezes por ano à Suíça, sendo parte da investigação feita lá, quando os detectores estavam a operar e, parte em Portugal, no desenvolvimento. Foi um trabalho contínuo com picos de intensidade nas viagens.



Comparação dos resultados obtidos em várias experiências para o raio do protão. É evidente a grande precisão do resultado obtido por esta colaboração.

P: Foi uma experiência gratificante?

JV: Foi bastante positivo, uma vez que o convite que recebemos teve origem no trabalho que estava a desenvolver no meu doutoramento. O facto de acabarmos

por ter resultados diferentes dos que esperávamos foi surpreendente e estimulante.

Sendo um trabalho iniciado em 1999 pude relacionar-me e conhecer diferentes pessoas, acabando por se formar uma equipa fantástica com uma excelente interacção entre os membros e uma amizade que se criou ao longo dos anos.

Nós fazemos ciéncia, mas também vivemos ciéncia e temos que tirar partido disso em termos de vivéncia, não só na parte científica como também noutros campos importantes, nomeadamente, atingir objectivos se lutarmos e trabalharmos por eles, indo além do que era esperado.



Fotografia do primeiro detector desenvolvido.

P: E em relação ao surpreendente resultado?

JV: Só em 2010 é que obtivemos o resultado final, exactamente devido à discrepancia em relação ao valor esperado. Uma vez que as medidas foram iniciadas na região dos valores anteriormente medidos, o número de eventos era muito baixo. Não estávamos a disparar o laser para os valores onde finalmente encontrámos a ressonância.

No entanto, toda a experiência foi calibrada e temos referências que permitem garantir que todas as medições estavam correctas. Foram inclusivamente feitas confirmações redundantes utilizando diferentes métodos, nomeadamente utilizar o valor obtido para o raio do protão para calcular outro salto energético e em seguida confirmar o novo valor com a montagem, estudo que foi publicado pela colaboração na revista Science em 2013. Foi obtida uma concordância com os valores da espectroscopia do hidrogénio muónico. A comunidade científica aferiu todas as condições experimentais.

Sabemos que os valores são realmente distintos pois as barras de erros associadas aos diferentes métodos não se cruzam. Será difícil obter resultados tão precisos quanto os nossos em experiências distintas exactamente pelas características do hidrogénio muónico. Tem havido uma grande discussão em relação à discrepancia, existindo bastantes artigos científicos no assunto, e, até agora, ainda não foi encontrada uma explicação clara. ■

O Circo já faísca!

por Lucas Martins, aluno do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. Electrotécnica e de Computadores, IST

Há cerca de 100 anos atrás, mais precisamente em 1891, Nikola Tesla inventou o que hoje é conhecido por Bobina de Tesla. Desde então, muitas pessoas têm seguido as suas pegadas e construído os seus próprios "Teslas". E nós, no Circo da Física, não conseguimos evitar não construir a nossa própria bobina.

Tesla inventou a sua bobina com o intuito de transmitir electricidade através do ar; isto é, conseguir ter energia sem fios. A sua ideia era montar várias bobinas em várias partes do mundo. Para se ter energia, nas casas por exemplo, apenas seria necessário ter uma bobina receptora capaz de converter a energia numa forma útil.

Infelizmente, a concretização do projecto de Tesla não foi possível por falta de fundos dos seus investidores, que se recusaram a apoiar mais pesquisas. No entanto, o seu trabalho é ainda hoje usado; no interior dos rádios encontramos um sistema de bobinas semelhante ao usado inicialmente por Tesla.

600 V se obtém fazendo alternar os 300 V obtidos através da rectificação dos 220 V da rede pública).

Devido à muito alta tensão e frequência, a energia libertada pela bobina tem extrema facilidade em ionizar o ar ao seu redor, criando faíscas de tamanhos que chegam a ser superiores ao próprio tamanho da bobina. Além disso, a corrente eléctrica sofre o chamado efeito de superfície: devido à alta frequência do sinal, a sua profundidade de penetração nos meios é muito baixa, ou seja, desloca-se sempre muito próxima da superfície do objecto que a conduz. Isto faz com que seja possível recolher estas faíscas e descarregar a energia acumulada na bobina para a terra através de uma pessoa. Embora se aplique uma muito alta tensão na pessoa, por esta corrente se deslocar junto à superfície da pele, não há o risco de atingir nem órgãos internos nem os nervos que se encontram na epiderme – o ser humano não sente a passagem da corrente pelo corpo.

Por outro lado, a quantidade de energia libertada pela



As bolas de plasma são uma forma de bobina de Tesla (esq.). Há imagens e vídeos impressionantes de bobinas de Tesla (dir.).

Bobina de Tesla 101

A bobina de Tesla é, na realidade, um conjunto de duas bobinas que formam um transformador. A bobina principal é um enrolamento de aproximadamente 10 espiras de fio eléctrico, a bobina secundária é um enrolamento com aproximadamente 1000 espiras. Tudo o que é preciso fazer é alimentar com corrente alternada o enrolamento primário do transformador e obtém-se as características faíscas da bobina de Tesla à saída do secundário do transformador, que se encontra ligado ao toro de alumínio colocado por cima da bobina secundária. Para uma bobina de Tesla alimentada directamente a partir da rede eléctrica, consegue-se uma tensão de saída de cerca de 60 kV (100x600V, em que os

bobina de Tesla é suficientemente elevada (entre os 2000 e os 4000 W) para activar e alimentar outros aparelhos eléctricos, tais como lâmpadas, que se acendem quando atingidas por uma faísca.

How things work

Existem vários modos de controlar a frequência de oscilação da corrente para que se alcance a ressonância. Os dois métodos mais comuns de o fazer são: método do *spark gap* e método *solid-state*.

O primeiro é um método mais simples, em que se utiliza um condensador e dois eléctrodos separados por ar, o chamado de *spark gap*. O condensador carrega até que

a diferença de potencial no gap é suficiente para que o ar seja ionizado, formando então uma faísca e descarregando o condensador através da bobina primária do Tesla. Controlando o espaçamento do gap faz-se com que o condensador tenha que carregar mais (ou menos) até que ocorra uma disruptão, modificando assim o intervalo entre disruptões, e a frequência de oscilação da corrente na bobina. Este método é o mais simples mas cujo controlo é menos preciso.

A outra categoria de bobinas de Tesla são as chamadas de Bobinas de Tesla de Estado Sólido, e é nesta categoria que a nossa se insere. Aqui o controlo da corrente na bobina é efectuado por um conjunto de transístores de tipo FET (Field Effect Transistor) em formato de ponte H, que funcionam como interruptores que permitem a alimentação do circuito e a inversão do sentido da corrente na bobina primária. Uma antena montada junto à bobina secundária capta as alterações do campo magnético e funciona como um sistema de retroacção negativa. Este processo repete-se, sendo que a frequência de alternação irá tender para a frequência de ressonância, alcançando-se assim a situação em que se acumula e liberta o máximo de energia nas descargas da bobina de Tesla.

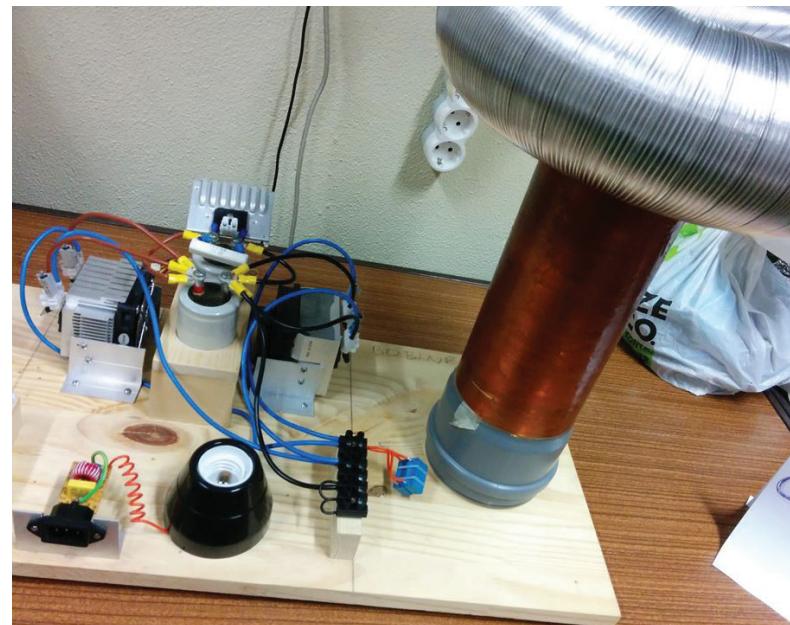
A nossa bobina

Começámos por criar a 'Taskforce: TESLA' , um grupo de pessoas dispostas a trabalhar para levar avante a construção da nossa bobina. Através de reuniões mais ou menos periódicas, um grupo no Facebook, e muitos imprevistos pelo caminho lá conseguimos definir três grupos de trabalho dentro da nossa 'taskforce': O grupo do controlo, responsável pela construção da parte electrónica, o grupo da potência, responsável por construir os transístores que encaminham a energia para a bobina de Tesla, e o grupo da bobina, responsável pela construção da parte física da bobina.

