

# LIP NEWS

## LHC a 14 TeV

n.7 Março 2014



# EDITORIAL

A história das descobertas científicas assemelha-se a uma maratona com barreiras, de alturas diversas, espaçadas a intervalos não previsíveis, em que não sabemos se a estrada terá uma curva súbita logo a seguir a cada barreira que saltamos. Temos uns mapas, que quase sempre nos servem bem, mas em que só podemos confiar depois de descobrirmos o caminho.

A história do LIP nos últimos 28 anos já faz parte da história desta maratona. Nesta etapa, e olhando para os nossos “mapas”, esperávamos que, entre várias outras, duas barreiras fossem ultrapassadas: a da descoberta do quark top e a da descoberta do Bosão de Higgs - barreira que, a não existir, poria em causa os mapas em que tínhamos vindo a confiar para encontrar o caminho. E de facto foram já ambas ultrapassadas!

Há 20 anos, em Fermilab, saltou-se a barreira do top, com a medição da sua massa, cerca de 175 GeV, de acordo com as previsões indiretas do modelo padrão das interações electrofracas – um dos nossos mapas. Escrevia-se nessa ocasião que as propriedades deste quark seriam medidas com mais detalhe no futuro, em Fermilab, que, num futuro mais distante, o LHC no CERN, com energias de centro de massa e luminosidades elevadas, seria uma fábrica de pares top-antitop. Esse futuro já começou e está em destaque nesta edição. O aumento da luminosidade do LHC e as atualizações das experiências ATLAS e CMS permitirão desenhar com precisão os mapas que utilizamos: saltaremos novas barreiras ou saberemos melhor onde encontrar as que nos esperam para melhor sustentar os próximos passos, encontraremos algo de novo ou saberemos com mais precisão onde a nova física nos poderá esperar.

Para não perdermos o lugar nesta corrida, é necessário investir na formação de quem virá juntar-se à equipa. A escola internacional IDPASC, formada há mais de três anos para reunir alunos de doutoramento das áreas da Física de Partículas, da Astrofísica e da Cosmologia, projeta-se de agora no futuro, reunindo num mesmo programa de doutoramento (o programa IDPASC-Portugal), alunos de diversas universidades nacionais.

A maratona das descobertas e do conhecimento não pode parar. E para que continue é necessário vestir a camisola do desenvolvimento da ciência no sentido da marcha, do reforço da comunidade científica nacional, da promoção do conhecimento científico e da procura das condições para que o trabalho científico se possa fazer com independência e dignidade.

Nesta edição damos conta dos últimos desenvolvimentos na contestação ao momento que a política científica nacional atravessa e da intervenção que um conjunto alargado de investigadores do LIP entendeu ter junto da FCT.

Este 7º Boletim do LIP antecede a celebração do 28º aniversário do LIP, no próximo dia 9 de Maio. Nesta altura e numa edição em que o futuro está em destaque, queremos dedicar as últimas palavras ao pessoal administrativo e técnico do LIP, que com o seu apoio tem vindo a permitir que a corrida continue: a todos Obrigados!

**Patrícia Gonçalves e Filipe Veloso**

## ÍNDICE

### DESTAQUE

LHC a 14 Tev  
ATLAS e CMS  
The Top quark

### CIÊNCIA E POLÍTICA

### PROJETOS

LIP Minho

### FORMAÇÃO

### TESES

### BREVES

### OUTREACH

O bloguetim do LIP:

Nos intervalos entre boletins o bloguetim do LIP permite ter um fluxo mais regular de notícias que serão mais tarde seleccionadas e publicadas na edição seguinte do boletim. Esperamos que algumas notícias motivem discussões animadas...

O bloguetim está disponível em

[www.bloguetim-lip.blogspot.pt](http://www.bloguetim-lip.blogspot.pt)

### Este boletim é interactivo.

Este tipo de códigos permite aceder facilmente a conteúdos da internet.

Quando aparece este tipo de código, basta fazer o scan com o telemóvel que seguirá para a página relacionada.

Se o seu telemóvel não tem leitor de QRcode pode facilmente descarregar um em [get.neoreader.com](http://get.neoreader.com)



## LIP NEWS

edição n.7 março 2014

O boletim do LIP é uma edição da C4 - Comissão Coordenadora do Conselho Científico do LIP. Esta edição teve a colaboração extra de Conceição Abreu e Catarina Espírito Santo.

**Contribuição/Autores** Agostinho Gomes, Amélia Maio, André David, António Pina, Catarina Espírito Santo, Federico Nguyen, João Varela, José Carlos Silva, José Pinto da Cunha, Jorge Gomes, Mário Pimenta, Michele Gallinaro, Nuno Castro, Patrícia Conde Muíño, Pedro Carneiro, Rui Marques

**Edição Gráfica** Carlos Manuel

**Contactos** [boletim@lip.pt](mailto:boletim@lip.pt)

[www.lip.pt/boletim](http://www.lip.pt/boletim)



## Perspectivas de física no LHC de Alta Luminosidade

Amélia Maio, André David, João Varela, Patricia Conde Muiño

O LHC fez colidir prótons a uma energia no centro de massa de 7 TeV (em 2010-11) e 8 TeV (em 2012), proporcionando uma luminosidade total integrada de cerca de  $5 \text{ fb}^{-1}$  a 7 TeV e  $20 \text{ fb}^{-1}$  a 8 TeV. Estes dados permitiram uma das descobertas mais importantes dos últimos tempos.

Após a descoberta do bóson de Higgs, medir com precisão as propriedades desta nova partícula será o objectivo principal do programa de física do LHC.

A pesquisa de nova física para além do modelo padrão (SM), potenciada pelo aumento da energia dos feixes, será o foco nos primeiros anos do Run II a iniciar em 2015. A Supersimetria é um exemplo de uma teoria, que consegue explicar muitas das questões que o SM deixa em aberto. No entanto não há ainda sinal desta teoria no LHC. Gluinos com massas inferiores a 1.3 TeV foram excluídos para modelos de supersimetria simplificados. A pesquisa de partículas supersimétricas é um dos principais objectivos do LHC com a energia de 13 TeV prevista para o Run II.

Um pouco mais a longo prazo, se não houver descoberta de novas partículas, a missão do LHC será repetir com o Higgs o que o LEP fez com os bósons W e Z, apontando com medidas de precisão a direcção em que Nova Física poderá aparecer.

O principal objectivo será medir com grande precisão os acoplamentos do Higgs aos bósons e a alguns fermiões (quarks top e b, taus e até múons) e, possivelmente medir o auto-acoplamento do Higgs, permitindo caracterizar completamente o potencial do campo de Higgs. Muitos outros estudos, tais como a confirmação directa do spin e da paridade do novo bóson, o estudo dos diferentes mecanismos de produção ou a pesquisa de outros bósons de Higgs com maior massa serão possíveis.

Além do Higgs, o estudo de precisão das propriedades do quark top, a medida da dispersão de pares de bósons W polarizados longitudinalmente, ou a medida dos acoplamentos triplos e quárticos entre bósons vectoriais são alguns dos estudos de grande importância a realizar.

É uma perspectiva de trabalho árduo e sério de experimentalistas e teóricos ao longo de muitos anos ou décadas, necessário para medir os fenómenos conhecidos com uma precisão da ordem do por cento, procurando pequenas discrepâncias relativamente às previsões do modelo padrão que possam informar os modelos teóricos.

Proporcionar a luminosidade integrada necessária para levar a cabo este programa de física é a motivação do programa de Upgrades, quer da máquina quer dos detetores, que a comunidade do LHC vem preparando há já muito tempo. Este programa está organizado em 2 fases: 2019-2021, com uma luminosidade instantânea de  $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  e que proporcionará um total de  $300 \text{ fb}^{-1}$  de colisões pp, e 2023-2030, com uma luminosidade

ATLAS Preliminary (Simulation)

$\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ :  $\int \text{Ldt} = 300 \text{ fb}^{-1}$ ;  $\int \text{Ldt} = 3000 \text{ fb}^{-1}$

$\int \text{Ldt} = 300 \text{ fb}^{-1}$  extrapolated from 7+8 TeV

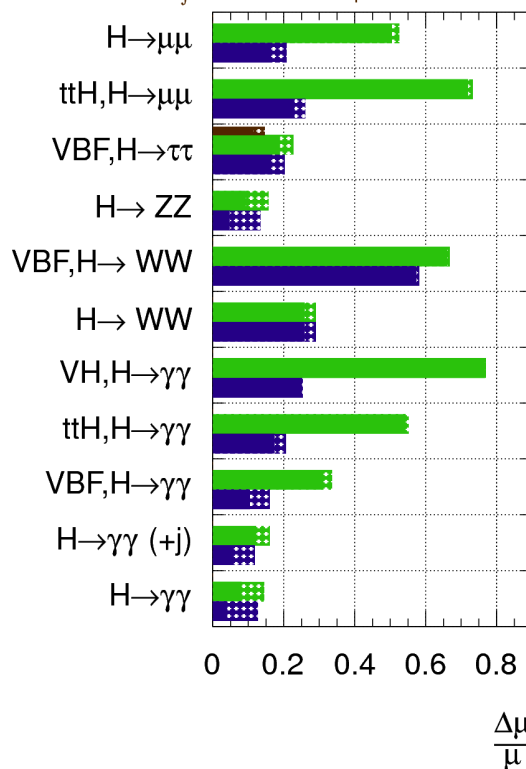


Figura: incerteza relativa esperada na medida de alguns dos mecanismos de produção e decaimento do bóson do Higgs para  $300 \text{ fb}^{-1}$  (verde) e para  $3000 \text{ fb}^{-1}$  de luminosidade integrada.

instantânea de  $5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  e uma luminosidade integrada total de  $3000 \text{ fb}^{-1}$ . Estas condições implicam um aumento considerável no número de colisões em cada cruzamento dos pacotes de prótons, com respeito aos valores nominais. Para manter o seu desempenho em condições muito mais exigentes, os detetores ATLAS e CMS terão de ser melhorados.

Além do programa de física com prótons, o LHC tem também um amplo programa de física de íons pesados, com o estudo de colisões chumbo-chumbo a uma energia no centro de massa de 5.5 TeV por par de nucleões. O objectivo principal é o estudo detalhado do plasma de quarks e gluões. A luminosidade integrada total esperada, até 2022, é de  $1 \text{ nb}^{-1}$ , o que significa incrementar a estatística atual por mais do que uma ordem de grandeza.

Em conclusão, os resultados impressionantes do Run I e o enorme trabalho já realizado na preparação dos melhoramentos (Upgrades) dos detetores mostraram que um colisionador hadrónico pode ser uma máquina de medidas de precisão, contrariando ideias preconcebidas nesta matéria. Claro que uma nova descoberta no Run II pode alterar radicalmente este cenário, mas essa será outra história.

# DESTAQUE

## Os Upgrades de ATLAS

Agostinho Gomes, Patricia Conde Muiño

O programa de consolidação e melhoria do detetor ATLAS tem em vista prepará-lo para a aquisição de dados a alta energia com 14 TeV no centro de massa e alta luminosidade até  $5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no chamado HL-LHC. O programa está dividido em várias fases, desde a consolidação do detetor que está em curso, até às fases 1 e 2, com as atualizações para esta última a estenderem-se até cerca de 2022 para preparar o detetor para a alta luminosidade do HL-LHC.

Em termos de consolidação do detetor, estão em curso a substituição de fontes de alimentação de baixa tensão dos calorímetros, a adição de blindagens para neutrões e a melhoria do sistema de arrefecimento do detetor interno de traços, entre outros.

A primeira melhoria de relevo é a introdução do IBL (Insertable B-Layer), com pixéis menores e mais próximos do feixe, melhorando o desempenho na reconstrução de traços, vértices, b-tagging e reconstrução de taus.

Seguem-se, na chamada fase 1, melhorias importantes dos detetores de muões (New Muon Small Wheels), e do sistema de trigger com o nível 1 dos calorímetros a aumentar a granularidade, a introdução de um trigger topológico, a atualização parcial da arquitetura e a implementação em hardware de um Fast Track Trigger capaz de melhorar significativamente a identificação de jactos b, a reconstrução de taus, o isolamento de leptões, etc.

