



## O LIP faz 25 anos!

Sofia Andringa e Catarina Espírito Santo

LIP, Av. Elias Garcia, 14-1.º, 1000-149 Lisboa

catarina@lip.pt

### Resumo

No ano em que o Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas celebra 25 anos de existência, pretende-se abordar de forma breve o contexto da sua criação e, sobretudo, proporcionar uma visão global daquilo que é hoje o LIP e de quais são as suas principais linhas de actividade.

### Introdução

O LIP, Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, foi criado a 9 de Maio de 1986, no contexto da adesão de Portugal ao CERN, com delegações em Lisboa e Coimbra. O nascimento do LIP veio congregar e potenciar os esforços da então embrionária comunidade de físicos experimentais de partículas. Sendo o CERN a primeira organização científica internacional de que Portugal se tornou membro, a história do LIP é um elemento incontornável da história da investigação científica em Portugal. Em particular, o LIP surge com lugar de destaque nos capítulos dedicados à internacionalização da ciência no nosso país e ao enorme impulso que a formação avançada conheceu nas últimas décadas.

Nestes 25 anos o LIP cresceu e transformou-se. Envolve hoje cerca de 170 investigadores, 70 dos quais doutorados, nas suas delegações de Lisboa, Coimbra e Minho. Em 2001, tornou-se Laboratório Associado do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Através do LIP, Portugal tem estado na primeira linha dos grandes projectos de física de partículas das últimas décadas. Os seus domínios de investigação englobam hoje a física experimental de partículas e astropartículas, o desenvolvimento de detectores e instrumentação associada, aplicações à física médica e computação avançada. As actividades do LIP desenvolvem-se em relação já não só com o CERN mas com diversas organizações de investigação nacionais e internacionais.



Fig. 1 - Cerimónia do hastear da bandeira portuguesa aquando da adesão de Portugal ao CERN, em que estiveram presentes vários dos membros fundadores do LIP.

### Física de Partículas

A participação nas grandes linhas de investigação do CERN tem constituído o núcleo central das actividades do LIP. Nos primeiros anos, os dois grandes pilares foram os estudos sistemáticos da física de partículas à escala electrofraca, na experiência DELPHI, no acelerador LEP; e várias experiências no programa de iões pesados, que culminou com a contribuição decisiva da experiência NA50 para a observação do plasma de quarks e glúons, um estado da matéria que nos transporta a fases primitivas da evolução do Universo.

Actualmente, o LIP está envolvido na experiência COMPASS, no CERN, dedicada ao estudo da estrutura da matéria, em particular da contribuição de quarks e glúons para o spin do nucleão, sendo responsável pelo sistema de controlo do detector. O LIP participa igualmente em HADES, no GSI, sendo responsável por um detector de tempo de voo

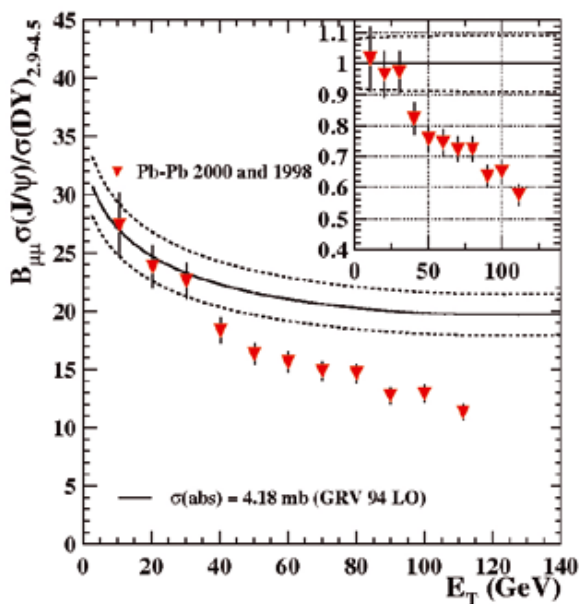


Fig. 2 - Supressão anómala do J/Y em colisões chumbo-chumbo em função da densidade de energia atingida na colisão. Com esta observação NA50 contribuiu de forma decisiva para a descoberta do plasma de quarks e glúões.

baseado em RPCs. Ambas as experiências estão actualmente a tomar dados.