Mas como se pode imaginar, não foi sem precalcós que chegámos ao fim: da primeira vez que testámos a bobina um curto-circuito queimou os transístores que regulam o circuito da bobina, de tal forma que um dos transístores explodiu. Chegámos a pensar renomear a bobina de Tesla como uma máquina de fogo-de-artifício.. Mas depois de uma preciosa ajuda (do João Fortunato, ex-MEFT), o Tesla finalmente funcionou! Estamos agora a aprimorar o seu funcionamento, para que em breve possa ser demonstrada ao público em geral. Stay tuned! ■

Optimizar a bobina

Para que seja transferida o máximo de energia possível através do transformador, é necessário que a frequência da corrente alternada fornecida seja a equivalente à frequência de ressonância deste transformador. Para a bobina de Tesla esta frequência tem um valor elevado, cerca de 250 kHz – frequência de oscilação 5000 vezes maior que a que encontramos nas nossas tomadas. Como o rácio entre a tensão à saída e à entrada do transformador se pode aproximar pelo rácio entre o número de espiras na bobina secundária e na bobina primária, a tensão de saída é cerca de 100 vezes superior à da entrada.



A nossa bobina actual. Brevemente estará pronta para exposição.

Thank you, come again!

O Circo agradece a todas as pessoas envolvidas na projecção e execução da Bobina de Tesla.



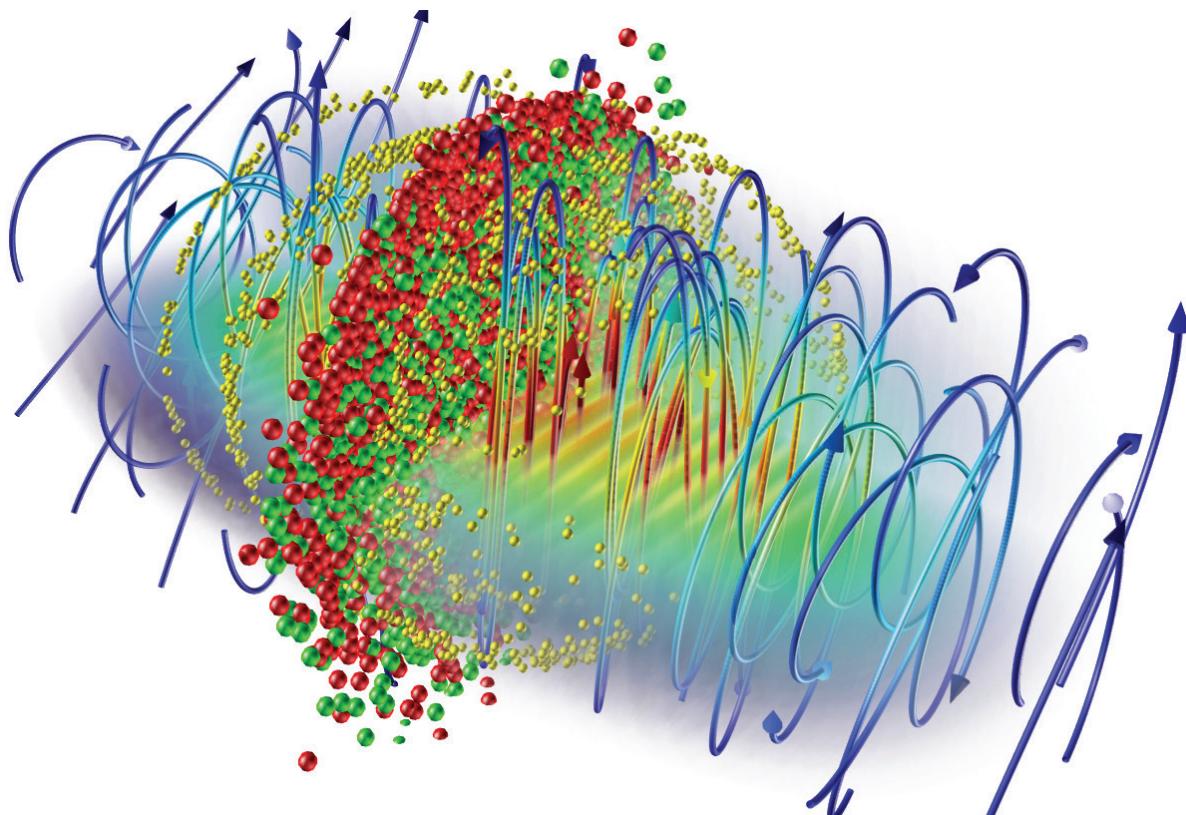
João Fortunato
Sr. Manuel (Bob. Campolide)
Sofia Freitas
Nuno Teixeira
Yoeri Brouwer
Inês Figueiredo
Filipe Novais
Rita Borrego

Matheus Marreiros
Inês Terrucha
Miguel Ribeiro
Pedro Pereira
Gonçalo Castro
Clara Pereira
Carolina Amoedo

A Física Computacional

como ponte entre teoria e experiência

por André Lopes, aluno do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST



Visualização do ano 2013, GoLP: Criação de um plasma de electrões e positrões no foco de dois lasers intensos. Esta simulação envolve o acoplamento do algoritmo PIC (ver caixa na página seguinte) com um algoritmo que descreve os processos de electrodinâmica quântica neste cenário. Créditos: Thomas Grismayer, GoLP/IPFN

Durante séculos, muito antes do aparecimento do primeiro computador, toda a Ciência foi construída num paradigma que distingua dois pilares fundamentais: a Teoria e a Experiência. Até aos anos 50 do século passado, havia uma separação entre aqueles que trabalhavam em cada um estes dois pilares. Na Física, como ciência experimental, a teoria sempre foi complementada com a verificação experimental dos fenómenos previstos.

É a partir desta altura que o paradigma sofre uma alteração, quando surge "o terceiro pilar: a Computação" como refere o Professor Luís Silva à PULSAR. Foi no desenrolar da 2.ª Guerra Mundial, quando o Projecto Manhattan foi criado, que a necessidade de poder estudar fenómenos, sem que para isso se tivesse de efectuar uma experiência, surgiu. Luís Silva refere que, na altura, "o computador não era mais do que um grande conjunto de calculadoras mecânicas". Este foi o marco que motivou o desenvolvimento da tecnologia associada à computação com o fim de produzir Ciência sem se ter de levar a cabo experiências de grande complexidade e com elevados custos. Desde então a Física é feita combinando três abordagens. Primeiro uma formulação teórica, a que se segue uma vertente de simulação de resultados e finalmente uma vertente experi-

mental, de comprovação dos resultados previstos, tanto teórica como computacionalmente. De acordo com Luís Silva, hoje em dia, qualquer trabalho científico integra uma componente de simulação que permite uma análise mais detalhada do sistema em estudo.

Desde então a integração da computação na Ciência foi ganhando força e tem vindo a ser melhorada e a tornar-se num pilar vital. Os modelos e algoritmos de cálculo utilizados no início eram muito simples. Na década de 60, no que toca à Física de Plasmas, área de especialização de Luís Silva, os algoritmos apenas incluiam modelos unidimensionais de plasmas. "O nível de sofisticação começa a elevar-se, integrando modelos electromagnéticos, 2D, 3D [...] e a partir dos anos 70/80 os modelos tornam-se sofisticadíssimos e com menos aproximação, mas sem perder o princípio básico do seu funcionamento" acrescenta Luís Silva. É na década de 80 que surge o primeiro projecto responsável por simular o ambiente de confinamento em Tokamaks - *Numerical Tokamak Project* - liderado pelo impulsor da Física Computacional de Plasmas, John Dawson (Físico na UCLA). Toda esta evolução em termos de simulações foi acompanhando o desenvolvimento tecnológico excepcional dos computadores, que desempenha um papel essencial

nestes progressos.

Passo a passo com a mudança de paradigma, a separação entre os vários intervenientes tem vindo a desvanecer-se. Na realidade, a Física é cada vez mais feita por equipas multidisciplinares, complementando a teoria com simulações e resultados experimentais. Cada vez mais os próprios algoritmos de cálculo são construídos de forma a incluir, não só teoria subjacente, como informações de dados experimentais de modo a “aproximar os modelos da realidade”, esclarece Luís Silva. Acrescenta, aliás, que é sua convicção que daqui para a frente esta multidisciplinaridade vá ser um requisito cada vez mais importante, à medida que os objectivos onde podemos chegar computacionalmente se tornem mais ambiciosos.

No futuro espera-se que a tecnologia permita elevar o poder de cálculo numérico cada vez mais. No entanto há aspectos menos positivos a considerar. Como refere Luís Silva, “a arquitectura destes computadores estará condicionada à eficiência energética, ao ponto de um dia termos a necessidade de uma central nuclear exclusivamente a alimentar um supercomputador se não forem desenhadas arquitecturas mais eficientes”. À parte do aspecto energético, sabendo por experiência própria que existem simulações que levam semanas a obter, Luís Silva acrescenta que “existe o problema da análise dos dados gerados nas simulações”, cujas dimensões ultrapassam a capacidade de armazenamento de um computador pessoal e, cada vez mais, exigem máquinas e ferramentas especializadas de visualização e análise de informação. Ainda assim, refere que a vantagem deste investimento é que os resultados obtidos por simulação são cada vez mais fiéis à realidade, tendo em conta o nível de sofisticação em que se encontram actualmente. Daqui a uns anos é possível esperar que a simulação e o decorrer de muitas experiências possam ser efectuados (em paralelo e) em simultâneo. Físico de profissão, Luís Silva adverte ainda que “nada substitui as experiências” e que a simultaneidade de ambos poderá ser uma forma de acabar com algum do scepticismo que ainda existe em relação ao uso de ferramentas da Física Computacional como forma de fazer Física.