A maior parte das atualizações necessárias para o funcionamento do detetor a alta luminosidade ocorrerão mais tarde numa chamada fase 2 e não serão aqui referidas, exceptuando a eletrónica do Tilecal. Devido a obsolescência e envelhecimento, a eletrónica localizada no detetor terá que ser substituída, incluindo o sistema distribuidor de alta tensão. Desde agora e até 2018 serão construídos vários protótipos (demonstradores) da eletrónica do Tilecal que irão sendo introduzidos, em fase de testes, em módulos do detetor ATLAS, tendo que ser completamente funcionais e compatíveis também com o sistema atual.

O LIP vai contribuir para este programa nos 3 sub-sistemas que se seguem.

### TILECAL

O Tilecal é o calorímetro hadrónico da região central do detetor ATLAS. É um enorme detetor em forma de cilindro, dividido em três compartimentos (um barril central de 5.5m de comprimento e duas extensões) e que serve para medir a energia das partículas que o atravessam, em geral hadrões (e muões).

O Tilecal tem como material activo cintiladores de plástico embebidos numa matriz de aço que funciona como absorvedor e suporte mecânico. A luz produzida nos cintiladores é coletada por fibras óticas deslocadoras de comprimento de onda (WLS) e transmitida por estas até fotomultiplicadores que se localizam no interior de vigas de ferro na região mais exterior do detetor.

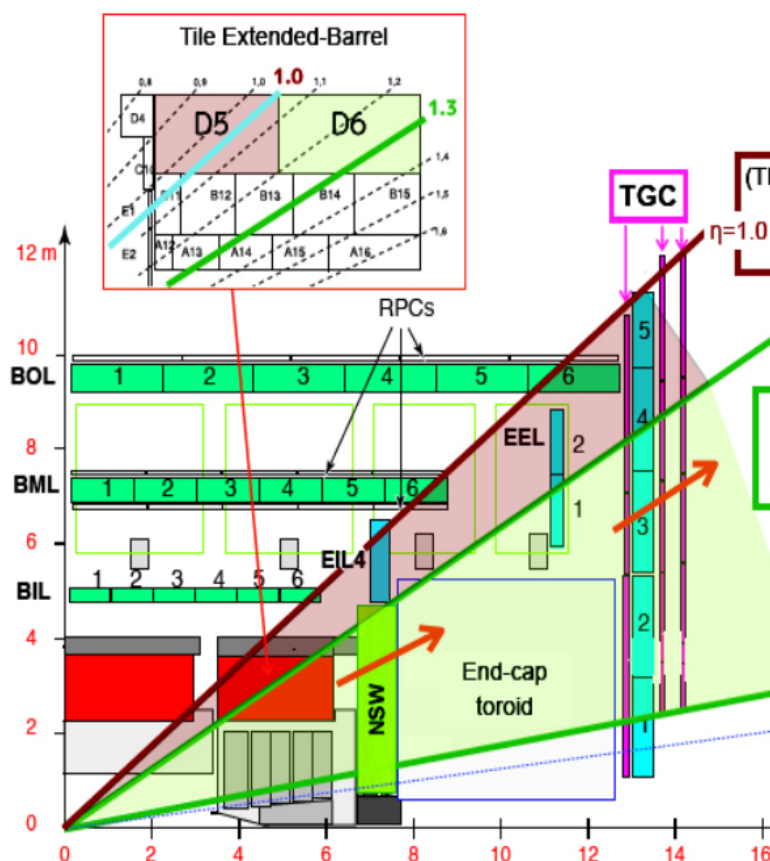
O material ativo do Tilecal está a envelhecer devido ao tempo e à radiação a que está sujeito, mas na maioria das células do

calorímetro as perdas de eficiência luminosa máximas esperadas apontam para que no fim da fase 2 esta seja ainda pelo menos 20 a 30% da inicial, o que permite que a ótica ainda funcione nessa altura. Assim, não se prevê substituição dos cintiladores e das fibras óticas WLS.

No entanto existe um conjunto de células especiais designadas por cintiladores do gap e crack, situados entre o barril central e as extensões e o crióstato do calorímetro eletromagnético, e que são usadas para recuperar o máximo de informação relativa à energia depositada no crióstato e outras zonas contíguas. Esses cintiladores e as respectivas fibras WLS estão expostos a doses de radiação cerca de 10 vezes superiores ao resto do calorímetro e torna-se assim imperativo substituí-los por volta de 2018. Com vista a essa substituição serão testados novos cintiladores e fibras de forma a escolher materiais resistentes à radiação.

A eletrónica do Tilecal será completamente substituída para o HL-LHC. Por um lado será necessário eletrónica nova para o sistema de trigger completamente digital exigido para as condições do HL-LHC, por outro existe o envelhecimento da eletrónica atual que já se começa a fazer sentir e que exigiria também só por si uma renovação significativa.

Além de ser modificada a eletrónica de aquisição, digitalização e envio dos sinais para o back-end, recorrendo a ligações óticas de grande largura de banda, também o sistema de distribuição de alta tensão localizado nas gavetas inseridas nas vigas do Tilecal será completamente refeito. Esse sistema baseado num projecto original de Clermont-Ferrand, será atualizado por uma nova versão cujo primeiro protótipo foi desenvolvido por Argonne National



Região angular  $1.0 < \eta < 1.3$  em que as células D5 e D6 do Tilecal vão contribuir para o nível 1, em coincidência com as câmaras de muões TGC, para reduzir o número de trigger

# DESTAQUE

Lab e que será continuado por novos protótipos desenvolvidos pelo grupo português que neste momento está a seleccionar DACs e ADCs resistentes à radiação para utilizar no sistema de alta tensão, preparando placas para testes de irradiação com neutrões e radiação gama a efectuar em Sacavém, no Campus Tecnológico e Nuclear do IST.

Depois da seleção de componentes, será projectado um novo protótipo da placa de distribuição de alta tensão com vista a ser integrado nos protótipos da nova eletrónica do Tilecal, chamados demonstradores, e que serão incluídos em módulos do Tilecal no detetor ATLAS.

Ao mesmo tempo que se prepara a nova eletrónica, prepara-se também o respectivo sistema de controlo (DCS) e a actualização do DCS completo de forma a poder funcionar num sistema em que coabitam toda a eletrónica original e a eletrónica futura, que está a ser desenhada para substituir a actual em 2023.

## Trigger

O sistema de trigger é utilizado para seleccionar eventos produzidos nas colisões que ocorrem a cada 25 ou 50 ns, combinando hardware especializado (primeiro nível ou L1) e computadores com software específico (segundo e terceiro nível ou L2 e HLT). A velocidade de processamento do trigger e a eficiência a rejeitar triggers falsos são determinantes para um bom desempenho do trigger e para que não se percam eventos com interesse.

As células mais exteriores (células D) do Tilecal, na região angular correspondente às extensões do barril do Tilecal, vão ser adicionadas ao sistema de trigger de nível 1 de muões com vista a reduzir o número de triggers falsos gerados por partículas de baixo momento. O grupo português tem participado na validação deste trigger. Este projecto designado Tile D conta já com parte da infraestrutura pronta, pois os sinais analógicos e respectivos cabos existem desde o início. Está em desenvolvimento uma placa para digitalização dos sinais do Tilecal (TMDB) e o grupo português vai participar no desenvolvimento do firmware, testes do protótipo e montagem.

Para o segundo e terceiro nível do trigger, as mudanças relativas à fase de alta luminosidade são motivadas pelas novas exigências de física, as melhorias do detetor e a evolução da tecnologia. As mudanças

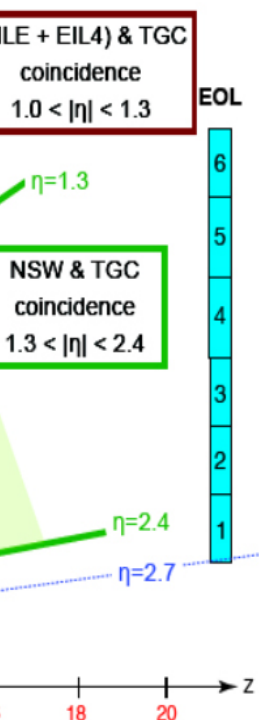


Diagrama do sistema de trigger de muões de nível 1, mostrando as regiões de coincidência de triggers falsos.

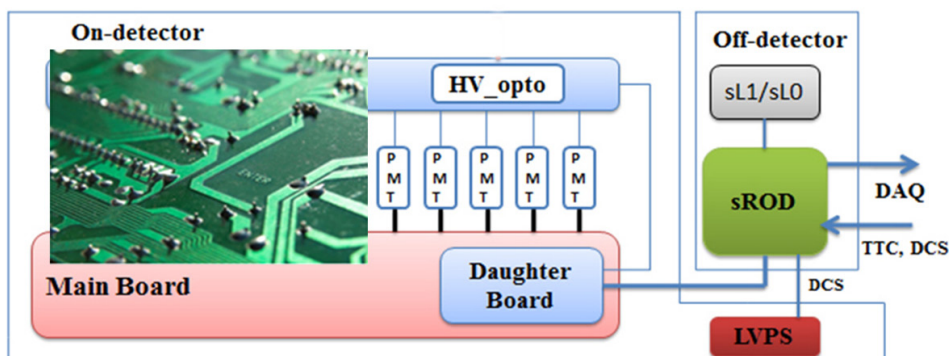
introduzidas no primeiro nível do trigger, L1, implicam que muitas das estratégias usadas atualmente no HLT sejam já introduzidas no L1. Para manter a taxa atual de rejeição, em condições de empilhamento e luminosidade muito mais exigentes, o HLT terá de melhorar a estratégia da seleção, usando uma reconstrução mais semelhante à do offline e otimizando as condições de seleção para os processos de física com interesse.

O HLT e o sistema de aquisição de dados baseiam-se na utilização de computadores comerciais que se substituem sistematicamente em ciclos de 4 ou 5 anos. Para a fase 1, haverá uma nova geração de processadores, com melhores capacidades. Ainda que seja difícil prever a evolução das tecnologias, parece que a tendência atual aponta para um maior número de processadores (ou "cores"), com menor consumo energético e com memória limitada. Uma outra opção também viável é o uso de processadores dedicados para certo tipo de tarefas, tal como o uso de unidades de processamento gráfico (GPUs) para tarefas altamente paralelizáveis. A utilização eficiente destas novas tecnologias, e o desenho de software que as utilize de forma eficiente é um campo ativo de investigação em que o grupo português está a participar e que levará à escolha em 2017 da tecnologia mais adequada às necessidades do HLT de ATLAS e à implementação de novos algoritmos de trigger adaptados e otimizados para tirar o melhor proveito destas tecnologias.

## AFP

O detetor AFP (ATLAS Forward Proton tagging detetor) que será instalado a 210 metros do ponto de interação, dentro do tubo do feixe, terá como objectivo detetar os protões difratados a ângulos muito pequenos, assim como medir o seu momento e o tempo de chegada. Será composto por duas estações de tracking, feitas de pixéis de silício e um detetor de tempo de voo, feito com barras de quartzo (Quartic). O AFP não só permitirá estudar um amplo programa de física difractiva, mas também irá converter o LHC num colisionador de fotões! Neste tipo de interações, os protões difractados emitem fotões que se aniquilam dando lugar, por exemplo, a um par de bosões W. Os protões mantêm-se intactos, sendo detectados pelo AFP. Toda a energia perdida pelos protões é usada na produção do sistema central, dando lugar a eventos muito limpos. A utilização do AFP nas pesquisas de acoplamentos quárticos anómalos, permitirá melhorar num factor 100 os limites que se poderiam obter com apenas o detetor central.

O LIP participará no AFP no desenvolvimento da estratégia de trigger que combine o detetor central com o AFP e na implementação dos triggers de identificação de protões difratados.



Esquema mostrando a localização das placas HVDS (HV\_opto) no detetor. O controlo e a comunicação são feitos via Daughterboard que comunica com o sROD localizado fora do detetor através de ligações óticas.

# DESTAQUE

## Os Upgrades de CMS

**Federico Nguyen, João Varela, José Carlos Silva, Michele Gallinaro**

Iniciados no long shut-down em curso (LS1) e prosseguindo até ao HL-LHC, uma série de Upgrades do detetor CMS estão em andamento. Designamos por Fase-1 as atualizações implementadas antes ou durante o segundo long shut-down (LS2) em 2019. Existem três grandes projetos na Fase-1: a substituição do detetor de pixel com três camadas por um detetor com quatro camadas, um novo sistema de L1 Trigger com maior granularidade e capacidades adicionais de processamento, e uma atualização dos foto-sensores e eletrónica do calorímetro hadrónico para reduzir ruído de fundo e melhorar a medição de jets e missing energy. Um novo detetor, o Precision Proton Spectrometer, que será instalado a 200 m do ponto de interação em ambos os lados da experiência, permitirá, entre outras, a medida dos acoplamentos de gauge com excelente sensibilidade.