A participação no LHC, o grande anel de colisão próton-próton do CERN, é, sem dúvida, um aspecto central das actividades actuais do LIP. Trata-se do maior acelerador de partículas de sempre, e o LIP colabora nas experiências ATLAS e CMS. Ambas as equipas tiveram responsabilidades na construção, teste e instalação de detectores - o calorímetro hadrónico TileCal, em particular os seus componentes ópticos, no caso de ATLAS-LIP; e o calorímetro electromagnético ECAL, em particular a sua electrónica, no caso de CMS-LIP.

As primeiras colisões de prótons no LHC, a metade da energia nominal, mas a mais alta atingida em laboratório, ocorreram em Março de 2010, iniciando um período estável de tomada de dados que superou todas as expectativas. No fim de 2010, e durante cerca de 3 semanas, o LHC forneceu dados da colisão de iões de chumbo.

Para as equipas do LIP que trabalharam durante mais de 15 anos na preparação destas experiências, os 25 anos do LIP coincidem com um verdadeiro virar de página. Com o início da tomada de dados do LHC, o foco das actividades deslocou-se, muito naturalmente, para a sua análise.

Para ambos os grupos LHC do LIP, a física do quark top figura na lista das prioridades, assim como a física dos iões pesados. A procura do bóson de Higgs, a única "peça" em falta neste puzzle de partículas elementares, é ainda um objectivo incontornável!

## Astropartículas

A física das astropartículas conheceu um desen-

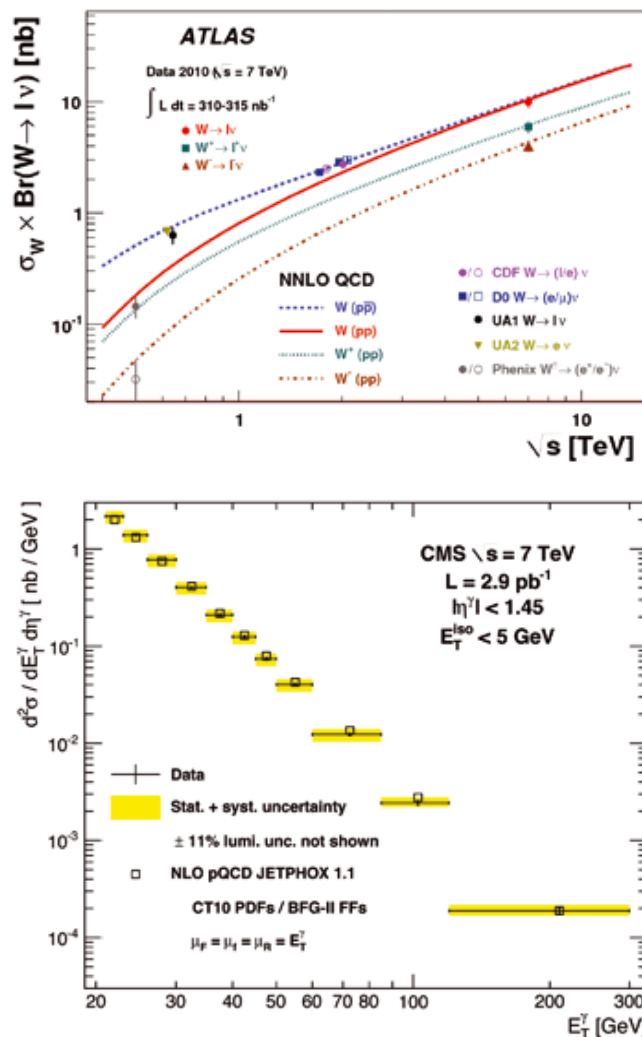


Fig. 3 - Exemplos dos primeiros resultados do LHC: ATLAS - Seção eficaz de produção do bóson W em função da energia; CMS - Seção eficaz de produção de fótons isolados a uma energia no centro de massa de 7 TeV.