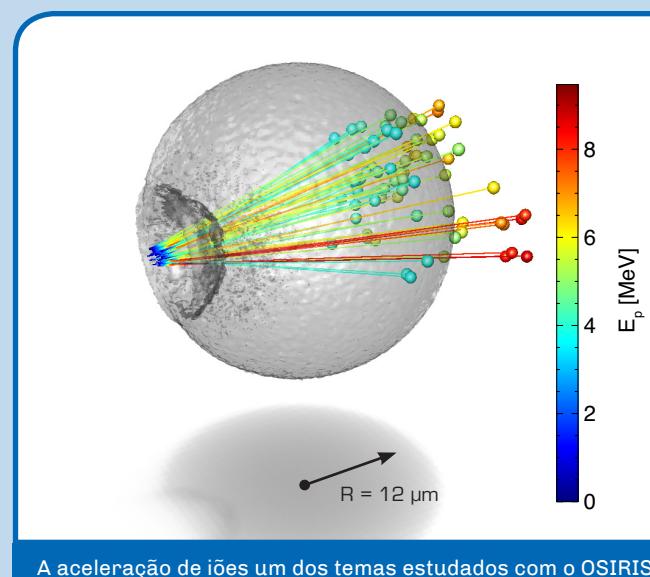
O poder computacional de que dispomos hoje em dia é incrível. O supercomputador Blue Gene/P, da IBM (alojado no Argonne National Laboratory, Chicago, USA) é constituído por 250000 processadores e é capaz de atingir realizar 10^{15} FLOPS (Floating-point Operations Per Second).

É esperado deste paradigma que veio para ficar que traga, cada vez mais, resultados e impacto à Ciência. Em jeito de conclusão, Luís Silva acrescenta que é sua vontade que este novo pilar venha a desenvolver-se ainda mais na Europa, uma vez que a comunidade científica ligada à Ciéncia Computacional sempre foi de dimensão muito superior nos EUA. Gostava ainda que, num país que “possui uma boa tradição em Física teórica” como Portugal, este paradigma se generalize, para assim podermos acompanhar lado a lado a Ciéncia moderna e os avanços mais importantes em todo o Mundo. ■

OSIRIS

O OSIRIS é um código da área da Física dos Plasmas e Lasers, pertencente à classe de códigos PIC (*Particle in Cell*), muito utilizados na área. O código foi desenvolvido numa parceria entre a Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA) e o Instituto Superior Técnico (IST), tendo os primeiros passos sido dados por Roy Hemker (PhD na UCLA) e Ricardo Fonseca (IPFN, IST).

O código integra modelos tridimensionais de plasmas, contendo, entre outras ferramentas, algoritmos para simulação de interações de ondas com partículas.



A aceleração de iões um dos temas estudados com o OSIRIS.
Créditos: Anne Stockhem, GoLP/IPFN

De entre os sucessos do OSIRIS, há três que se evidenciam. O primeiro é ter possibilitado a validação da teoria existente sobre *Laser Wakefield Acceleration* (LWFA), permitindo explorar uma grande gama de cenários com diferentes condições e parâmetros. Em segundo lugar, a modelização de ondas de choque em cenários astrofísicos. O principal objectivo é poder comparar simulações com observações astronómicas e descobrir a melhor forma de recriar estas ondas de choque em ambiente de laboratório. Por último, um tópico recente: os aceleradores de iões por interacção com alvos de diferentes densidades nos vários estados da matéria - sólido, líquido e gasoso.

Eficiência energética em casa

Explicações e dicas low-cost

por Andrea Santos, Pedro Barbosa, Teresa Domingues e Tobias Conde, alunos do 4º ano do Mestrado Integrado em Eng. de Energia e Ambiente, FCUL

Grande parte do consumo de energia eléctrica nas nossas habitações deve-se às necessidades de aquecimento do ambiente, bem como à utilização de electrodomésticos e equipamentos electrónicos. Mas existem pequenos gestos que podemos adoptar para torná-las mais eficientes e confortáveis enquanto reduzimos a factura de electricidade. Aprende de que forma janelas de vidro duplo ou recuperadores de calor nas lareiras podem influenciar o balanço energético de um edifício e que preciosas dicas poderás por em prática ainda hoje sem qualquer custo.

LAREIRA

No Inverno, grande parte do calor das habitações é perdido pela chaminé das lareiras devido às movimentações de ar entre o interior e exterior do edifício. Este fenómeno designa-se por "efeito de chaminé". Sucintamente, é causado pela diferença de temperatura entre o ambiente interior e a envolvência do edifício.

Os ambientes internos aquecem devido às actividades realizadas (ocupação, iluminação, equipamentos, etc) e consequentemente o ar aquecido escapa pela chaminé, pois ao tornar-se menos denso ascende, forçando a infiltração de ar (frio) vindo do exterior pelas frestas das portas e janelas da divisão. Esta situação pode reverter-se no Verão, com a entrada de ar quente, apesar de ser verificada com menor intensidade. A força de flutuação do ar é tanto maior quanto maior for o gradiente térmico e a altura da estrutura. Esta forma de ventilação natural é algo que, no Inverno e na maioria dos casos, prejudica o balanço energético das habitações, sendo que se intensifica nas situações em que se tem a lareira acesa. Por outras palavras, acender a lareira pode trazer mais ar frio para o interior das habitações, principalmente se estas não estiverem bem vedadas. Assim sendo, a aplicação de um mecanismo que permita fechar a chaminé quando a lareira não está a ser usada é aconselhada. Alternativamente, a instalação de um recuperador de calor não só torna a lareira mais segura, pois está fechada, como também é muito mais eficiente que uma lareira aberta, consumindo menos lenha e fornecendo mais calor à casa.

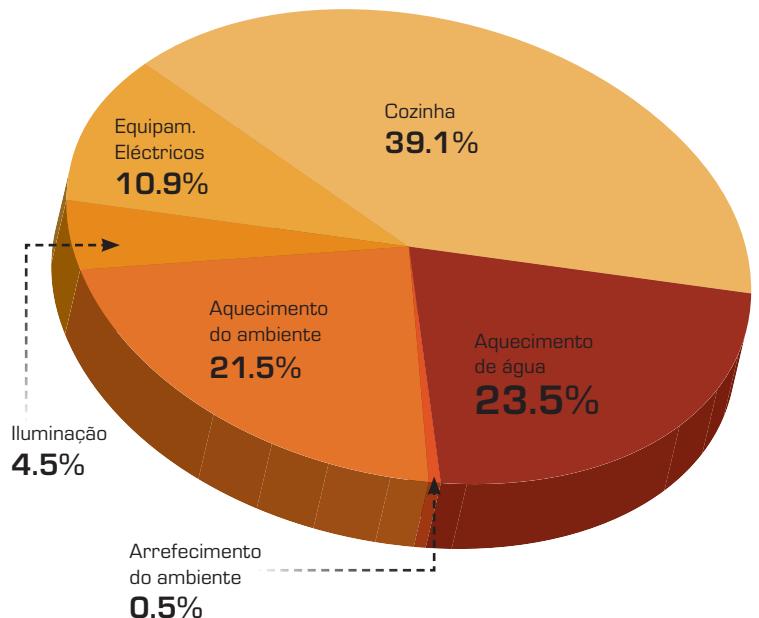
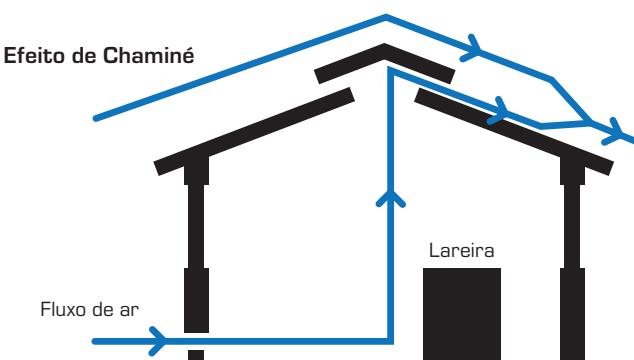


Figura 1: Distribuição do consumo de energia no Sector Doméstico em Portugal (2010) - Fonte: INE/DGEG

Sabias que...?

- Cerca de 25% a 30% das necessidades de aquecimento em casa se devem às perdas de calor que ocorrem nas janelas.
- O uso de recipientes de cerâmica ou vidro no forno permite baixar cerca de 25°C à temperatura necessária ao cozinhado, pois estes materiais retêm melhor o calor.
- Numa lavagem de roupa o processo que consome mais energia é o aquecimento da água. A utilização de programas a baixas temperaturas, diminui, assim, a factura da eletricidade, e a tua roupa vai ficar bem lavada na mesma. Com a eficácia dos detergentes, até a frio ficas com a roupa bem lavada.
- Ao programares o ar condicionado para uma temperatura igual a 25°C em vez de 22°C estás a poupar entre 6 a 18% de energia. A temperatura óptima de conforto térmico de uma habitação ronda os 25°C no Verão e 20°C no Inverno.
- Cada vez que abres a porta do teu frigorífico escapa 30% do ar frio que lá se encontrava.