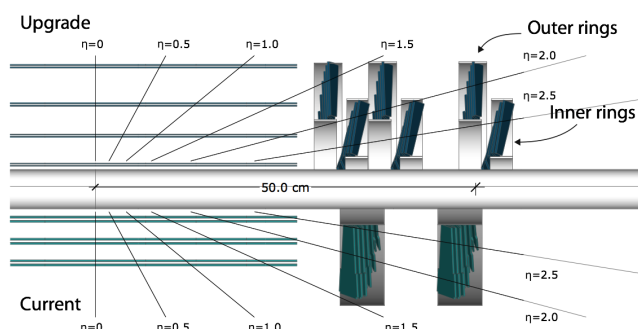
O objectivo principal da Fase-1 é manter o bom desempenho do detetor com uma luminosidade duas vezes superior ao valor nominal do LHC. Com esta luminosidade ( $2.1034\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) o número de interações simultâneas (pileup) em cada cruzamento de feixes será 50 em média (o dobro do Run I), e o espaçamento entre bunches de feixe será de 25 ns (metade do Run I). O sistema de Trigger será inteiramente substituído por nova eletrónica baseada na utilização massiva de ligações óticas e unidades programáveis (FPGA) com dezenas de milhões de portas lógicas. O desafio é gigantesco: manter os limiares de trigger nos níveis presentes (relativamente baixos), necessários para uma seleção de Higgs com elevada eficiência, e ao mesmo tempo manter a taxa de trigger dentro dos limites do sistema de aquisição de dados, com feixes três vezes mais intensos e duas vezes mais energéticos do que no Run I.

O HL-LHC prevê feixes com luminosidade instantânea 10 vezes superior à luminosidade nominal do LHC. Consequentemente, o programa de Upgrade para a Fase-2 tem uma escala diferente. De facto trata-se praticamente de reconstruir a totalidade do detetor, mantendo o solenoide supercondutor, a infra-estrutura, e pouco mais.

O sistema de tracking será completamente substituído uma vez que o atual irá atingir no LS3 o limite do tempo de vida esperado dada a radiação a que está sujeito. Além de permitir a reconstrução de traços num ambiente de pileup extremo (100-200 eventos), o tracker vai também fornecer um tracking trigger de nível 1, reconstruindo partículas carregadas com  $p_T$  maior do que 2.5 GeV. Além disso, a eletrónica de todos os sistemas será substituída de forma a possibilitar uma taxa de trigger dez vezes superior.

As medidas de precisão exigem que o desempenho da calorimetria eletromagnética e da reconstrução de jets e missing energy se mantenha no HL-LHC. Neste contexto, prevê-se a substituição dos calorímetros dos end-caps por tecnologia extremamente resistente a radiação, numa geometria de grande granularidade (imaging calorimeter, com 1 a 2 milhões de canais).

O grupo LIP/CMS está atualmente envolvido em três projetos de Upgrade: L1 Trigger Fase-1, Precision Proton Spectrometer, e Pixel Trigger na Fase-2.



Esquema do detetor de píxeis, comparando o detetor usado no Run I (metade inferior) e o detetor futuro (metade superior).

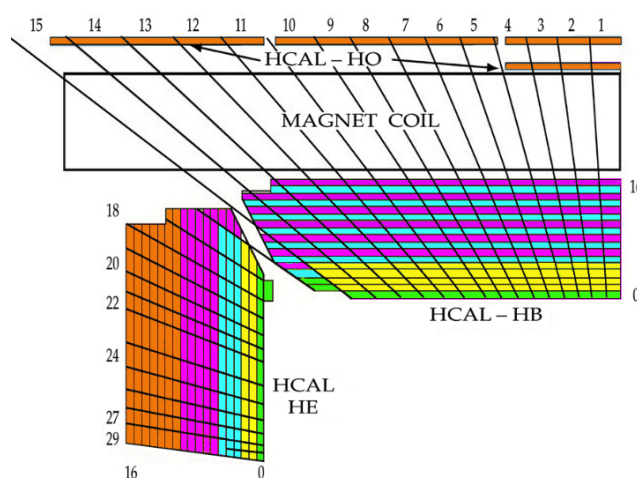


Ilustração da segmentação longitudinal no calorímetro HCAL após o Upgrade Fase-1, resultando numa maior granularidade.

## Upgrade do trigger de CMS: do cobre à fibra.

Com o aumento de luminosidade e do número de colisões simultâneas previsto para o LHC nos próximos anos, o Trigger de CMS tem de ser substituído por um com maior performance.

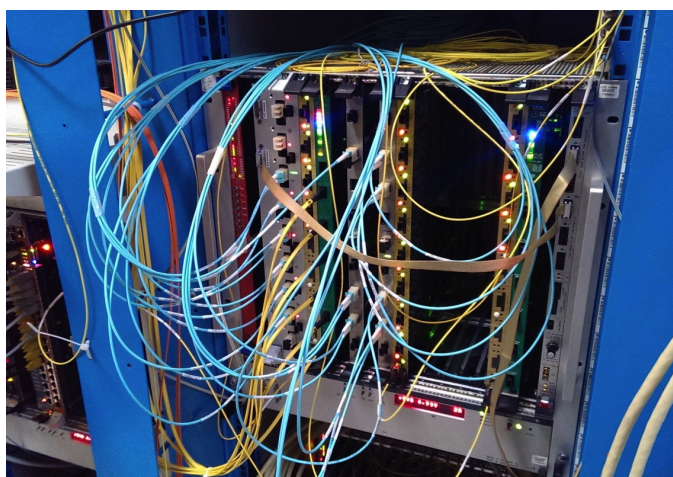
O Long Shutdown 1 está a ser utilizado para substituir parte da eletrónica do Trigger com vista ao funcionamento em regime de alta luminosidade. Até que o novo Trigger fique funcional é preciso manter o Trigger atual em funcionamento em paralelo com os desenvolvimentos do novo Trigger. No caso do ECAL, a solução adotada foi a substituição dos módulos Synchronization and Link Boards (SLB) que se ligam ao sistema por cabos eléctricos de cobre, por uma versão ótica, as "optical SLB" ou oSLBs, munidas de um duplo transmissor ótico, que permite enviar os dados de trigger do ECAL a dois destinatários: o trigger antigo e o trigger novo.

Um dos principais desafios para estas novas placas, as oSLBs, é o facto de terem de ser instaladas no mesmo espaço físico que as actuais SLBs, e terem que partilhar as alimentações e os relógios de referência das placas existentes não obstante funcionarem a uma

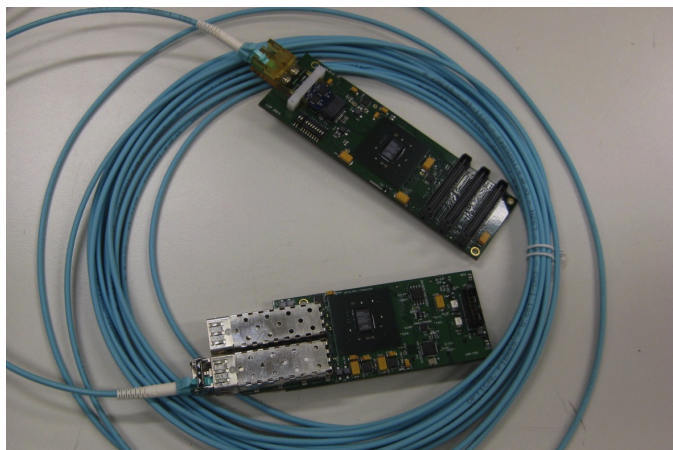
# DESTAQUE

frequência de transmissão quatro vezes superior (2x 4.8Gbps) em relação à versão em cobre (4x 1.2 Gbps).

O LIP, tendo sido responsável pelo desenho das placas originais (SLB) é também responsável pelo desenvolvimento e produção das novas oSLBs (650 unidades). Durante o processo de desenvolvimento ficou também claro que seria o LIP a desenhar e produzir as placas receptoras dos links ópticos (as optical Receiver Mezzanines, oRMs, 650 unidades) para as entradas do Regional Calorimeter Trigger (RCT), em substituição das placas receptoras actuais.



Módulos oSLB instalados nas placas de Trigger do ECAL (uma oSLB por cada fibra azul).



Conjunto oSLB (cima) e oRM (baixo) "made in LIP".

Neste momento já temos a produção total entregue e o banco de teste da produção está instalado no edifício 904 no CERN. Depois de validarmos um número suficiente de módulos vamos proceder à sua instalação na caverna de CMS.

## Precision Proton Spectrometer

As colaborações CMS e TOTEM vão associar-se num projecto comum que visa adicionar um espectrómetro de prótons localizado numa região da linha de feixe do LHC a uma distância de 200-225 m de CMS, com detetores em ambos os lados do ponto de interação em CMS. Este espectrómetro, juntamente com o detetor central de CMS, permitirá o estudo de estados finais inclusivos ou exclusivos produzidos em associação com prótons, como WW ou pares de jets ou potencialmente novos estados finais reveladores de física além do modelo padrão. A capacidade de medição de prótons forward vai aumentar o potencial do detetor CMS para o programa de física do LHC em vários sectores e extensões do SM. Estas contribuições incluem física eletrofraca em interações de dois fótons, e a capacidade única de medir os acoplamentos quárticos de bósons de gauge.

O novo detetor na região forward inclui detetores capazes de reconstruir a trajetória dos prótons (detetores de pixel,  $\sim 10\mu\text{m}$ ,  $\sim 1\text{mrad}$ ) e detetores dedicados a medir informação temporal (com uma resolução de  $\sim 10\text{-}20\text{ps}$ ) projetados de forma a possibilitar estudos de física nas condições nominais de tomada de dados próton-próton a alta luminosidade.

O grupo LIP/CMS irá contribuir para este projeto com o desenvolvimento do sistema de leitura dos detetores de tempo, aproveitando o TOFPET ASIC desenvolvido no LIP para uma aplicação de PET. O grupo LIP/CMS vai também participar na construção, montagem, teste e análise de dados.

Dois membros do grupo detêm atualmente as posições de Project Manager e de Physics Performance Convener.

## Pixel Trigger na Fase 2

O HL-LHC vai começar em torno de 2024-25, com particular destaque para as medidas de precisão das propriedades do bóson de Higgs e para o alargamento das pesquisas de fenómenos para além do Modelo Padrão. De forma a atingir estes objetivos, o tracker será completamente substituído por um novo, capaz de operar num ambiente de muito alta intensidade. Além disso, os algoritmos atuais de trigger serão melhorados utilizando informação produzida pelos detetores de strips e de pixéis de silício. Estudos utilizando simulações mostram que a associação de traços quer a clusters nos calorímetros ou a traços nos detetores de muões, permite ganhos assinaláveis (uma ordem de grandeza) na taxa de trigger de nível 1 sem perda de eficiência. Para além disso, a utilização dos detetores de pixéis permite, em princípio, a identificação de vértices secundários e, consequentemente, a seleção de b-jets no primeiro nível de trigger, o que seria um enorme break-through para o trigger de CMS. Tendo em conta o rápido desenvolvimento de novos sensores de pixéis e da eletrónica de leitura associada, explorar-se-ão algoritmos de reconstrução de traços, quer em modo self-triggered, quer guiados por informação externa (e.g., chuveiros nos calorímetros).

O grupo LIP/CMS é membro do consórcio INFIERI, financiado pelo programa EU-FP7, no qual esta linha de investigação se enquadra enquanto parte dos seus objetivos.

# DESTAQUE

## The top quark: Twenty years after it first appeared in Fermilab data

**Michele Gallinaro**

Almost exactly twenty years have passed since the presence of top quarks was first detected in the Fermilab data. The top quark is the sixth and quite possibly the last quark. It was expected that the top quark must exist since 1977, when its partner, the bottom quark, was discovered. The weak isospin partner of the bottom quark had been missing since then. The top quark completed the three-generation structure of the standard model.

The long search for the top quark engaged researchers at laboratories around the world for many years. For masses below that of the W boson, the W would decay into a top and a bottom quark. By the start of Run1 in 1992, CDF had extended the top mass limit to 91 GeV, thus eliminating the possibility for W decaying to top. This was a milestone. We knew top quarks would be predominantly produced in pairs. Among the most striking features of a top event are the jets produced by bottom quarks. The bottom quark travels in a jet as part of a meson or baryon, then decays roughly half a millimeter from where it was generated.