volvimento notável nos últimos anos. Trata-se de uma área de investigação na fronteira entre a física de partículas, a astrofísica e a cosmologia. O LIP organizou, em 1996 e depois de dois em dois anos, os encontros internacionais *New Worlds in Astroparticle Physics*, em parceria com grupos teóricos e experimentais de astrofísica e cosmologia. A partir daí, envolveu-se em alguns dos grandes projectos nesta área.

O LIP é membro do Observatório Pierre Auger, o maior observatório do mundo dedicado ao estudo dos raios cósmicos de mais alta energia, que cobre uma área de 3000 km<sup>2</sup>. Estas partículas são extremamente raras e a sua origem permanece um mistério. Auger tem obtido resultados importantes sobre a direcção de chegada das partículas e a sua interacção na atmosfera a energias muito superiores às do LHC.

Em AMS estudam-se raios cósmicos de energia mais baixa. Este complexo detector de partículas, instalado na Estação Espacial Internacional desde 25 de Maio deste ano, recolherá dados sobre a anti-matéria no Universo, entre outros



Fig. 4 - Instalação do detector AMS na Estação Espacial Internacional, em Maio deste ano. Na imagem vemos a transferência do detector do vaivém espacial para a Estação.

temas fundamentais. O LIP trabalha também desde 2004 com a Agência Espacial Europeia no estudo de ambientes de radiação no espaço, em contratos envolvendo também a indústria portuguesa.

O LIP participa igualmente na procura da matéria escura, que deverá constituir cerca de 25% do Universo. Vários modelos prevêem a existência de novas partículas apenas com interacção fraca, que poderiam explicar esta massa invisível mas nunca foram criadas nos aceleradores. O LIP participou nos projectos ZEPLIN e está agora envolvido no projecto LUX para o desenvolvimento de um detector com uma sensibilidade cerca de 100 vezes superior. O longo trabalho do LIP no desenvolvimento de detectores de Xénon líquido é um dos ingredientes essenciais desta participação. No campo da oscilação de neutrinos, o LIP participa em SNO+, uma experiência situada no laboratório subterrâneo mais profundo do mundo, no Canadá, que deverá iniciar a recolha de dados de neutrinos solares em 2013, para melhorar tanto os modelos do Sol como os modelos da massa dos neutrinos.

## Detectores

Herdeiro de um grupo que se dedicou, desde a década de 1970, ao estudo dos detectores gasosos de radiação, o LIP tem já a sua longa história na área dos detectores de radiação. As actividades destes 25 anos incluíram tanto o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos tipos de detectores, como o planeamento, construção e operação de detectores complexos em projectos internacionais.

O LIP tem hoje um papel de liderança reconhecido internacionalmente nos detectores de RPCs, dispositivos robustos que possibilitam medidas de tempo extremamente precisas. Por permitirem instrumentar áreas grandes a custo moderado, as RPCs têm sido alvo de um interesse crescente nos últimos anos. O primeiro grande projecto foi a construção de um detector de tempo de voo para o espectrómetro HADES, do GSI. Estão actualmente em curso projectos que visam a aplicação de RPCs à imagiologia médica. E estudam-se questões relacionadas com a sua operação “no terreno”, para possível aplicação em experiências de raios cósmicos.

A caracterização e optimização de detectores gasosos equipados com microestruturas tem sido outra das apostas do LIP nesta área. Estes desenvolvimentos têm lugar no quadro de colaborações internacionais, sendo os detectores projectados de acordo com as aplicações em vista.