Dicas Práticas

1. Se tens radiadores junto a paredes em contacto com o exterior, protege-os com materiais refletores, colocando-os entre a parede e o radiador pois desta forma irás diminuir bastante as perdas de calor para o exterior.
2. Nos fogões e placas a gás deverás evitar que a chama ou o disco dos fogões ultrapasse os limites da base do recipiente a fim de maximizares o aproveitamento do calor.
3. Se estás a ponderar adquirir uma máquina de secar roupa, pensa melhor. O clima existente em Portugal não justifica o recurso à máquina a não ser em alguns dias de Inverno.
4. Ao descongelares os alimentos que irás comer no dia seguinte no interior do frigorífico, estarás a arrefecer o interior do mesmo e, por isso, a reduzir o trabalho do equipamento. Por outro lado, deverás evitar colocar alimentos ainda quentes.
5. Deves limpar a grelha exterior do frigorífico pelo menos uma vez por ano, para evitar grandes acumulações de poeiras e consequente redução na eficiência de arrefecimento do equipamento, o que origina um maior consumo de energia.



6. O comando é muito prático, mas não desliga realmente a televisão e a box. Um equipamento em "Stand-by" está na mesma a consumir energia e pode, muitas vezes, representar um consumo considerável. A maioria das boxes de TV, por exemplo, em modo "Activo" podem ter um consumo na ordem dos 20 W e colocadas em modo "Stand-by" este valor apenas se reduz para 19 W. Como vês, pouca diferença faz, por isso, o melhor mesmo é desligá-los da tomada e ao final do ano poderás ver a tua factura reduzida em cerca de 50€.



VIDROS DUPLOS

O consumo energético para aquecimento de uma habitação depende principalmente da capacidade de isolamento térmico dos materiais que a revestem.

O calor tende a fluir das maiores para as menores temperaturas, sendo as janelas os elementos que oferecem geralmente menos resistência à passagem deste fluxo. Uma boa solução para impedir que no Inverno a casa arrefeça são as janelas de vidro duplo, cujo princípio é explicado essencialmente pelo processo de transferência de calor de condução.

A diferença entre ter uma janela de vidro simples ou de vidro duplo

A quantidade de calor transferido num sistema de vidro duplo é muito menor que num de vidro simples, reduzindo as perdas de calor praticamente para metade. Esta redução é explicada devido à existência de um espaço de ar selado entre dois vidros simples. Uma vez que a distância entre estas duas superfícies de vidro é muito reduzida (tipicamente 8 a 12 mm), o efeito de transferência de calor por condução é o que predomina e é expresso pela lei de Fourier:

$$q_x = -k \frac{dT}{dx}$$

Esta lei mostra que o fluxo de calor por condução depende da condutividade térmica (k) do material que atravessa, bem como do gradiente de temperatura entre as superfícies interiores e exteriores.

Como a condutividade térmica do ar é muito menor que a do vidro, $k_{\text{ar}} = 0.025 \text{ W/m K} \ll k_{\text{vidro}} = 1.4 \text{ W/m K}$, o ar irá aumentar a resistência à transferência de calor através da janela, e quanto maior for o espaçamento entre cada folha de vidro mais vantagens no isolamento teremos. Assim sendo, uma casa com vidros duplos terá perdas de calor reduzidas, fazendo com que se diminuam as necessidades de aquecimento dos espaços e consequentemente evitando desperdícios de energia e de dinheiro a médio prazo.

Existem tipos de janelas de vidro duplo com maior desempenho energético que possuem uma camada exterior de vidro caracterizada pela sua baixa emissividade. Estes, por terem um revestimento entre as duas superfícies, permitem a entrada apenas de radiação com menor comprimento de onda e dificultam a saída da energia gerada no interior (radiação de maior comprimento de onda), reduzindo as perdas de calor por radiação.

Além do vidraçado, o tipo de caixilho é igualmente determinante. Habitualmente, em Portugal, recorre-se ao alumínio ou ferro sendo estes materiais caracterizados pela sua alta condutividade térmica, permitindo a transferência de calor com muita facilidade. Para reduzir este impacto já existem caixilharias com corte térmico, concebidas com material isolante no seu interior.

Apesar disso, estas medidas destinam-se apenas à maioria dos edifícios residenciais uma vez que nos de serviços, por existirem elevados índices de actividade no seu interior a utilização do vidro simples poderá ter benefícios para o conforto térmico dos utentes. ■

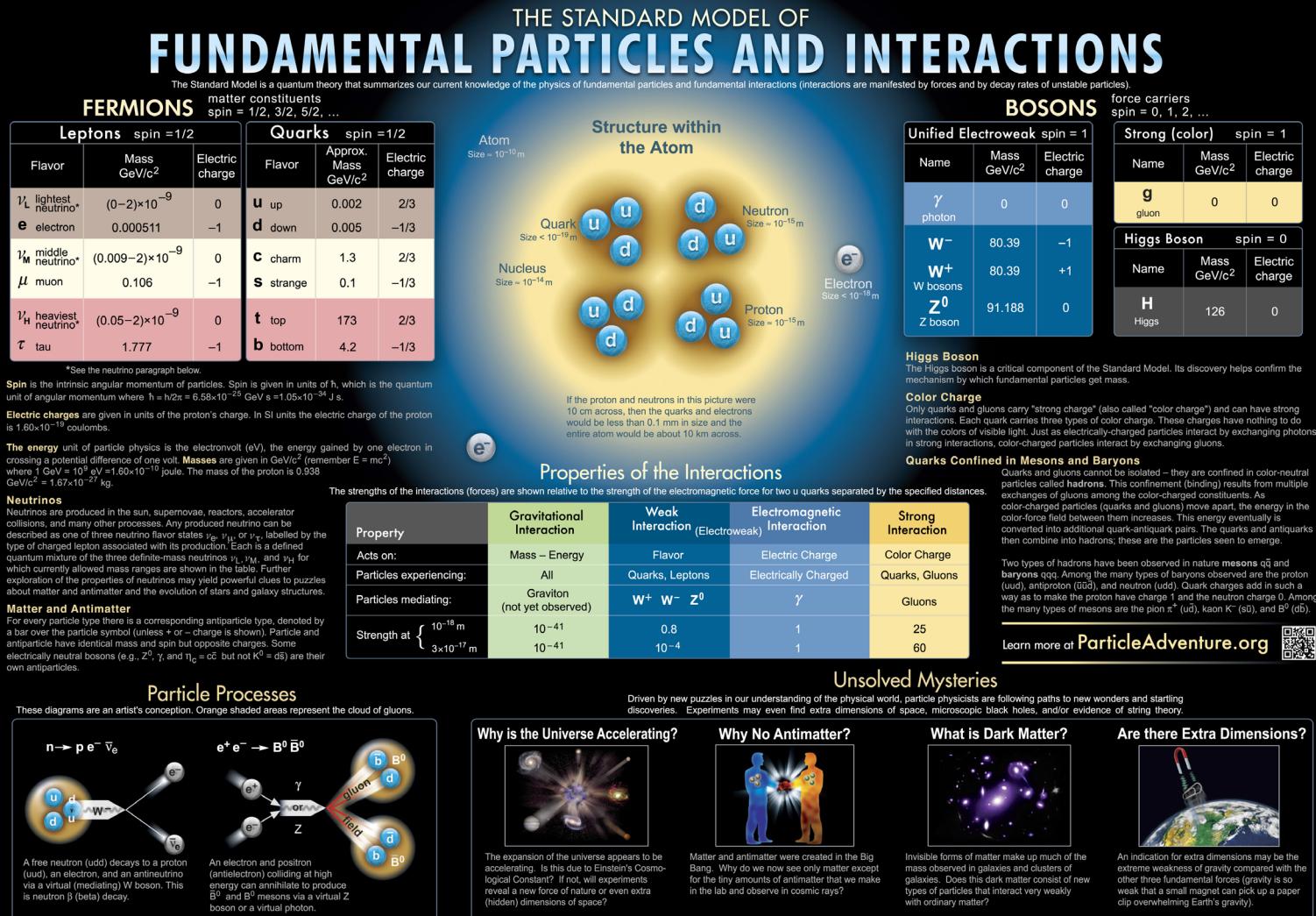
O Bosão de Higgs, o CERN e o Prémio Nobel da Física 2013

por Doutora Margarida Nesbitt Rebelo, Investigadora do Centro de Física Teórica de Partículas, IST

A Física de Partículas estuda as propriedades e as interacções dos constituintes fundamentais da matéria. Tudo o que existe no Universo, incluindo nós próprios é feito de partículas elementares. A enorme diversidade de materiais que nos rodeiam e todas as partículas fundamentais e não fundamentais encontradas até hoje em aceleradores de partículas e no Universo são compostas por um número extremamente pequeno de partículas elementares que se pode resumir no cartaz apresentado na Figura 1. Esta figura descreve as quatro interacções fundamentais da natureza e sumariza o conteúdo de matéria do chamado Modelo Standard de Partículas. Falta neste cartaz o bosão de Higgs, que é a partícula responsável no Modelo Standard pelas massas das partículas fundamentais: os quarks, leptões e vários dos bosões de gauge. Os bosões de gauge estão associados às interacções através de simetrias de gauge, descritas matematicamente usando teoria de grupos. As simetrias do Modelo Standard que

não estão quebradas estão associadas a bosões de gauge sem massa como é o caso do fotão. O mecanismo de quebra de simetria é o chamado mecanismo de Brout-Englert-Higgs (BEH). Os papers teóricos onde este mecanismo foi proposto datam de 1964. A descoberta do bosão de Higgs no ano de 2012 no CERN (European Laboratory for Particle Physics), observada em dois dos detectores associados ao LHC (Large Hadron Collider), chamados ATLAS e CMS, foi um enorme sucesso para a Física de Partículas, o que foi pouco depois confirmado com a atribuição do Prémio Nobel da Física em 2013 a Englert e a Higgs. O Prémio Nobel não foi partilhado por Brout por já não se encontrar vivo em 2013. Seria um erro pensar que a descoberta deste bosão fechava um ciclo, completando o Modelo Standard sem deixar em aberto questões fundamentais do domínio da Física de Partículas. Muito pelo contrário, abriram-se novos horizontes com esta descoberta. A comunidade internacional começou já a discutir estratégias de investi-