It took many years to build the CDF and D0 (pronounced "dee-zero") detectors, enormous and complicated instruments with hundreds of thousands of electronics channels. Now, they would probably be considered "small toys" when compared to the humongous CMS and ATLAS experiments. The CDF detector had the strong point in the ability to track accurately the paths of individual particles in a magnetic field, while the D0 experiment relied on an extremely precise segmented calorimeter, allowing a precise energy measurement. Both CDF and D0 were international collaborations of more than 400 physicists, in addition to numerous engineers, technicians and support personnel. The rival independent teams did not collaborate on their analyses, although

some exchange of information was inevitable. More than a couple had a spouse in the other experiment. In order to prevent rumors spilling out, each experimental group would give the other one-week notice before announcing a major result.

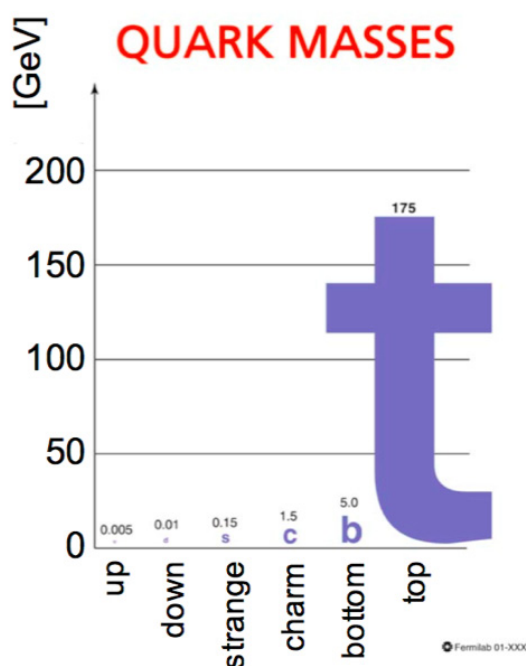
**In October 1992, a few months after the start of taking data, we saw the first indication of a top event. It was a striking event and it was analyzed in excruciating detail.** It was a dilepton event, with one electron and one muon, large missing momentum, and at least two jets. It was probably it, but a single event was not sufficient. We needed to find more. Four large groups were searching in different final states. The first event showed up in the dilepton channel. Two teams were seeking top quarks in the "single-lepton plus jets" final state using different strategies in looking for a bottom jet, either through misplaced track in the silicon vertex or looking for low-energy leptons. A fourth group was looking at the kinematic characteristics of the events.

The process took several months of endless meetings answering questions while attempting to keep results quiet. By early 1994, we had isolated 12 events that were subject of extensive studies. We estimated that roughly 5.7 background events were expected. The probability that background alone was responsible for these 12 events was about one in 400, leaving a small doubt it was anything else other than top. The top mass was reconstructed. If the events were indeed from top quark pairs, the reconstructed mass should be clumped close to the true top mass, while background events would give a much broader distribution. The mass indeed clustered in a narrow range, implying a top mass of about 174 GeV (very close to the current best value of 173.3 GeV).

**After much debate, on April 22, 1994, we finally submitted the paper for publication. It was decided to report the result as "evidence" for top quark production and not as a "discovery".**

A few days later, we held a seminar and press conference at Fermilab to announce the findings. The D0 collaboration presented the results as well. Although their search was designed for a lower top mass, they also had one exceptional event recorded earlier in the run. About 1000 physicists and numerous technicians and engineers contributed to this collaborative effort to find the top quark.

Many years after its discovery, the top quark still plays a fundamental role in the program of particle physics. The study of its properties has been extensively carried out in high-energy hadron collisions. However, a few important questions still remain unanswered. The baton has passed onto the LHC to find out the answers.





# CIÊNCIA E POLÍTICA

## Reacção à Política Científica

### Carta do Concelho dos Laboratórios Associados

21 de Janeiro, 2014

Os resultados do concurso nacional de bolsas de doutoramento e pós doutoramento lançado em 2013 pela FCT foram agora tornados públicos.

Por decisão da FCT e do governo, foram atribuídas apenas metade das bolsas de doutoramento habitualmente concedidas, e menos de um terço das bolsas de pós-doutoramento. Depois de há poucas semanas de terem sido excluídos mais de 1000 investigadores doutorados enviando-os para o desemprego ou para o exílio forçado, esta nova decisão apenas parece confirmar a vontade de reduzir a comunidade científica portuguesa.

Tais medidas não resultam de cortes no orçamento da FCT, que se mantém quase idêntico ao do ano anterior. A questão não está pois na falta de recursos financeiros mas sim numa absoluta falta de conhecimento das regras elementares do desenvolvimento científico.

Reduzir drasticamente, como se pretende, a formação avançada de recursos humanos em ciência, e mandar embora grande número de cientistas qualificados, tem como consequência imediata reduzir a capacidade científica do País e a sua cultura científica e conduz ainda, inevitavelmente, à quebra de capacidade tecnológica do tecido empresarial português, atrasando a sua renovação e penalizando a sua competitividade.

Dois argumentos foram finalmente apresentados em defesa destas medidas, tomadas à revelia das instituições científicas e académicas.

O primeiro argumento, ditatorial, afirma sem vergonha que, tendo o sistema científico crescido muito haveria que “podá-lo”, isto é, mandar para o desemprego e para o exílio, a maioria dos mais jovens e mais capazes, há poucos anos recrutados por concurso público internacional.

O segundo argumento, contudo, tenta convencer-nos que nada mudou. O desemprego e emigração forçada de cientistas agora impostos pela FCT seria apenas, como ouvimos estupefactos, “uma mudança de paradigma”. O que eram dantes bolsas e contratos pagos pela FCT seriam doravante bolsas e contratos pagos por projetos científicos dos laboratórios, a financiar pela FCT. A ser verdadeira essa intenção teriam sido, primeiro, financiados projetos com fundos suficientes para contratar investigadores e, seguidamente, se alteraria o financiamento de bolsas e contratos. Mas nada disso aconteceu. Aconteceu, sim, termos hoje grupos científicos decapitados e muitos mais investigadores à procura de emprego no estrangeiro.

O CLA não quer acreditar que estas medidas tenham sido aprovadas pelo primeiro-ministro, ou pelo governo no seu conjunto, nem que tenham a concordância do parlamento ou o apoio do Presidente da República.

Acreditamos sim que todos os quadrantes políticos, sem excepção, designadamente os partidos hoje responsáveis pelo governo, estão unidos na aposta no desenvolvimento científico do País.

Por isso apelamos hoje de forma veemente a todos os responsáveis para a urgentíssima e indispensável inversão das medidas tomadas.



### Carta dos investigadores do LIP

26 de Fevereiro, 2014

Exmo. Sr. Presidente da FCT,

Os investigadores do LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas estão profundamente preocupados com a situação atual e com o futuro da investigação científica em Portugal. A instabilidade e redução do emprego científico, a incerteza gerada pela falta de financiamento das instituições e projetos e o clima de desconfiança sobre a gestão dos diversos processos de avaliação da FCT são as razões principais da nossa preocupação.

O LIP participou diretamente numa importante descoberta científica deste século, a descoberta do Bosão de Higgs em 2012. Para tal foi necessária uma preparação de duas décadas, em que grandes equipas internacionais superaram, em cooperação, uma série de desafios tecnológicos, com impacto direto na transferência de tecnologia da ciência para a sociedade portuguesa, e com a participação de engenheiros e indústria, para além dos investigadores envolvidos nas pesquisas de ciência fundamental. Cortar o investimento na ciência fundamental trará custos futuros elevadíssimos também para outros sectores: segundo um estudo independente encomendado pela Sociedade Europeia de Física, a indústria com base na Física representava já em 2010 cerca de 14% da economia europeia, e 13% do emprego a nível europeu.

A nossa atividade necessita de equipas sólidas que levam anos a constituir e que são o maior recurso de qualquer instituição científica. Contudo, com o crescimento do sistema científico português, também a precariedade laboral aumentou e hoje prolonga-se até fases cada vez mais avançadas das carreiras científicas. Desde os contratos de bolsa, sem reconhecimento do direito à segurança social como qualquer trabalhador por conta de outrem, aos contratos de duração limitada a cinco anos, sem integração e progressão numa carreira estabelecida. Esta situação está agora a ser agravada, num claro ataque ao emprego científico.

A diminuição drástica verificada tanto no número de contratos resultantes do concurso Investigador FCT, divulgadas no final de 2013, como no número de bolsas de pós-doutoramento e de doutoramento atribuídas no concurso para bolsas individuais

da FCT, põe em causa o funcionamento normal dos projetos de investigação em curso e compromete os projetos futuros.

Entendemos que os últimos concursos, atribuindo um número muito reduzido de contratos e bolsas, padecem de uma seleção demasiado restritiva: os contratos e bolsas são vistos como prémios, sujeitando a continuação da vida normal de investigadores, projetos e instituições a uma arbitrariedade insustentável. Nestas condições qualquer erro de avaliação, por pequeno que seja, pode excluir candidatos “excelentes”, tornando-se ainda mais importante que a avaliação seja rigorosa e transparente, com critérios razoáveis e adaptados às diferentes realidades de cada área. Tornam-se assim graves os múltiplos problemas técnicos nas plataformas informáticas da FCT que afetaram as várias fases dos concursos referidos. Mas, principalmente, são ainda mais inaceitáveis as interferências burocráticas nas avaliações científicas efetuadas por especialistas, sejam as alterações conhecidas às atas dos júris no concurso de bolsas individuais, ou a atribuição não justificada de 6 valores a candidatos do concurso Investigador FCT classificados com 7,5 valores por avaliadores externos, implicando a reprovação destes candidatos.

A comunidade científica sempre se baseou na avaliação por pares, mas a confiança no processo de avaliação e nos avaliadores é fundamental, assim como o acesso a toda a informação que possa permitir a discussão dos resultados finais. Os processos de avaliação pouco claros a que assistimos quebraram a confiança da comunidade científica nacional na FCT. É urgente restabelecer essa confiança. Exigimos, portanto, que toda a informação sobre as várias fases de avaliação dos concursos seja tornada pública, de modo a que seja cumprida a legislação aplicável, nomeadamente o Código do Processo Administrativo, a saber: a análise das candidaturas pelos especialistas, o resultado das reuniões finais dos júris e também a descrição das várias interferências burocráticas durante os processos de avaliação.

A diminuição drástica do número de bolsas individuais atribuídas tem vindo a ser apresentada como uma reorientação de recursos, em que os estudantes de doutoramento serão financiados principalmente por bolsas de programas doutorais específicos e os doutorados por bolsas em projetos financiados. Este parece-nos um ataque direto à liberdade e autonomia científica. Neste modelo, seria então necessário evitar o afunilamento das áreas de estudo financiadas, mantendo programas doutorais e projetos diversificados, cobrindo as várias áreas científicas de forma abrangente. Não sendo assim, corremos o risco de ver áreas inteiras de investigação a desaparecer, e outras que no futuro não se chegarão a consolidar. Além do mais, uma mudança de paradigma como a anunciada não se pode levar a cabo num só ano – e muito menos num ano em que apenas houve financiamento de projetos exploratórios, com a duração de 12 meses e destinados a um segmento muito restrito da comunidade científica. Entendemos assim que esta alteração leva a uma diminuição efetiva no número de investigadores doutorados e doutorandos, assim como dos temas de investigação.

As instituições já se confrontam com a saída de elementos essenciais às suas equipas, com destino a outras paragens onde as suas competências são reconhecidas como necessárias e respeitadas. Esta emigração deve-se não só à falta de perspetivas de futuro que estes investigadores têm em Portugal, mas também à diminuição da capacidade das instituições em minorar os efeitos da precariedade laboral, pois estão também elas reféns de grandes incertezas no que diz respeito ao seu financiamento futuro.

No caso concreto do LIP, parte significativa do orçamento é financiado pelo Projeto Estratégico da FCT enquanto Laboratório Associado e em projetos de longo prazo cujo financiamento é reavaliado regularmente em concursos geridos pela FCT, em particular no âmbito do acordo de cooperação entre Portugal e o CERN. Não há, neste momento, um calendário concretizado para o concurso de financiamento de projetos no âmbito do acordo entre Portugal e o CERN, como não o há para os outros projetos de investigação. Entendemos que é necessário estancar de imediato a atual situação de incerteza e a crescente falta de confiança dos investigadores e das instituições na FCT. Para tal devem tornar-se desde já públicos os planos de financiamento das unidades de investigação e dos projetos previstos para o futuro próximo. Deve também ser estabelecida uma calendarização de longo prazo das oportunidades de financiamento e emprego, com regras claramente estabelecidas.