Têm sido igualmente levados a cabo estudos sobre a caracterização quer de fotossensores, quer de cintiladores gasosos, para diferentes tipos de detectores e aplicações. No âmbito de colaborações internacionais estão em andamento outras aplicações à física de partículas e à física nuclear: NeuLAND, para detecção de neutrões de alta energia, MILAND, para neutrões térmicos, e a Colaboração RD51, do CERN, para detectores de eléctrodos segmentados, incluindo de dupla fase (líquido e gás).

Por outro lado, é também longa a tradição do LIP na calorimetria, com numerosos projectos de investigação e desenvolvimento, em particular usando leitura por fibras ópticas. Como resultado directo, o LIP assumiu responsabilidades importantes na construção e teste do STIC, o calorímetro electromagnético de baixo ângulo de DELPHI no LEP, e, sobretudo, do TileCal, o calorímetro hadrónico de ATLAS no LHC. Para ambos os projectos, foram testados em Portugal muitos milhares de fibras ópticas e de telhas de cintilador.



Figura 5 - O detector interno de tempo de voo de HADES é baseado em câmaras de placas resistivas (RPCs) e foi construído pelo LIP.



## Instrumentação e Física Médica

Desde a sua fundação, o LIP procurou manter e desenvolver competências em tecnologias avançadas de interesse directo para as actividades de investigação em física de partículas, algumas delas passíveis de ser aplicadas noutros domínios. Em diversos projectos, tem tido responsabilidades no desenho, implementação e/ou operação de sistemas de aquisição de dados, sistemas de *trigger* e sistemas de controlo de experiências. As aplicações à física médica têm tido um especial impacto nos últimos anos.

O LIP tem dois grandes projectos de imagiologia médica, mais especificamente em tomografia por emissão de positrões (PET). Procuram desenvolver técnicas que permitam melhorar a qualidade das imagens recolhidas, nomeadamente a resolução em posição, reduzindo também a dose recebida pelo paciente e o tempo de duração dos exames. Os grupos do LIP desenvolveram protótipos baseados em duas tecnologias completamente distintas: cristais cintiladores e RPCs. Em ambos os casos, os projectos tiveram como ponto de partida a experiência com o mesmo tipo de detectores em projectos de física de partículas.

Um scanner PET para mamografia baseado em cristais cintiladores está actualmente em teste no ICNAS, na Universidade de Coimbra. Relativamente às RPCs, está já a recolher dados um protótipo para pequenos animais, enquanto um protótipo humano de corpo inteiro está a ser desenhado.

O LIP tem ainda vindo a desenvolver projectos na área da radioprotecção, radiologia, radiobiologia, radioterapia e radiação ambiente. Nos projectos de física médica, o LIP colabora com a comunidade ligada à biomedicina e às tecnologias da saúde, incluindo parceiros nacionais e internacionais das áreas da investigação e da indústria. Nestas actividades, o LIP utiliza instalações como laboratórios e hospitais universitários, mas também as suas próprias infra-estruturas.

A oficina de mecânica do LIP, em Coimbra, foi criada em 1987. Embora ligada à investigação do laboratório, tem também produzido trabalho para outros grupos e instituições de diferentes áreas. O equipamento disponível na oficina, aliado ao seu pessoal técnico altamente qualificado, permitem a realização de trabalhos de mecânica de precisão com grande qualidade. A oficina especializou-se na construção de vários tipos de detectores, equipamento de vácuo e criogenia. O LIP possui ainda um laboratório de electrónica rápida, que apoia os projectos nesta área, explorando sinergias entre os vários grupos de investigação.

## Computação

O LIP desenvolveu competências em computação



Fig. 6 - Exemplar da câmara de faíscas produzida nas oficinas do LIP para fins de divulgação e ensino.

avançada que, sendo de interesse estratégico para as áreas de investigação do laboratório, têm um campo de aplicação muito mais vasto. Em pleno funcionamento, as experiências do LHC acumularão cerca de 8000 Terabytes de dados por ano, que terão que ser processados. O LIP tem participado em diversos projectos de computação *grid* para o desenvolvimento, implementação e operação das infra-estruturas de cálculo das experiências do LHC, e também para uso genérico.