Figura 1: O Modelo Standard de Partículas e Interacções



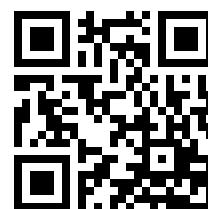
gação para o futuro com planos para estender o período de funcionamento do LHC até 2035 com importantes *upgrades* faseados no tempo, e simultaneamente fazendo estudos para a construção de novas máquinas associadas a experiências que em alguns casos poderão estar ainda activas daqui a mais de trinta anos. O cartaz da Figura 1 aponta na sua parte inferior para algumas das questões em aberto ligadas à Física de Partículas:



Figura 2: François Englert e Peter Higgs - Créditos: CERN

- A origem da massa e o espectro das massas e misturas dos fermiões fundamentais (quarks e leptões). A descoberta do bosão de Higgs pode ser apenas a ponta do iceberg.
- A questão de que é feita a matéria escura, i.e., matéria que existe no Universo, observada pelos seus efeitos gravitacionais, mas cuja composição é desconhecida. Esta designação não está de forma nenhuma ligada à ideia de algo exótico obedecendo a leis fundamentais diferentes. Aqui a resposta pode estar interligada com a primeira questão, através da existência de mais de um escalar de Higgs, ou então, por exemplo, ligada a teorias supersimétricas.
- A questão da origem da matéria no Universo sem que haja anti-matéria em proporções iguais. Esta última teria impossibilitado a formação de galáxias com, por exemplo, um planeta como a Terra onde a vida é possível. Mais uma vez, a existência de escalar(es) de Higgs é fundamental para que se verifiquem as condições necessárias para que a simetria denominada de CP seja quebrada na natureza. A quebra desta simetria é um dos ingredientes fundamentais para resolver esta questão que, de todas as formas, continua ainda em aberto.
- A quarta questão refere-se ao facto de a expansão do Universo parecer estar a acelerar. Também aqui as experiências de Física de Partículas futuras poderão contribuir para dar uma explicação. Uma possibilidade poderia ser a descoberta de efeitos em aceleradores devidos à existência de dimensões extra. O mecanismo de BEH pode ser facilmente compreendido no contexto de teoria quântica de campos. A sua formulação matemática é de compreensão relativa-

mente simples para um aluno do curso de Física que deseje seguir o ramo de Física de Partículas, quer teórico quer experimental. No contexto matemático, um escalar pode adquirir valor de expectação no vácuo sem violar a simetria de Lorentz e ao mesmo tempo quebrar a simetria de gauge que impedia as partículas fundamentais de adquirirem massa. A explicação mais famosa deste mecanismo sem envolver formalismo matemático foi dada por David Miller e resultou do pedido em 1993 do Ministro da Ciência do Reino Unido à comunidade de Física de Partículas para que este mecanismo lhe fosse explicado, a fim de poder compreender qual a razão para financiar a investigação feita neste domínio. Um aspecto importante desta explicação está na distinção entre bosão de Higgs e campo de Higgs. O mecanismo de BEH podia em princípio funcionar sem a existência da partícula agora descoberta, um facto que foi sendo bastante enfatizado por François Englert. ■

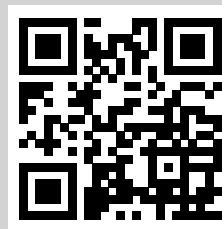


Siga este QR Code para encontrar a famosa explicação de David Miller!

Mérito reconhecido

No Centro de Física Teórica de Partículas (CFTP) tem vindo a ser feita investigação teórica neste domínio desde longa data, várias décadas, com grande sucesso. Este Centro inclui vários Professores do Departamento de Física do IST e também um grande número, em percentagem, de Investigadores séniores. De referir a título de exemplo que um dos trabalhos neste domínio produzido por seis autores, incluindo quatro membros do CFTP aparece em trigésimo lugar na lista de cem artigos mais citados no ano de 2013 na base de dados Inspire, em hep-ph. Esta base de dados é a mais usada pela comunidade internacional de Física de Partículas e indexa já cerca de um milhão de artigos.

No lugar 1 e 2 estão os papers experimentais referentes à descoberta do bosão de Higgs, 24 e 28 são os papers teóricos de R. Brout e F. Englert [24] e de P. Higgs [28], respectivamente. É importante enfatizar que os cem artigos listados não se referem apenas à física do bosão de Higgs, uma vez que são retirados da base de dados completa.



Siga este QR Code para encontrar a lista de cem artigos mais citados referida!

A arte sob o microscópio

por Rita Costa, aluna do 1º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST

Num museu ou galeria, apercebemo-nos facilmente da beleza da arte que nos rodeia. Mas as grandes obras de arte têm um passado bem mais tumultoso do que a superfície permite adivinhar: um historial de arrependimentos, enganos e intervenções. Como “nada há de encoberto que não venha a ser descoberto, nem de oculto que não venha a ser revelado”, fazemos uma análise das técnicas utilizadas no estudo da arte.

Desde as gravuras rupestres pré-históricas até à pintura e escultura moderna, a arte tem acompanhando a evolução humana, tanto biológica como cultural. Mas, se, por um lado, é verdade que nem todos reconhecem a beleza de uma expressão matemática ou relação física, dificilmente se encontra alguém que não reconheça o valor estético de uma pintura ou escultura renascentista, de proporções tão cuidadosamente estudadas, quando visita um museu.

Para além do que vemos, as obras de arte escondem muito, tanto acerca do seu historial de restauros e intervenções, como acerca do processo artístico do autor, de convenções iconográficas do período em que foram produzidas ou até dos materiais utilizados na obra. Estes detalhes, invisíveis a olho nu, podem ser expostos por técnicas científicas apropriadas, numa conjugação interdisciplinar de arte e ciência. Com este objectivo – e o de proceder à conservação das peças –, o Laboratório HERCULES (HERança CULTural, Estudos e Salvaguarda) foi criado em 2009 na Universidade de Évora, com o patrocínio do mecanismo de financiamento europeu EEA Grants.

Hoje, fazemos uma revisão de algumas técnicas de análise não invasivas utilizadas neste laboratório para obter informações preliminares sobre as obras de arte, dando destaque à pintura. Estas técnicas, denominadas exames de área, fornecerão informações aos historiadores de arte e conservadores-restauradores dados sobre a marca pessoal do artista, alterações e arrependimentos seus e intervenções na obra.

Fotografia com luz visível

O primeiro passo na análise de uma obra de arte passa pela sua documentação, tal como é. Assim, são indispensáveis as fotografias de alta resolução e luz visível, não só da obra em si, como do suporte, caso exista. As macrofotografias (fotografias de detalhes) também podem ser muito relevantes no estudo da obra, pois permitem observação de detalhes.

Um outro tipo de fotografia de luz visível é a fotografia de luz rasante, muito usada em pinturas. Como o nome indica, estas fotografias são tiradas fazendo incidir luz obliquamente à superfície da obra. Em pinturas, esta técnica permite fazer um mapa de relevo da superfície da pintura e identificar espessamentos de tinta, que podem constituir a marca estilística do artista, e evidências de *craquelé* (fissuras na superfície) [ver Figura 1] que podem ameaçar o estado de conservação da peça.

Radiografia

Os raios-X são um tipo de radiação muito energética e que consegue penetrar nos objectos, revelando a sua estrutura interna ou, no caso de uma pintura, nas várias camadas que a compõem. Assim, a estrutura das peças pode facilmente ser analisada com radiografias, que permitem identificar imperfeições descontinuidades nos suportes ou utilização de diferentes materiais (ver Figura 2) e até associar tecidos utilizados em telas diferentes ao mesmo tear.

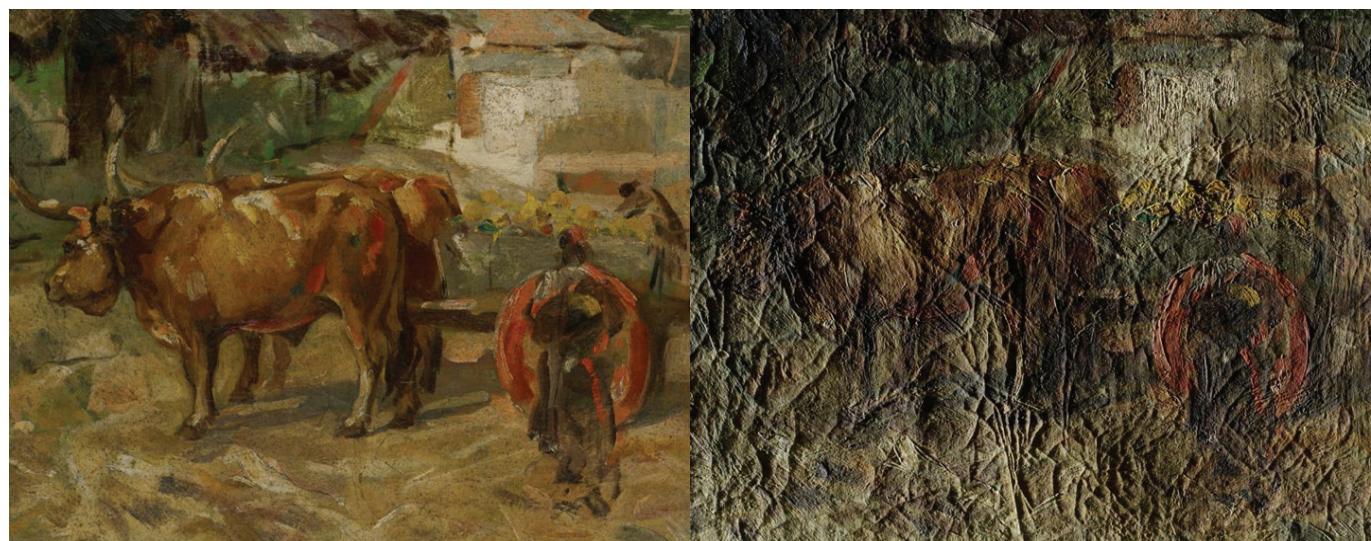


Figura 1: Fotografia com luz visível perpendicular (esq.) e rasante (dir.) (créditos: Luís Piorro | Laboratório José de Figueiredo).