Os processos de avaliação de instituições e programas doutorais devem garantir o respeito pela liberdade e autonomia de investigação nas diversas áreas, com equilíbrio entre as ciências fundamentais e as aplicadas, e devem decorrer de forma clara e transparente, por forma a garantir a confiança nos seus resultados finais.

A ciência não pode ser reduzida exclusivamente a uma minoria de “excelência”. Só uma massa crítica de base, competente e diversificada, permite o aparecimento de novos temas de investigação e a abordagem de novos desafios. A ciência não se pode fazer com equipas voláteis. A ciência só se pode fazer com condições de estabilidade das equipas criadas que permita planear e desenvolver programas de investigação a longo prazo. São estas as bases de construção do conhecimento científico e da inovação tecnológica, sem as quais apostas isoladas terão menos condições para prosperar.

É urgente travar a erosão da comunidade científica nacional. Impõe-se uma mudança dos procedimentos da FCT, cujos métodos e resultados têm sido incompatíveis com a “excelência” que apregoa. A FCT deve cumprir o papel que lhe compete, retomando o diálogo com a comunidade científica, para que se possa restaurar a confiança perdida. Exigimos uma inversão da política que sustenta esta desastrosa gestão da ciência.

**Carta assinada por 94 membros do LIP entre investigadores chefes de projeto, investigadores, pós-docs, estudantes de doutoramento, engenheiros e técnicos.**



# PROJETOS

## LIP Minho

### Nuno Castro

A atividade do LIP no Minho iniciou-se em 2010, ano em que foi assinado um protocolo de colaboração ente o LIP e a Universidade do Minho. Neste momento fazem parte do LIP-Minho cerca de 20 pessoas, 6 das quais com Doutoramento.

**As actividades do LIP-Minho estão organizadas em quatro grandes grupos:**

- 1) Física de Partículas com Aceleradores
  - a) Grupo do Medidas de Precisão (top e Higgs), coordenado pelo António Onofre (LIP/U.Minho)
  - b) Grupo de Pesquisas de Nova Física (top, quarks pesados, etc.), coordenado pelo Nuno Castro.
- 2) Física de Partículas sem Aceleradores
  - a) Grupo de Astropartículas, coordenado pelo Raul Sarmento.
- 3) Computação, coordenado pelo António Pina.
- 4) Divulgação, coordenado pelo Henrique Carvalho.

## à conversa com António Onofre



### Como começou esta aventura do pólo do LIP no Minho?

Tudo começou em 2010. Eu tinha concorrido a um lugar de professor associado na Universidade do Minho e o José Carmelo telefonou-me e convidou-me para vir cá dar uma palestra. Disse-me mais ou menos isto: gostávamos de perceber quem você é. Temos boas informações, por exemplo do Jorge Romão do IST, mas não conhecemos a área, não percebemos bem o CV. Porque é que não vem cá falar-nos disso? Fui, falei do LHC. Tive muitíssimas perguntas. Também sobre a questão de as colaborações serem tão grandes: que sabem vocês do trabalho uns dos outros?

### Não havia nenhum grupo de Partículas ou Astropartículas no Minho ?

Não. O Centro de Física da Universidade do Minho tem grupos fortes na área da Física da Matéria Condensada; Ciência dos Materiais e outras Aplicações; muita coisa na área da engenharia, com relações com a indústria. Também no Grafeno, com artigos em co-autoria com os laureados com o Prémio Nobel da Física em 2010.

### Ganhaste o concurso, vieste... e depois ?

A ideia inicial era vir sozinho e integrar-me no Centro de Física. Mas não era muito claro como conciliar a investigação que eu fazia

e gostaria de continuar a fazer com o perfil do Centro. Percebi também que havia abertura para a criação de um grupo nesta área de investigação fundamental. Começou então a nascer a ideia de trazer o LIP cá para cima. O apoio da Direcção da altura foi importante. Em particular, o Mário Pimenta ajudou a fazer nascer a ideia e o Gaspar Barreira deu depois um "empurrão" fundamental. Estão os dois ligados ao nascimento do LIP no Minho.

### Nessa altura, avançaste sozinho ?

Não completamente. Já com este apoio no LIP, telefonei ao Nuno Castro, que estava a fazer um Post-Doc na Universidade de Granada e disse-lhe: Vou para o Minho. Queres ir lá ter? O Nuno disse logo que sim. Veio ainda em 2010, depois de ter ganho uma bolsa de Post-Doc cá.

### Como foram esses primeiros tempos ?

Começámos com as análises de ATLAS, com um grupo pequeno. Ao princípio, com estudantes em Coimbra. O apoio do José Carmelo e do Mikail Vasilevskiy foi fundamental. Do ponto de vista do ensino, peguei na Física Nuclear e na Física de Partículas - a introdução deste novo conteúdo foi importante.

Também foi importante a associação ao MAP-fis, o programa doutoral conjunto entre as Universidades do Minho, Aveiro e Porto.

### Como sentiste o ambiente por aqui ?

Encontrei uma Universidade jovem e com vontade de fazer a diferença.

O curso de física tem cerca de 30 alunos por ano, com um bom perfil, muito motivados e com vontade de participar. Desde o princípio que organizámos Masterclasses para os alunos de cá, por exemplo.

Outro bom exemplo foi o nascimento da colaboração com o Departamento de Informática.

### Vocês têm atualmente apoio técnico e projetos conjuntos no âmbito da computação no LHC. Como foi que tudo começou ?

O desafio que nos lançaram, e veio tudo a propósito das Masterclasses, foi o de fazermos apresentações no Departamento de Informática sobre assuntos interessantes para nós, físicos, e que pudessem ser temas de estágios ou teses de mestrado para eles. O primeiro problema abordado foi a optimização do código de análise que usamos em Atlas. Ganhamos num instante um factor espectacular nos tempos de execução dos nossos códigos de análise de dados. E deu uma tese de mestrado. Depois, fomos continuando, diversificando os projetos. Encontrámos ali miúdos que têm ideias, arriscam, fazem propostas. E um bom feedback do lado dos professores e orientadores. Temos agora uma aposta no desenvolvimento de ferramentas de "outreach", com o Henrique Carvalho e ligações ao CERN.

### E as astropartículas, como vieram ?

Vieram com o Raul Sarmento. O Raul tinha feito a tese a trabalhar no ITN, com o Pedro Vaz, e queria vir para o Minho. Ou se mudava para a física do LHC ou, aproveitávamos o background um bocado diferente que ele trazia para abrir uma nova linha. Ele trabalha hoje em Auger, em estreita ligação com o grupo de Lisboa, e já tem dois estudantes em Braga do último ano da Licenciatura em Física e que ficarão possivelmente para Mestrado.

## O grupo cresceu bastante de 2010 até agora...

Sim, e o grande salto deu-se já em 2013. Neste momento somos 19 pessoas no LIP Minho, incluindo todos os estudantes - alguns são do Porto. E pode-se dizer que temos em ponto pequeno as grandes áreas do LIP, claro que não em todas as suas vertentes: física de partículas com aceleradores, física de partículas sem aceleradores, computação. E também outreach. Cada uma destas áreas tem um responsável. Acredito que é preciso dar espaço às pessoas. É importante que as pessoas acreditem nos projetos e que a responsabilidade seja desde cedo partilhada. E é um grupo que funciona bem. Há um espírito de equipa e uma empatia entre as pessoas que me lembra os tempos de DELPHI.

## E do ponto de vista institucional ?

Do ponto de vista institucional, tem havido um apoio constante. Sente-se interesse em fazer desenvolver a área. Os problemas que surgem são resolvidos.

Temos por exemplo agora um problema de espaços devido ao crescimento rápido do grupo e estão a encontrar-se soluções. Parece-me que não vivemos tanto na angústia da instabilidade como tantos lugares do País hoje. Há pessoas que não posso deixar de referir, pelo seu apoio constante: Estelita Vaz, presidente da Escola de Ciências, Rui Vieira de Castro, Vice-Reitor para o ensino; e o Reitor, António M. Cunha.

*Desejos de que tudo continue de vento em popa!*

## Grupo de Computação do LIP Minho

### António Pina

A colaboração entre o Departamento de Informática e o LIP Minho teve início em 2011 em torno dos projetos de ensino: Mestrado em Engenharia Informática, Unidade Curricular de Especialidade em Computação Paralela Distribuída (MEI-UCE-CPD).



O objectivo principal era proporcionar aos estudantes de pós-graduação um primeiro contacto com a experiência ATLAS e a utilização das infraestruturas do LIP em Portugal e no CERN, em torno dos tópicos científicos relacionados com a necessidade de atender à demanda crescente de capacidade de processamento e armazenamento de grandes volumes de dados.

Desde aquela altura, foram sendo gradualmente estabelecidas outras parcerias, com destaque para:

- 1) a coorientação de mestrandos
- 2) a participação em candidaturas a projetos FCT
- 3) o suporte à infraestrutura Cluster do LIP-Minho
- 4) a participação nas proposta de candidatura do IDPASC Portugal ao programa Doutoral da FCT
- 5) a participação no comité local de organização do CSC2014

(CERN School of Computing) que terá lugar no Campus de Gualtar da UMinho em Agosto/Setembro de 2014.

Numa outra dimensão, as atividades desenvolvidas ao longo dos anos, nos domínios da computação distribuída, HPC e GRID, nomeadamente, as que resultam das responsabilidades científicas e técnicas por nós assumidas em vários projetos Internacionais e nacionais, permitiram estreitar os laços de cooperação com o LIP, tanto ao nível técnico, como humano.

É neste contexto que, motivados pela percepção da existência de um interesse efetivo em prosseguir a colaboração com o grupo ATLAS de investigação do LIP Minho que surgiu a oportunidade para a criação do grupo de computação. A expectativa é que desta decisão venha a resultar o aumento do potencial científico do LIP na UMinho e consequente possibilidade para a criação de novas dinâmicas de I&D e a obtenção de financiamentos para novos projetos.

## Escola e Workshop em Braga

### Catarina Espírito Santo

Muito recentemente, o LIP-Minho assumiu a organização da IV Escola IDPASC, que se realizou entre 20 e 28 de Janeiro de 2014 no Campus da Universidade do Minho em Braga. A escola contou com a participação de cerca de 25 estudantes, seis professores convidados e uma equipa de assistentes constituída por jovens investigadores.

Logo a seguir à escola, decorreu o Workshop "New Worlds in Particle, Astroparticle and Cosmology", que levou a Braga uma parte significativa da comunidade PASC nacional e de outros membros da rede IDPASC.

Destaca-se a sessão pública a cargo de Sergio Bertolucci, director de pesquisa do CERN, "Highlights in Particle and Astroparticle Physics: an overview", que teve casa cheia com os estudantes do ensino secundário da região.



# FORMAÇÃO

## IDPASC – passado, presente e futuro

**Mário Pimenta e Catarina Espírito Santo**

A IDPASC – International Doctorate Network in Particle Physics, Astrophysics and Cosmology foi lançada em 2010 e agrega universidades de Portugal, Espanha, França, Itália, Eslovénia e Brasil. Pertencem também à rede o CERN e o EGO – European Gravitational Observatory.

Nestes três anos e meio, perto de duas centenas de estudantes de doutoramento beneficiaram das actividades da rede: escolas, cursos de curta e média duração, workshops, seminários – alguns já acreditados em unidades ECTS reconhecidas pelas universidades da rede. Em particular, foram já realizadas quatro escolas gerais: Sesimbra, Dezembro de 2010; Udine, Janeiro de 2012; Santiago de Compostela, Janeiro de 2013; Braga, Janeiro de 2014. É tomando como momento presente a escola IDPASC de Braga que surge esta nota sobre o futuro da rede. Este é, de facto, um momento de viragem, quer no plano nacional quer no plano internacional.