A computação *grid* tem como objectivo a integração transparente de recursos que podem pertencer a organizações independentes, escondendo as suas especificidades e apresentando uma interface homogénea aos utilizadores. Desta forma, podem criar-se grandes infra-estruturas de computação a partir de recursos dispersos que surgem aos utilizadores como um único sistema. A computação *grid* é usada intensivamente em diversos domínios científicos e tecnológicos: a meteorologia, a medicina, a engenharia aeroespacial e, claro, a física de altas energias! O LIP participa em alguns dos maiores projectos internacionais nesta área, tanto do CERN como da União Europeia. No contexto da Iniciativa Nacional Grid, o LIP opera o nó central de computação Grid, o maior centro científico de computação em Portugal. Estes recursos de computação estão acessíveis à comunidade de investigação num conjunto vasto de domínios científicos.

## Ensino

O estabelecimento de laços fortes entre a investigação e a formação avançada é para o LIP uma prioridade. Os grupos de investigação deste laboratório contam com algumas dezenas de estudantes de várias universidades que preparam teses de mestrado ou doutoramento. Na última década, centenas de jovens engenheiros realizaram estágios no CERN, ESA e ESO sob supervisão do LIP. Desde 2010, o LIP apoia a coordenação da rede internacional de doutoramentos IDPASC, que agrupa universidades de diversos países europeus e instituições de investigação em Física de Partículas, Astrofísica e Cosmologia, incluindo o CERN. Esta rede tem o objectivo de promover a criação de programas de formação comuns, reforçando a mobilidade de estudantes, professores e investigadores entre as várias instituições.

O LIP promove inúmeras actividades de divulgação científica, em particular junto dos estudantes e professores do ensino secundário, com o apoio da Ciência Viva. O projecto da Radiação Ambiente envolve 55 escolas e as *masterclasses* em física de partículas chegam anualmente a mais de mil estudantes. Centenas de professores já frequentaram a Escola de Física no CERN em língua portuguesa.

## Conclusão

Em 25 anos o LIP cresceu e diversificou as suas actividades. Uma estreita ligação entre as várias áreas de investigação mantém a coesão e assegura a partilha de recursos, esforços e informação. O LIP desenvolveu e consolidou o seu papel de formação, quer no sentido do ensino avançado quer ao nível da divulgação, potenciando a sua capacidade de intervenção na comunidade.



### Catarina Espírito Santo

nasceu em Lisboa em 1970. Estudou Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Doutorou-se em Física de Altas Energias pela Universidade de Lisboa em 1998. Durante os seus estudos de pós-graduação trabalhou no LIP, integrada na equipa que então participava na Experiência DELPHI do anel de colisão LEP do CERN, e foi bolseira da FCT. Entre 1998 e 2001 trabalhou a tempo inteiro em Genebra como bolseira de pós doutoramento (*fellow*) do CERN. É investigadora do LIP desde 2004, trabalhando actualmente na área dos raios cósmicos de alta energia, nomeadamente no Observatório Pierre Auger.



**Sofia Andringa** licenciou-se em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em 1997, realizou o mestrado (pela FCUL) e o doutoramento (pelo IST em 2003) em Física de Partículas, integrada no grupo do LIP que participava na experiência DELPHI, no acelerador LEP, do CERN. Trabalhou depois na experiência K2K, de oscilação de neutrinos, durante um pós-doc no IFAE de Barcelona, regressando ao LIP em 2006, para integrar os grupos de física experimental de astropartículas no Observatório Pierre Auger e no Observatório de Neutrinos Solares (SNO+).

## Para saber mais

<http://www.lip.pt>

<http://www.cern.ch>

<http://www.gridcomputing.pt>

<http://www.idpasc.lip.pt>