Figura 2: Conjunto escultural e radiografia de um pormenor da escultura (créditos: Luís Piorro | Laboratório José de Figueiredo).

Estes dados são essenciais para o restauro de uma peça.

Devido ao custo de telas e suportes de madeira, o artista podia, muitas vezes, reaproveitar um suporte já pintado para produzir uma nova obra. Graças à penetração dos raios-X nas peças, é possível identificar estes casos recorrendo a radiografias (Figura 3), que põem a descoberto a obra coberta pelo pintor. Muitas vezes, esta é bem distinta da que é visível e o seu estudo possibilita, aos historiadores de arte, uma maior compreensão do estilo do artista.

Apesar de muitos dos materiais utilizados na pintura serem razoavelmente transparentes aos raios-X, existe uma absorção e reflexão diferencial desta radiação por parte dos diferentes pigmentos e materiais utilizados nas camadas pictóricas de uma obra. Assim, a radiografia acaba por fornecer algumas informações sobre a composição das tintas utilizadas, que deverão ser confirmadas por análise química: por exemplo, se a cor branca numa pintura se deve à utilização de branco de chumbo, detectar-se-á uma grande absorção dos raios-X nas regiões a branco da obra. Uma vez que os materiais de cores aparentemente semelhantes não têm necessariamente o mesmo comportamento face a radiações não visíveis, as radiografias também

permitem identificar repintes e restauros em que se utilizaram pigmentos de natureza diferente dos originais.

Na análise de obras de arte, os raios-X utilizados são produzidos em tubos de raios-X, que, por ação de uma diferença de potencial elevada, aceleram electrões contra um metal que emitirá esta radiação por desexcitação dos seus electrões.

Fotografia de fluorescência ultravioleta

Apesar de a luz ultravioleta ser menos energética e menos penetrante que os raios-X, a resposta dos materiais utilizados na pintura a esta radiação também difere e, por isso, o estudo das pinturas sob radiação UV também pode ser importante na caracterização de uma pintura.

Muitos dos materiais utilizados nas pinturas absorvem esta radiação, havendo uma excitação dos electrões nos compostos. Em algumas substâncias, durante a desexcitação, os electrões não transitam imediatamente para o nível energético em que se encontravam, mas para um nível energético intermédio, emitindo luz visível, menos energética que a que absorveram. Nesta situação, diz-se que há uma fluorescência ultravioleta do composto.

A fluorescência dos materiais depende da sua natureza química (na maior parte dos compostos orgânicos, verifica-se este fenómeno, mas há poucos inorgânicos que reajam desta forma à radiação UV) e pode variar à medida que os materiais envelhecem e se degradam. Assim, uma das aplicações da fluorescência de ultravioleta é a detecção de intervenções na obra: em pinturas, por exemplo, estas envolvem a remoção e substituição da camada de verniz na zona a sofrer alterações e, como os vernizes mais antigos fluorescem mais do que os recentes, podem facilmente identificar-se as zonas de repinte na obra.

Nesta técnica, a radiação ultravioleta é produzida utilizando uma lâmpada de vapor de mercúrio, que ilumina a peça. Sob esta luz, é tirada uma fotografia com uma câmara vulgar, apetrechada com um filtro que bloqueia a radiação UV reflectida pela peça, só permitindo a passagem da radiação emitida durante a fluorescência.

Figura 3: Anunciação, Frei Carlos (1520). Fotografia com luz visível (esquerda) e radiografia (direita) de um pormenor, evidenciando uma alteração no posicionamento da cabeça do anjo. Estes estudos foram efetuados no âmbito do projecto ONFINARTS (créditos: Sónia Costa e Sara Valadas | Laboratório HERCULES).

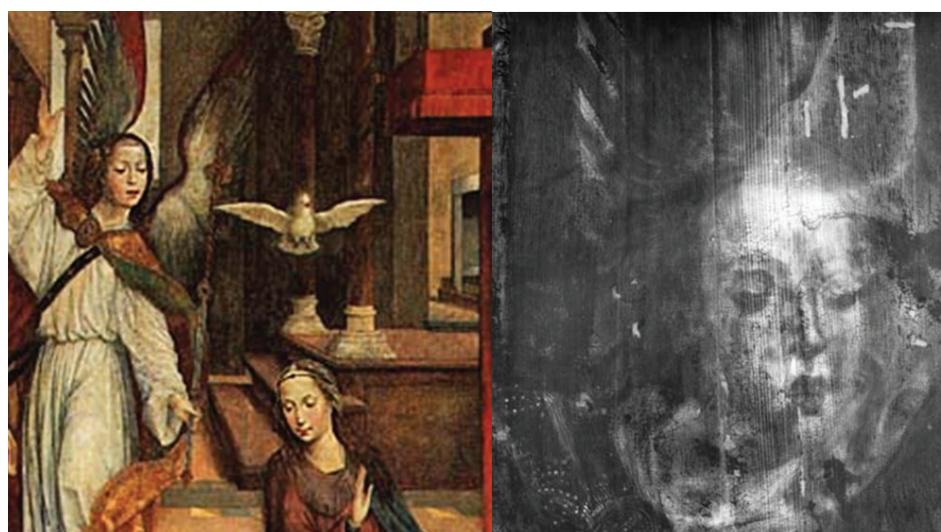




Figura 4: Última ceia, Francisco Henriques (circa 1508). Por menor: fotografia com luz visível (esquerda) e reflectografia (direita), com destaque para um copo que não foi pintado. Estes estudos foram efetuados no âmbito do projecto ONFINARTS (créditos: Luís Piorro | Laboratório José de Figueiredo).

Reflectografia de infravermelhos

Na zona menos energética do espectro electromagnético, temos a radiação infravermelha. Novamente, verifica-se que os materiais se comportam de maneira diferente face a esta radiação, mesmo quando apresentam ter a mesma cor quando iluminados com luz visível, pelo que esta técnica também permite identificar retoques e fornece algumas pistas relativamente ao tipo de tintas utilizadas.

Mas, de longe, a aplicação mais interessante da luz infravermelha é o uso da reflectografia de infravermelhos para visualizar o desenho subjacente à camada cromática. Durante a reflectografia, a pintura é colocada entre duas fontes de luz infravermelha colocadas a 45° com a superfície da pintura e, no centro, um detector [no caso da câmara OSIRIS, utilizada no Laboratório HERCULES, um detector de InGaAs sensível a comprimentos de onda de 900 nm a 1700 nm], capta a luz reflectida pelas várias camadas da pintura.

Os pigmentos de carbono [carvão, por exemplo] absorvem fortemente a gama de infravermelhos a que este tipo de detectores é sensível, pelo que, quando as camadas cromáticas são suficientemente transparentes à radiação e a camada preparatória suficientemente reflectora, sobressai nos reflectogramas [imagens geradas pela reflectografia], revelando o desenho elaborado pelo artista antes de iniciar a pintura. O estudo deste desenho é de extrema importância, pois não só permite avaliar o método de trabalho do artista ou oficina que produziu a obra, como

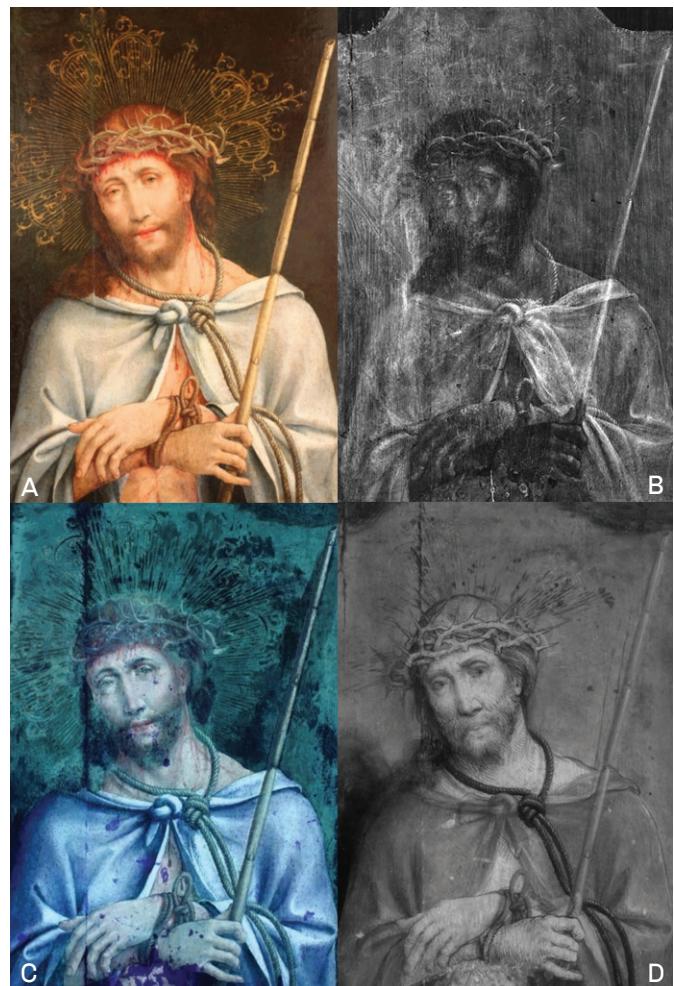


Figura 5: Ecce Homo, Frei Carlos (século XVI). Fotografia com luz visível (A), radiografia (B), fluorescência de ultravioleta (C) e reflectografia de infravermelhos (D). Estes estudos foram efectuados no âmbito do projecto ONFINARTS (créditos: Sónia Costa e Sara Valadas | Laboratório HERCULES).