A área da Física de Partículas, Astrofísica e Cosmologia (PASC) é central nos roteiros

### Testemunho escola de Verão

**IDPASC – Annecy Summer school**

**Pedro Carneiro**



A escola de verão GraSPA 2013 decorreu entre 22 a 26 de Julho, em Annecy-le-Vieux, França, no LAPP (Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique des Particules). Tinha como objectivo proporcionar aos 24 participantes de 7 nacionalidades uma perspectiva das diversas áreas da física de partículas e astropartículas, focando nas muitas questões em aberto que vão requerer a dedicação de uma nova geração de físicos, tanto a nível experimental como a nível teórico. Durante uma semana, oradores

para a ciência fundamental na Europa nos próximos anos. Além disso, os sub-domínios PASC têm atualmente fronteiras difusas – já não é possível, separar o infinitamente grande do infinitamente pequeno, tal como não é possível separar a teoria da experiência – os progressos significativos estarão necessariamente ligados a esta abordagem interdisciplinar.

No plano nacional, a área PASC foi uma aposta forte das últimas décadas – muito trabalho e consideráveis recursos foram investidos na construção de uma comunidade cuja actividade de investigação e formação é de nível internacional. Entre 2010 e 2012, a rede IDPASC coordenou três concursos de atribuição de bolsas de doutoramento FCT. No total, 21 bolsas foram atribuídas, sendo 15 dos seleccionados estudantes estrangeiros.

O momento particularmente difícil que vivemos na política científica em Portugal ocupa já duas páginas deste Boletim. Torna-se agora ainda mais claro que, para que se continue a construir ou, pelo menos, o investimento feito a todos os níveis não se perca, é neste momento necessária uma aposta na qualidade da formação e investigação, capaz de atrair estudantes das universidades portuguesas e estrangeiras, aliada à partilha e optimização da gestão dos recursos existentes.

de diversas instituições europeias falaram de tópicos desde o modelo padrão e neutrinos, às ondas gravitacionais e deteção de raios cósmicos. Entre os 24 participantes estiveram 4 alunos portugueses do IST, FCUL e FCUP.

Tornei-me membro da rede IDPASC no início do ano e, como aluno do 3º ano de Física, não hesitei em concorrer à GraSPA 2013, a oportunidade perfeita para participar num evento internacional de formação em física de partículas.

As aulas decorreram das 08:00 às 18:00 e dividiram-se em teóricas e experimentais, relativas a cada uma das áreas. O programa incluiu ainda uma sessão de computação sobre ROOT. Tivemos também acesso a um tour completo dos laboratórios do LAPP. Uma clara mais-valia no programa foram as duas sessões de dúvidas com os oradores, que decorreram num ambiente muito informal e agradável num jardim do laboratório. Esta oportunidade de ouvir a opinião de profissionais com muitos anos de experiência, mas também com um grande entusiasmo visível no discurso, foi verdadeiramente marcante. Nestas sessões de dúvidas foi salientada a urgência de atrair novos alunos de doutoramento para dar continuidade ao trabalho. O facto de a escola

É neste espírito que as Universidades de Lisboa, Coimbra, Porto, Minho e Évora, e o LIP, se aliaram para apresentar ao concurso para programas de doutoramento da FCT o programa IDPASC – Portugal, programa de doutoramento em Física de Partículas, Astrofísica e Cosmologia. Um aspecto extremamente positivo é que todos os grupos com actividades na área PASC nestas instituições participam na proposta. Pretende-se que este programa de doutoramento PASC corresponda na prática a um salto em frente no nível de integração das diversas instituições – que não se tratem já de programas de doutoramento totalmente independentes com algumas actividades enriquecedoras realizadas em comum; mas de um programa de referência em que os estudantes podem, de facto, seleccionar cursos entre o conjunto de todas as cadeiras disponíveis em todas as instituições, possam assistir aos cursos localmente ou por video-conferência, podendo beneficiar da soma de conhecimentos, infra-estruturas e contactos internacionais do conjunto das instituições; e que sejam encorajados a quebrar as barreiras entre as sub-áreas PASC, e a beneficiar da rede IDPASC internacional.

No plano internacional, este esforço de maior integração deverá também ser feito. Neste momento, está-se a estudar a possibilidade de uma candidatura conjunta dos parceiros da rede IDPASC ao programa Horizonte 2020, nomeadamente na área tecnológica.

ter sido preparada de modo a incluir alunos de 3º ano de Física foi muito apreciado, tendo sido visível o esforço dos oradores no sentido de introduzir conceitos novos de grande interesse utilizando os fundamentos comuns à formação de todos.

Nos tempos livres, a organização da escola proporcionou-nos um passeio de barco no lago de Annecy e uma visita a uma reserva natural, sempre rodeados pela beleza dos Alpes. Na penúltima noite, decorreu um jantar onde pudemos conviver com organizadores e oradores num excelente ambiente.

Na semana que se seguiu à escola, o professor do IST e investigador do LIP Fernando Barão proporcionou a alguns alunos a oportunidade de visitar o CERN, incluindo a experiência ATLAS e a sala de controlo do detektor AMS na estação espacial internacional. Verdadeiramente inesquecível!

Esta escola organizada pela rede IDPASC, foi o primeiro evento em que tive a oportunidade de participar e proporcionou-me uma experiência única a nível pessoal e académico. Estarei certamente atento a novos eventos desta rede que me permitam viajar e aprender mais sobre uma área da física de grande interesse!

# TESES

## Doutoramento

Measurement of the muon production depth with a time-domain fit at the Pierre Auger Observatory



**Eva Santos**  
07 de Fevereiro de 2014

O Observatório Pierre Auger foi construído para estudar a origem e composição nuclear dos raios cósmicos com  $E > 10^{19}$  eV. É utilizada uma técnica híbrida que combina um detetor de superfície com um detetor de fluorescência. Nesta região de energias, os raios cósmicos são detectados indirectamente através dos chuviros constituídos por milhões de partículas que resultam da sua interacção no topo da atmosfera. A técnica mais utilizada para inferir a composição nuclear dos raios cósmicos consiste na determinação da profundidade atmosférica onde se dá o máximo do perfil longitudinal da componente eletromagnética medida pelos telescópios de fluorescência. Porém, estes apresentam um funcionamento de 12% e são muito poucos os eventos de energias mais altas. Este problema pode ser superado se, alternativamente, se utilizar o detetor de superfície. Uma das variáveis sensíveis à composição dos raios cósmicos é o perfil longitudinal da profundidade produção de muões, reconstruído a partir de um ajuste à distribuição dos tempos de chegada dos muões. Este método pode ser aplicado para chuviros com energias  $E > 10^{19}$  eV e ângulos zenitais entre  $50^\circ$  e  $70^\circ$ . A eficiência de seleção de eventos é superior a 98% e a resolução varia entre  $100 \text{ g/cm}^2$  a  $10^{19}$  eV e  $65 \text{ g/cm}^2$  a  $10^{19.5}$  eV.

## Mestrado

Effect of Cerenkov Polarization in the Cosmic Rays charge reconstruction – Charge reconstruction with RICH/AMS-02



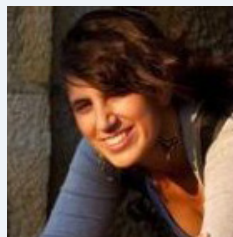
**Bruno Santos**  
25 de Novembro de 2013

Desenvolvimento do sistema de leitura e aquisição para uma câmara de Anger utilizando fotomultiplicadores de silício



**João Pedro Martins Rodrigues**  
04 de Outubro de 2013

# Testemunhos



**Lara Lloret**

Nasci em Gijón (Astúrias), uma bela cidade costeira no norte de Espanha.

Ali estudei Física na Universidade de Oviedo e, depois de trabalhar dois anos como administradora de sistemas na Universidade, comecei o doutoramento em física de altas

energias. Terminei em Julho de 2013 a minha tese sobre a procura do bóson de Higgs no canal de decaimento  $H \rightarrow WW$  na experiência CMS do CERN. Foram anos de trabalho árduo, e muito intenso mas interessantes, em que aprendi muito. No outono de 2012, vim a uma semana de CMS realizada em Lisboa e organizada pelo LIP. Enamorei-me da cidade. Pensei então que iria viver aqui um dia, e tive a sorte de poder realizar este sonho quando terminei o doutoramento. Estou no LIP há três meses como post-Doc. O meu trabalho atual lida com a busca de Supersimetria através do estudo da produção de pares de quarks stop no estado final semileptónico, e a preparação da tomada de dados em 2015. Até agora a experiência em Lisboa tem sido excelente em todos os aspectos.



**Gersende Prior**

Nasci em Paris e estudei física na Suíça, no EPFL. Durante a minha tese de diploma, trabalhei na experiência NOMAD no CERN. Descobri assim o mundo dos neutrinos. Isso convenceu-me a fazer o doutoramento na experiência HARP, que medi secções eficazes hadrónicas

importantes para as experiências dos neutrinos. Ajudei a construir a TPC, a renovar detetores de feixe e a instalar o DAQ.

Quando SNO publicou o artigo que contribuiu para provar as oscilações dos neutrinos, sonhei visitar um dia essa experiência. Aconteceu em 2005, quando fui para Berkeley para trabalhar em SNO. Era a ultima fase da experiência, em que uma rede de contadores proporcionais foi construída para melhorar as medidas. Trabalhei na calibração dos contadores e colaborei no R&D de um detetor de Germânio para a experiência MAJORANA.

Em 2009, voltei para o CERN e trabalhei no estudo do design de uma fábrica de neutrinos. Nos departamentos de aceleradores e engenharia, aprendi sobre a ótica dos feixes (radiofrequência, ímanes) e participei em simulações da performance da captura do feixe.

Foi com grande prazer que, no início deste ano, integrei o grupo do José Maneira para trabalhar na experiência SNO+, a sucessora de SNO. Apesar de esta mudança implicar que a nossa família tem agora que se distribuir entre França e Portugal, como o meu filho de dois anos diz, há coisas que vêm aos pares, como "pão beurre".

# BREVES

## Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída

**Jorge Gomes**

A infraestrutura da iniciativa nacional GRID integra recursos computacionais nas universidades do Porto, Aveiro, IST e nos pólos do LIP em Lisboa e Coimbra. O nó central da infraestrutura (NCG) encontra-se alojado num centro de processamento de dados construído para o efeito pelo LIP em consórcio com a FCCN e o LNEC.

No verão de 2013 a FCT abriu um concurso para a criação de um roteiro nacional de infraestruturas científicas de relevância estratégica. O LIP liderou uma candidatura ao roteiro juntamente com a FCCN e o LNEC, e ainda com o apoio das universidades do Minho, Porto e Aveiro. A proposta denominada "Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída" (INCD), tem por objectivo a evolução da atual infraestrutura nacional de computação GRID coordenada pelo LIP. Os resultados da avaliação foram recentemente anunciados, a proposta recebeu a pontuação máxima tendo sido recomendada a sua incorporação no roteiro.

O programa de trabalhos da INCD inclui a criação de centros de competência nas organizações parceiras. Estes centros disponibilizarão suporte, treino, adaptação de aplicações, disseminação, desenvolvimento tecnológico e serviços com valor acrescentado. Alguns centros disponibilizarão capacidade e serviços que complementarão o NCG. Os equipamentos da infraestrutura deverão ser renovados ao longo dos próximos anos. O consórcio está empenhado em manter e suportar os serviços GRID actuais, e desenvolver novos serviços em áreas como a computação em nuvem, computação com processadores gráficos, e processamento massivo de dados. A infraestrutura será aberta à comunidade científica e académica, e suportará projetos de investigação nacionais e internacionais.

## Observação de um processo raro

**Nuno Leonardo**

As colaborações CMS e LHCb do LHC anunciaram a deteção do decaimento raro  $B_s \rightarrow \mu\mu$ .

Estabelecer o que poderá existir para além do Modelo Padrão (SM) constitui o cerne do programa de física do LHC. A procura da possível produção direta de um leque de novas partículas previstas por várias extensões propostas para o SM é levada a cabo de um modo sistemático. As elevadas energias e quantidade de colisões fornecidas pelo LHC e a boa precisão dos detetores permitem ainda explorar modos alternativos e elegantes de encontrar indícios de nova física. Nomeadamente através de medidas de precisão e da busca de processos raros.



## Ricardo Gonçalo

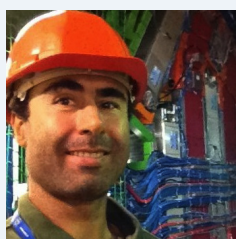
Iniciei-me na investigação científica durante o último ano de Engenharia Física, em detetores gasosos de microestrutura no LIP de Coimbra com o Prof. Francisco Fraga. A curiosidade e a vontade de viajar,

levaram-me em seguida ao doutoramento em Física Experimental de Partículas no Imperial College de Londres, na experiência ZEUS.