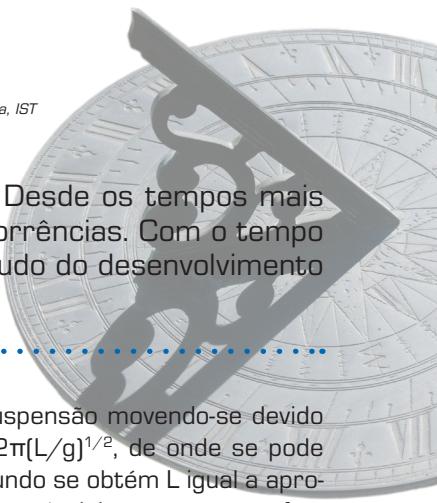
permite identificar *pentimenti* [arrependimentos] (Figura 4) do pintor ao concretizar a sua visão na tela, que, muito frequentemente, estão relacionados com as convenções religiosas da época.

Quando o desenho é feito em giz branco ou óleos, a sua identificação com reflectografia torna-se impossível. No entanto, é sempre inevitável a contribuição das camadas sobrejacentes ao desenho para o reflectograma, pelo que nem sempre é fácil distinguir o desenho da própria pintura.

Por si só, nenhum dos exames de área é conclusivo. Só a análise integrada de todos estes exames e complementada com análise química mais detalhada poderá assegurar a caracterização correcta de uma obra (Figura 5). ■

A física e a tecnologia do... Relógio

por Filipe Thomaz, aluno do 5º ano do Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, IST



A noção de tempo é das mais importantes na ciência e nosso quotidiano. Desde os tempos mais antigos que se procura medi-lo de modo a sequenciar acontecimentos e ocorrências. Com o tempo podemos, por exemplo, estabelecer previsões para o futuro partindo do estudo do desenvolvimento passado de uma certa propriedade.

O relógio é um medidor de tempo. Tomando um certo acontecimento periódico como referência, podemos saber durante um certo período quantos desses acontecimentos ocorreram e assim estabelecer uma escala e medição temporal. Vários são os exemplos de relógios que foram inventados e utilizados com o passar dos tempos.

Um dos exemplos mais antigos é o relógio de Sol. O princípio de funcionamento é bastante simples embora a sua correcta construção seja bastante complicada. Como sabemos, a Terra gira em torno do Sol, pelo que nós, que nos encontramos no referencial Terra, observamos um movimento aparente do Sol. Um certo objecto parado no referencial da Terra irá então receber luz solar de diferentes direções consoante o movimento do Sol, e a sua sombra irá rodar. Sabendo que o movimento da Terra em redor do Sol é periódico, com período de cerca de 365.24 dias, pode estudar-se o movimento aparente solar a uma determinada latitude, e assim construir-se um sistema que marque a hora e dia consoante o tamanho e direção de uma sombra.

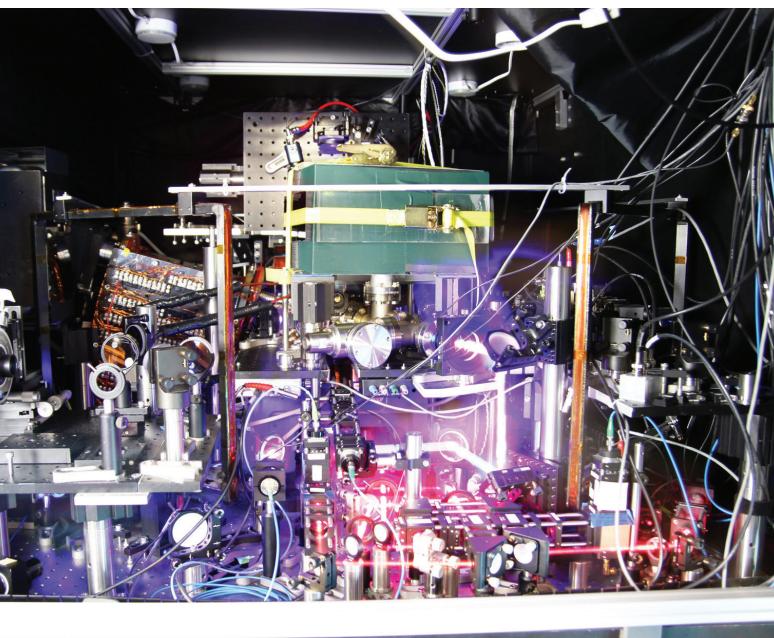
Existem também diferentes tipos de relógios, alguns medindo aquilo a que é chamado um segundo, outros medindo uma outra referência, como os relógios de areia. Um dos mecanismos utilizados para a medição do tempo é a utilização de um pêndulo. Pode demonstrar-se que o

período de uma massa em suspensão movendo-se devido à acção da gravidade é $T = 2\pi(L/g)^{1/2}$, de onde se pode retirar que para T igual 1 segundo se obtém L igual a aproximadamente 4 metros. Estes pêndulos no entanto funcionam de modo a que quando a massa passar no centro uma roda dentada gira uma posição, avançando assim um segundo. Sendo que a massa passa no centro duas vezes por período, obtemos que para L igual a 1 metro a massa demora 1 segundo entre passagens pelo centro. Este método permitiu aumentar drasticamente a precisão dos relógios de então de 15 minutos para cerca de 15 segundos.

No entanto a maior parte dos relógios mecânicos utiliza um outro mecanismo chamado de *wheel balancing*. Este mecanismo consiste numa roda que está ligada a uma mola que a faz movimentar-se entre um sentido e outro. O sistema forma um oscilador harmónico que prefere oscilar a uma certa frequência de ressonância. A mola faz assim o efeito da gravidade num relógio pendular; e também como neste o período depende apenas de propriedades fixadas do sistema.

Os relógios mecânicos comportam uma série de desvantagens. É preciso “dar à corda” de vez em quando, ou então eles acabam por parar. Os relógios pendulares, por exemplo, irão dar as horas de forma diferente a várias latitudes pois a gravidade não é a mesma devido à forma não esférica da Terra. Os relógios de quartzo resolveram esse problema. O quartzo é um material com uma série de propriedades interessantes, como o facto de ser extremamente insensível a variações de temperatura e principalmente ser um material piezoelectrónico. Um material piezoelectrónico é um material que se sofrer um stress mecânico produz uma pequena corrente eléctrica, e vice-versa, ou seja, se se passar uma pequena corrente eléctrica o quartzo vibra a uma frequência bastante precisa! Um circuito elétrico conta o número de vibrações e sabendo a frequência de vibração do quartzo mede-se a passagem de tempo com um alto grau de precisão. A maioria dos relógios hoje em dia utilizam quartzo como a referência temporal.

Existem relógios diversos e inclusive mais precisos, como o relógio atómico que se baseia na emissão de micro-ondas a partir da vibração de electrões em átomos. Relógios mais precisos são necessários para medições de tempo cada vez mais pequenas como na área da Física e quando entramos em fenómenos atómicos e sub-atómicos, mas para o dia-a-dia não há razão para desculpas de atraso com os mecanismos que são utilizados hoje em dia. ■



Relógio atómico mais preciso do mundo, NIST-SQUID, U. Colorado



Opinião

Para que a FCT torne a ganhar a confiança da comunidade científica

Vítor Rocha Vieira é Investigador Coordenador no Centro de Física das Interacções Fundamentais (CFIF) e Professor Catedrático Convidado no Departamento de Física, do Instituto Superior Técnico (IST). É ainda o Coordenador dos Programas Doutoriais em Física e em Engenharia Física Tecnológica do IST, nos quais se apoiam os Programas Doutoriais FCT: “Programa Avançado em Ciência e Engenharia de Plasmas (APPLAuSE)” e “Programa Doutoral em Física e Matemática da Informação: Fundamentos das Futuras Tecnologias da Informação (DP-PMI)”.
.....