Depois de algum tempo como Research Assistant, mudei-me para o Royal Holloway College e para a experiência ATLAS, e vivi nos últimos anos em Genebra. Trabalhei no trigger e na física do bóson de Higgs. Foi fantástico viver de perto a excitante descoberta do Higgs!

Estou no LIP de Lisboa desde Outubro passado, continuando envolvido no trigger de ATLAS e em análises da área do Higgs, com colegas de Lisboa, Coimbra e Minho. Estou muito grato pelo acolhimento caloroso e pela vitalidade que aqui encontrei.

Finalmente, gostava de dizer que o meu percurso só foi possível com as bolsas de iniciação à investigação e de doutoramento que recebi. Penso nisso quando leio notícias sobre a recente e desastrosa evolução da política de financiamento da ciência. Mas não é tempo para nos lamentarmos com esta falta de visão. É, sim, tempo para fazermos ciência juntos, e continuarmos atentos às oportunidades de financiamento. Porque o que fazemos vale a pena!



## Nuno Leonardo

Tenho o prazer de regressar ao Laboratório, e ao país, como investigador após uma estadia prolongada lá fora.

Há 17 anos visitei o CERN pela primeira vez, como estudante de verão e bolseiro de investigação do LIP. Estive então envolvido na preparação da experiência CMS do LHC, numa altura em que nem o detetor nem o acelerador existiam ainda mas os quais geravam já uma enorme expectativa em termos de potencial de descoberta. É como membro dessa experiência que regresso, após ter participado nos últimos 7 anos na preparação, commissioning, tomada e análise de dados do LHC Run I. Nos 7 anos anteriores, estive envolvido na experiência CDF do Tevatrão Run II (Chicago).

Após o projeto final de curso, em Engenharia Física Tecnológica do Técnico, sob orientação do Professor João Varela, seguiu-se um mestrado em matemática em Cambridge, e o doutoramento em física no MIT. A minha tese de doutoramento, desenvolvida em CDF no Fermilab, foi a observação de oscilações partícula-antipartícula em mesões  $B_s$ . Regresso então a CMS, como Fellow do CERN e senior postdoc da Universidade de Purdue, Trabalhei vários anos nos sistemas de seleção de dados (trigger). Tive o privilégio de participar e coordenar análises de dados, nas áreas de quarkonia e física do B, iões pesados, decaimentos raros, e buscas de física nova (e exótica). Neste momento coordeno o grupo de violação de CP e decaimentos raros em CMS.

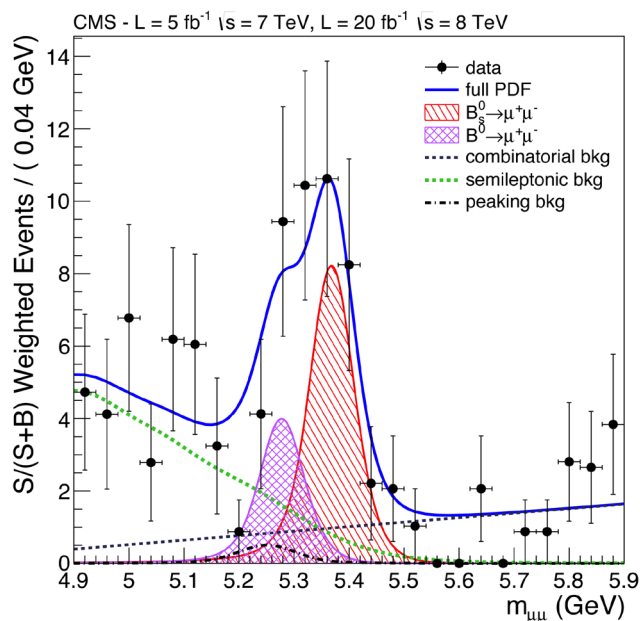
# BREVES

Uma rara confluência de fatores faz com que o decaimento dos mesões B em pares de muões ( $B \rightarrow \mu\mu$ ) seja um processo ideal para procurar evidência de nova física. O decaimento é fortemente suprimido no Modelo Padrão. Por outro lado, várias extensões do SM prevêem um desvio significativo das taxas de decaimento. Se a medida da taxa de decaimento de um destes mesões for incompatível com a previsão do SM, teremos um sinal claro da presença de nova física. Uma dúzia de experiências em vários aceleradores têm procurado estes decaimentos raros, tendo estabelecido limites superiores que melhoraram cinco ordens de grandeza ao longo das últimas 3 décadas.

A procura de decaimentos raros dos mesões B constitui uma linha de análise prioritária do LHC. Recentemente, CMS e LHCb anunciaram em simultâneo os resultados da análise da totalidade dos seus dados de Run I. Em CMS, a distribuição de massa dos di-muões revela um excesso de  $B_s \rightarrow \mu\mu$  acima da expectativa de acontecimentos de fundo, com uma significância estatística de  $4.3\sigma$  (Fig.1). Evidência semelhante é reportada por LHCb ao nível de  $4.0\sigma$ ; a combinação dos resultados das duas experiências excede a significância de  $5\sigma$ .

A emoção desta fantástica medida experimental traz consigo uma ponta de desilusão: a medida é consistente com o Modelo Padrão, não permitindo com a precisão atual revelar as suas imperfeições. A medida impõe ainda assim restrições severas em várias extensões do SM. E a história está longe de terminar. Por exemplo, o recomeço do LHC em 2015 colocará a sensibilidade das experiências ao nível de poder medir o ainda mais raro decaimento  $B^0 \rightarrow \mu\mu$ .

O estudo dos mesões B tem levado a desafios experimentais que envolvem processos entre os mais rápidos ( $B_s$  oscilam entre partícula e antipartícula 3 biliões de vezes por segundo; CDF, 2006) e raros ( $B_s$  decaem em pares de muões 3 vezes em mil milhões; CMS&LHCb, 2013). Com a observação definitiva deste decaimento raro, a física experimental de partículas alcança um marco importante em 3 décadas de uma longa viagem. Fica à nossa frente muito território por explorar.



## Nas Pampas

### LIP MARTA Team

Neste momento Auger discute o seu programa de upgrade para os próximos 10 anos. A equipa do LIP propôs e lidera MARTA (Muon Auger RPC Tank Array) que prevê a instalação de RPCs (Câmaras de Placas Resistivas) por baixo dos tanques de água de Auger. Este upgrade permitirá medir de forma muito mais precisa e independente a componente muónica da cascata, dando informações preciosas sobre a natureza dos raios cósmicos primários e as interações hadrónicas a muito alta energia.

Temos estado presentes na Pampa Argentina, sob um sol tórrido mas bem alimentados, a tentar demonstrar ser uma solução viável. Nas fotos pode-se ver a instalação de uma das RPCs produzidas no LIP de Coimbra numa configuração de telescópio no tanque de teste "Gianni Navarra" bem como o enchimento do tanque "Tierra del Fuego" já com a estrutura de suporte em betão para as RPCs. Por já já passaram o Pedro Assis, Luís Lopes, Alberto Blanco, Luís



Mendes e Raul Sarmento.

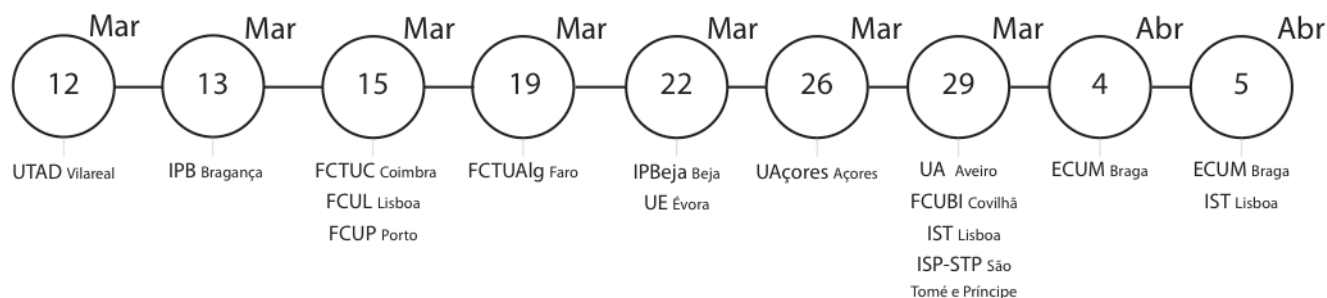
Trata-se agora de provar que as RPCs funcionam de forma estável nas condições duras da pampa - temperatura, humidade, pressão,



# OUTREACH

## Masterclasses(calendário)

www.lip.pt/masterclasses



## No Verão passado no CERN

Pedro Abreu

A edição de 2013 da Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa realizou-se em Genève entre 1 e 6 de Setembro, teve 162 candidaturas das quais foram seleccionados trinta e cinco candidatos tendo em atenção o financiamento disponível para a sua realização. A este número acresceu os trinta participantes do Brasil que são suportados pelo Governo Brasileiro.

Além destes tinham-se convidado dois professores de Moçambique, quatro de Angola, um de Cabo Verde, um da Guiné, um de S. Tomé e Príncipe e três de Timor-Leste. Devido a problemas com os vistos destes candidatos só participaram os de S. Tomé e Príncipe e Timor-Leste, tendo o Governo de Timor-Leste pago as viagens dos seus participantes. Como habitual as palestras e visitas às experiências foram feitas por investigadores portugueses e brasileiros.

São de realçar três boas notícias nesta edição: a participação do Diretor Nacional do Currículo do Ensino Secundário de Timor-Leste, a participação de formadores brasileiros, e a presença no encerramento do Diretor-Geral do CERN, Prof. Rolf-Dieter Heuer. A notícia menos boa é a dificuldade em obter os vistos necessários à entrada na Suíça! Torna-se necessário serem pedidos com muita antecedência pois alguns dos países da CPLP não têm consulados deste país.

Os desafios são sempre um incentivo a melhorar a realização deste evento nos anos seguintes.

## Professores colaboram na divulgação das Masterclasses

Francisco Serafim



**What motivates high school teachers to join the Masterclasses Day - Hands on Particle Physics?**

**Francisco Serafim, Augusto Moisés , Cristina Pinho, Florbela Rêgo,**  
Escola Secundária com 3ºciclo D. Manuel I  
Escola Secundária Ferreira Dias  
Agrupamento de Escolas de Vendas Novas



Quatro professores do ensino secundário que têm participado nas Masterclasses de Física das Partículas desde o seu início, resolveram fazer uma comunicação na International Conference on Physics Education que se realizou de 05 a 10 de Agosto em Praga, sobre a mais valia das MC's nas suas vidas enquanto professores de Física.



# Imagens e Palavras

## CPLEAR – há 25 anos

**Rui Marques, José Pinto da Cunha**

Pouco tempo depois da criação do LIP, a aprovação pelo CERN da experiência CPLEAR/PS195, com o propósito de estudar a violação de CP nos decaimentos de mesões K neutros, foi para o LIP-Coimbra uma oportunidade de integrar uma experiência de média dimensão, em fase de lançamento.

Era a primeira vez que o grupo de detetores de Coimbra participava numa experiência de física. As anteriores colaborações, nomeadamente com o grupo de Georges Charpak do CERN, versavam sobretudo a investigação e desenvolvimento de detetores e de técnicas de detecção. A participação em CPLEAR envolveu o LIP-Coimbra no desenvolvimento e implementação de soluções para os subsistemas do detetor, mas que também a participação na análise de dados e simulação da experiência criando competências em ambas as áreas. Foi, de facto, uma experiência âncora à volta da qual se reuniu um grupo de estudantes e de técnicos acabados de chegar à instituição.

A oficina de mecânica de Coimbra, instalada de raiz também por essa altura, produziu pela primeira vez trabalho para o CERN - estruturas mecânicas diversas, mas sobretudo os guias de luz dos detetores de identificação de partículas (uma sanduiche de cintiladores plásticos com Cherenkov de limiar no meio), o que incluía a maquinaria e o respectivo polimento. Para além de contribuir decisivamente para a formação e especialização dos técnicos da oficina, abriu o caminho para que a oficina se desenvolvesse e se viesse a afirmar como referência - contribuições posteriores para DELPHI, HERA-b, ATLAS, para não falar dos trabalhos mais recentes, foram uma mera sequência natural desse arranque.

A participação numa experiência em fase de lançamento atraiu estudantes, e foi fundamental para a formação técnica e científica do primeiro doutorado em engenharia física tecnológica pela UC, Emanuel Machado, mas igualmente dos físicos de partículas António Onofre, João Carvalho e José Pinto da Cunha, os dois últimos doutorados na Universidade de Liverpool.