A existência de um fluxo regular de alunos de doutoramento (e também de pós-doutorados) é essencial para o bom dinamismo da investigação científica. Uma forma de assegurar esse fluxo de alunos é a existência de bolsas para o início de doutoramento, associadas aos departamentos. Na minha opinião, estas bolsas, tipicamente de um ano, anunciadas internacionalmente, permitiriam assegurar um número suficiente de bons alunos para o correcto funcionamento dos cursos de 3º ciclo, em particular das cadeiras de opção. Durante o primeiro ano, os alunos concentrar-se-iam no plano curricular e contactariam os grupos de investigação onde iriam desenvolver os seus trabalhos de tese de doutoramento. Passariam então a ter bolsas associadas a esses grupos ou obtidas através de outros concursos, nomeadamente à Fundação para a Ciéncia e a Tecnologia (FCT).

Infelizmente, a FCT optou ao longo dos anos (embora inicialmente tal se justificasse) por privilegiar bolsas de doutoramento para o estrangeiro criando restrições, por

A criação dos novos programas doutoriais permite dinamizar novos temas ou áreas interdisciplinares, ultrapassando eventuais inéncias dos departamentos ou escolas. No entanto, corre-se o risco de destabilizar programas doutoriais já estabelecidos e de qualidade reconhecida, se e enquanto esses programas não passarem a ser também programas doutoriais FCT. Além disso, se a quase totalidade das bolsas da FCT forem atribuídas só desta forma, corre-se o risco de que alunos, embora excelentes, não obtenham bolsa, por não se enquadrarem em nenhum dos programas existentes.

Infelizmente, para além da grave crise económica e dos cortes nas verbas de ensino e de investigação no ensino superior, superiores ao que seria de esperar, o comportamento da FCT tem ultimamente criado um clima de instabilidade e de incerteza, pondo em causa a continuação do desenvolvimento científico que o País tinha vindo a ter e fazendo perder recursos essenciais a esse desenvolvimento. A prova patente é contestação generalizada aos concursos para

“O comportamento da FCT tem ultimamente criado um clima de instabilidade e de incerteza, pondo em causa a continuação do desenvolvimento científico que o País tinha vindo a ter e fazendo perder recursos essenciais a esse desenvolvimento”

vezes, à vinda de alunos estrangeiros. Dadas as restrições a novas contratações para a carreira docente e o fim da carreira de investigação no ensino superior, com a extinção do Instituto Nacional de Investigação Científica em 1992, é hoje muito difícil o regresso a Portugal dos doutorados e pós-doutorados cuja formação apoiámos.

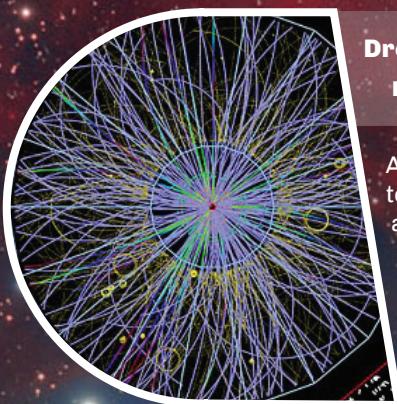
Os novos programas doutoriais FCT têm bolsas que permitem captar, para Portugal, alunos nacionais e estrangeiros, ainda sem projecto de investigação e orientador definidos, embora estes tenham de ser no âmbito desse programa doutoral. Ao contrário, nas bolsas tradicionais da FCT, a qualidade do projecto de investigação, do orientador e da instituição de acolhimento também contam para a classificação da proposta. Estes novos programas são geridos por equipas da Universidade, constituídas *ad hoc* para esse programa, funcionando de acordo com as regras da FCT e respondendo perante esta.

bolsas e à redução do seu número, a demissão de painéis de avaliação da própria FCT e o bloqueio do Conselho Nacional de Ciéncia e Tecnologia, que pediu uma auditoria aos procedimentos de avaliação da FCT, tendo, entretanto, a FCT passado a avaliação das unidades de investigação à European Science Foundation, cujas funções foram parcialmente transferidas para a Science Europe.

Pelo contrário, a FCT deveria apresentar, de uma forma atempada e participada, a sua política científica de bolsas de doutoramento, pós-doutoramento, investigadores FCT, projectos de investigação e unidades de investigação, abrindo então os concursos, avaliados de uma forma transparente, com regulamentos já definidos, que não vão sendo alterados em face da reacção da comunidade científica. Só assim poderá tornar a ganhar a confiança da comunidade científica. ■

Colóquios do Departamento de Física - IST

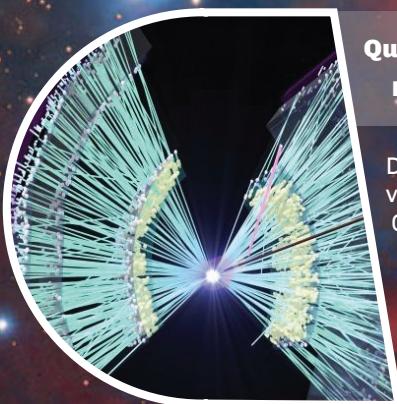
Mais informações em <http://fisica.ist.utl.pt>



Dressing Mexican style - Hadrons, chiral symmetry and confinement

DATA: 07/05/2014 ORADOR: Elmar Biernat (CFTP/IST)

As massas dos quarks de valência contribuem apenas com 2% da massa total do protão, sendo a grande maioria desta massa gerada por um efeito associado à interacção forte denominado por quebra de simetria quiral. Este fenómeno é então responsável pela maior parte da massa da matéria comum no Universo. Neste colóquio apresentar-se-ão as noções essenciais relativas ao mecanismo de quebra de simetria quiral através de um modelo simples e será discutida uma abordagem moderna à física hadrónica, que também apresenta esta característica.



Quarkonium: a laboratory for strong interactions

DATA: 21/05/2014 ORADOR: João Seixas (LIP/IST)

Das quatro interacções conhecidas a interacção forte é a que é responsável pela esmagadora maioria dos processos que ocorrem à nossa volta. Curiosamente é, simultaneamente, aquela que menos conhecemos. Neste colóquio mostrar-se-á como os estados ligados entre um quark e um antiquark podem dar indicações preciosas sobre esta interacção tanto para a produção de partículas nas colisões entre protões até à formação de um estado desconfinado em que quarks e gluões formam um plasma.

Agenda Científica



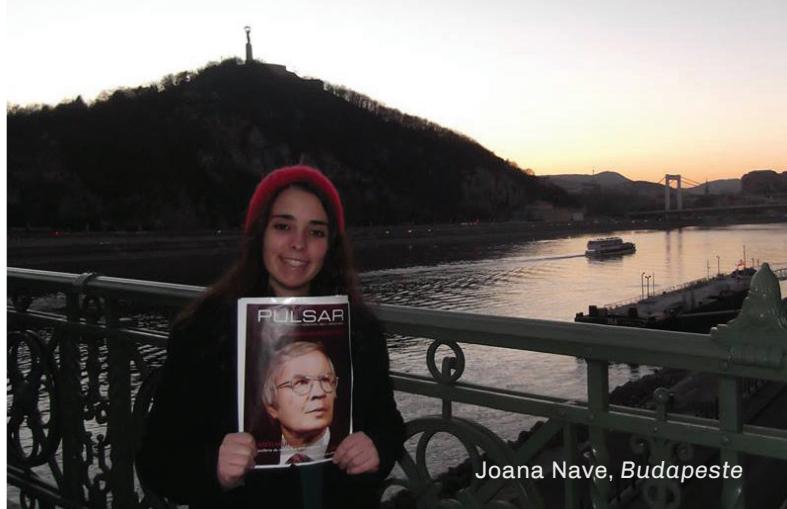
Noites no Observatório

No último Sábado de cada mês no Observatório Astronómico de Lisboa na Tapada da Ajuda, realizam-se sessões que iniciam com uma palestra (por volta das 21h30) em paralelo de observações astronómicas que decorrem em contínuo ao longo da noite até às 24h. A palestra habitualmente varia de mês para mês e está sujeito a inscrição no site: oal.ul.pt > Noites no Observatório.

PULSAR, Europa. Europa, PULSAR.



Fábio Cruz, Londres



Joana Nave, Budapeste



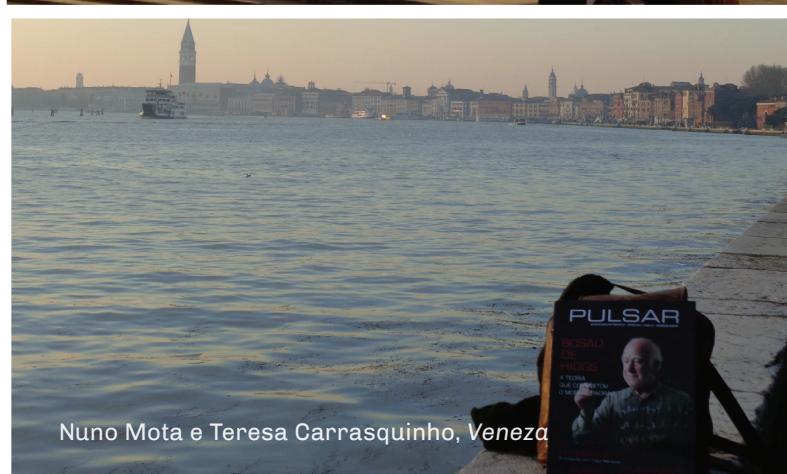
Sofia Freitas, Madeira



Francisco Nunes, Viena



Ana Valinhas, Bratislava



Nuno Mota e Teresa Carrasquinho, Veneza



Núcleo de Física, IST, Lisboa



Miguel Furtado, Açores