A experiência CPLEAR, que recolheu dados entre 1990 e 1996, estudou a violação de CP em decaimentos de mesões K produzidos em aniquilações prótão-antiprótão, com antiprotões extraídos do anel LEAR (Low Energy Antiproton Ring).

O sistema rápido de trigger, em que participou Emanuel Machado, fazia a pré seleção de eventos correspondentes aos dois estados finais simétricos: kaão positivo, pião negativo, kaão neutro versus kaão negativo, pião positivo, antikaão neutro, i.e.,  $(p + pbar) \rightarrow K^+ \pi^- K^0 \leftrightarrow (p + pbar) \rightarrow K^- \pi^+ K^0bar$

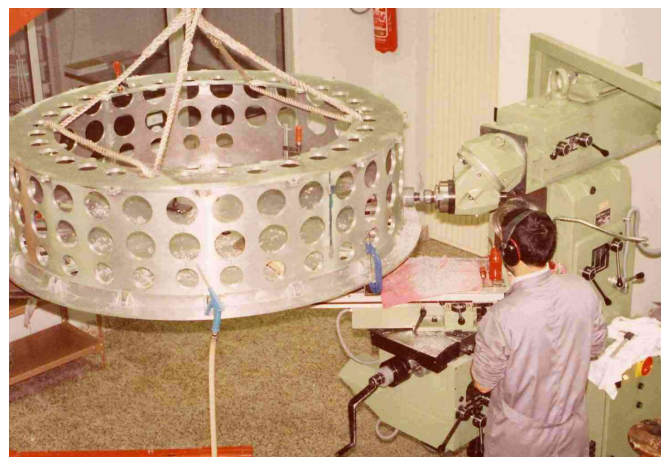
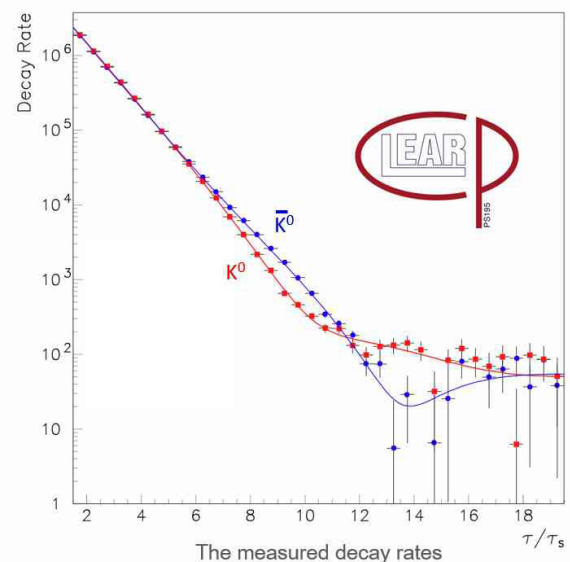
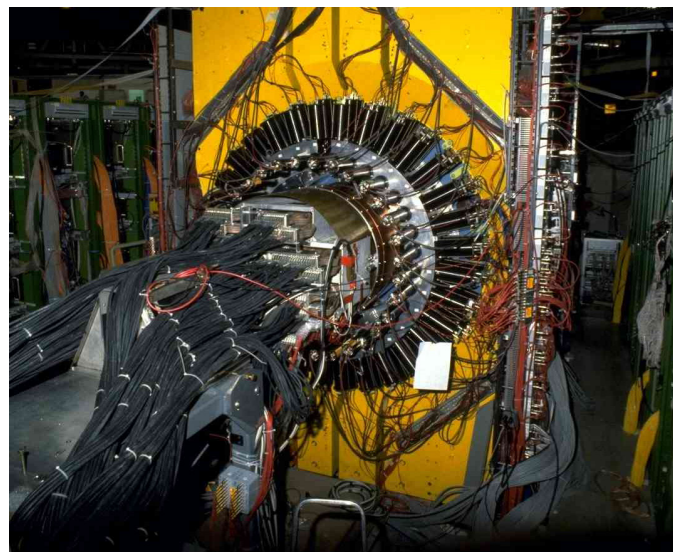
Com base na carga eléctrica do kaão carregado ficava-se a saber se o kaão neutro era partícula ou antipartícula. A vantagem desta experiência estava aliás nessa capacidade de identificação de estados iniciais puros, por contraste com outras que utilizavam feixes secundários de  $K_S$  e  $K_L$ , estados quânticos que misturam partícula e antipartícula.

Gerados os kaões neutros por interacção forte, a análise dos vários canais de decaimento fraco de  $K^0$  e anti  $K^0$  permitiu estudar a violação de CP e medir os respectivos parâmetros de assimetria. A observação desses decaimentos, hadrónicos e semileptónicos, permitiu estudar a conservação/violação das simetrias CP e T a partir da medida de assimetrias entre diferentes canais.

Conhecida a estranheza do estado inicial do kaão, observava-se como evoluía no tempo, i.e., como se transformava a partícula na sua antipartícula e vice-versa. A observação de uma assimetria neste acoplamento partícula-antipartícula é uma manifestação directa

da violação de T. Na experiência observou-se uma assimetria ao nível de  $6.6 \times 10^{-3}$  e, pela primeira vez, viu-se de forma directa que a seta do tempo é assimétrica a nível elementar. Combinando esta assimetria com a assimetria CP (indirecta) concluiu-se que a interacção fraca preserva a simetria fundamental de CPT.

A experiência CPLEAR mediu ainda assimetrias de violação de CP em diversos decaimentos de  $K^0$  e  $K^0bar$ , em particular os estados finais de  $\pi^+ \pi^-$ ;  $\pi^0 \pi^0$ ;  $\pi^+ \pi^- p^0$ ; e  $\pi^0 \pi^0 p^0$ . Entre outras coisas mediu também, pela primeira vez, o  $BR(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0) = (2.5 \pm 1.2) \times 10^{-7}$  e a diferença de massa  $|K^0 - K^0bar| < 10^{-19}$  GeV.



## ATLAS Trigger Workshop 2014

10 de Março 2014, Sesimbra

mais informações em [www.lip.pt/events/2014/atlas\\_trigger\\_workshop](http://www.lip.pt/events/2014/atlas_trigger_workshop)

## Exploit the power of the European computer grid infrastructure for Structural Biology

31 de Março 2014, Oeiras – ITQB

mais informações em [www.lip.pt/events/2014/grid\\_tutorial](http://www.lip.pt/events/2014/grid_tutorial)

## CMS SUSY Workshop

12 de Março 2014, Lisboa

mais informações em [www.lip.pt/masterclasses](http://www.lip.pt/masterclasses)

## Masterclasses Internacionais 2014

12 de Março a 05 de Abril 2014, Lisboa

mais informações em [www.lip.pt/masterclasses](http://www.lip.pt/masterclasses)

## IDPASC Curso 'Physics at the LHC'

10 de Março 2014, Lisboa (LIP)

mais informações em [idpasc.lip.pt](http://idpasc.lip.pt)

## SciNeGHE 2014

06 de Abril 2014, Lisboa

mais informações em [www.lip.pt/scineghe2014](http://www.lip.pt/scineghe2014)

## CERN School of Computing 2014

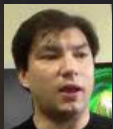
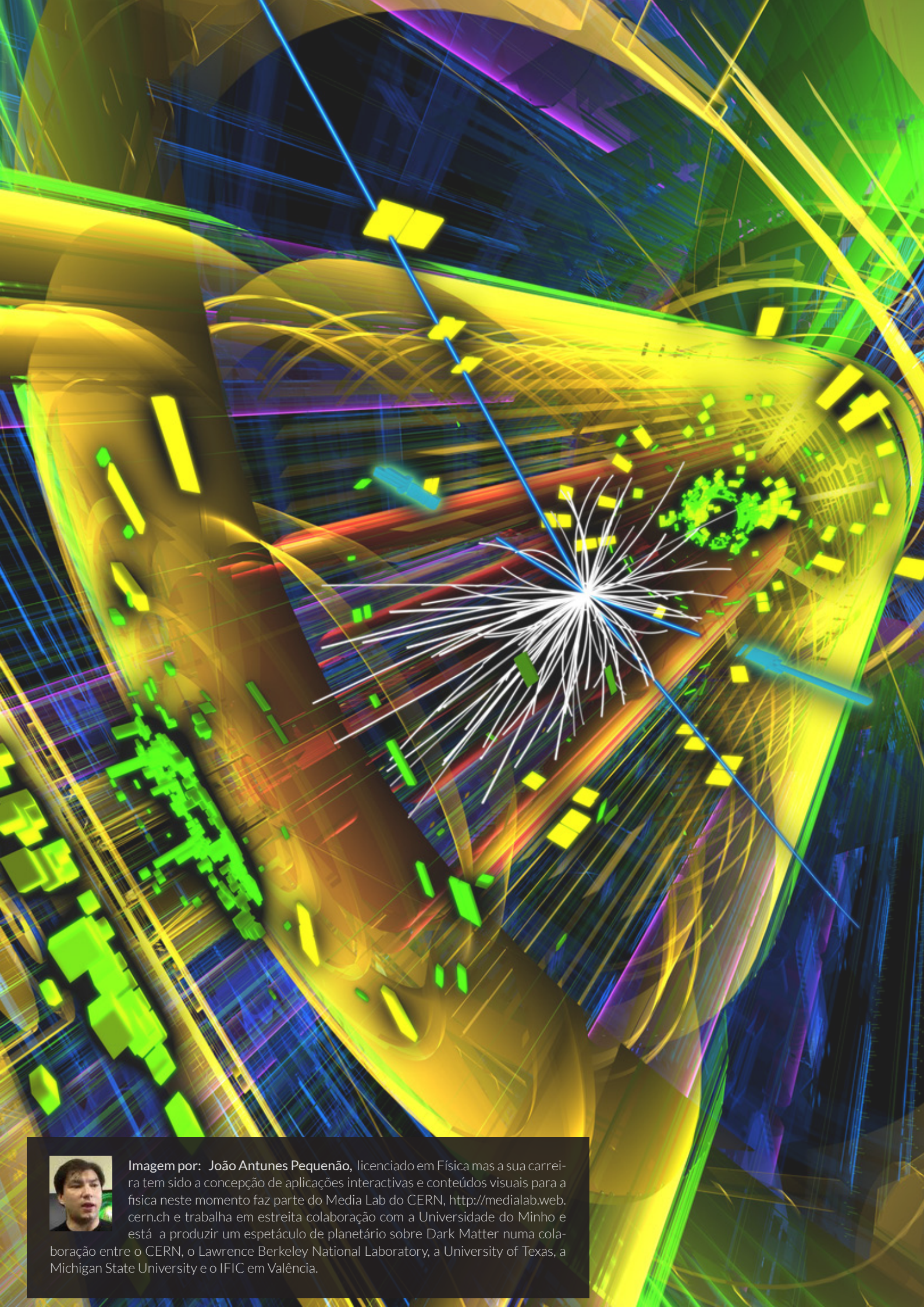
25 Agosto a 5 Setembro 2014, Braga

mais informações em [csc.web.cern.ch](http://csc.web.cern.ch)

## ANIVERSÁRIO DO LIP

A 9 de Maio de 2014, o LIP completa 28 anos. Como não é um número redondo, não fazemos história e comemoramos apenas o presente. Os investigadores e bolseiros estão exaustos da política do Governo e dos múltiplos relatórios, planos, avaliações etc. Iremos resistir! Somos um laboratório em que 99% do trabalho é feito com instituições estrangeiras, o que exige uma administração e uma contabilidade minuciosa. Por isso, não podemos esquecer que muito deve à eficiência, em Lisboa, Coimbra e Minho, de secretári@s, contabilistas, técnic@s e informátic@s. O LIP é uma equipa de gente “molto brava”\*.

\* Expressão italiana para designar pessoas trabalhadoras.



**Imagem por: João Antunes Pequeno**, licenciado em Física mas a sua carreira tem sido a concepção de aplicações interactivas e conteúdos visuais para a física neste momento faz parte do Media Lab do CERN, <http://medialab.web.cern.ch> e trabalha em estreita colaboração com a Universidade do Minho e está a produzir um espetáculo de planetário sobre Dark Matter numa colaboração entre o CERN, o Lawrence Berkeley National Laboratory, a University of Texas, a Michigan State University e o IFIC em Valência.