

# A Física das Altas Energias em Portugal

JORGE CRISPIM ROMÃO

CFMC/INIC Av. Prof. Gama Pinto, 2 1699 Lisboa Codex

## 1. SITUAÇÃO ACTUAL

### 1.1. Investigadores

Durante a década de 70 concentrou-se no actual Complexo II do INIC (antigo Instituto de Física e Matemática) um elevado número (comparativamente a outras áreas) de físicos doutorados em Física das Altas Energias, também conhecida por Física das Partículas Elementares. Tal ficou a dever-se no início mais ao acaso do que a qualquer esforço consistente em desenvolver esta área. Típico dum País onde os dinheiros para a ID sempre se situaram a níveis do Terceiro Mundo, a esmagadora maioria era constituída por físicos teóricos. Assim em 1980 havia somente um físico experimental doutorado em comparação com oito teóricos. Todos estes doutoramentos foram efectuados no estrangeiro (6 na Europa e 3 nos E.U.A.).

Assim, em 1980, o grupo teórico do Complexo II do INIC tinha uma boa dimensão, mesmo em termos europeus. Mais importante do que isso, a sua produção científica era de qualidade, com numerosas publicações em revistas internacionais com sistema de *referee*. Isto grangeou-lhe um prestígio que foi decisivo para os desenvolvimentos futuros. Deste modo foi possível realizar em Lisboa, em 1981, a Conferência Internacional da EPS (European Physical Society). No decorer dessa conferência, com a vinda a Portugal do Director-Geral do CERN, ficou estabelecido um protocolo de colaboração entre o CERN e o INIC. Mediante este protocolo os físicos portugueses passaram a poder colaborar nas experiências do CERN, contribuindo o CERN para as despesas de estadia e o INIC para as despesas de viagem. Foi ainda o prestígio do grupo teórico factor

importante para a celebração, em 1986, do acordo de adesão de Portugal ao CERN.

O ano de 1986 representa uma viragem na Física das Altas Energias em Portugal. Nos termos do acordo de adesão verbas importantes (ver discussão do financiamento à frente) passaram a ser canalizadas para esta área, sobretudo para a parte de infraestruturas experimentais. Para concorrer e gerir estas verbas os físicos teóricos criaram em 1986 o Grupo Teórico das Altas Energias (GTAE) com o estatuto de associação privada sem fins lucrativos. Fazem parte do GTAE, para além de todos os físicos teóricos de Altas Energias, também outros físicos teóricos de áreas afins, essencialmente Física Nuclear. De acordo com um compromisso tomado com a Comissão Científica do Fundo CERN um terço do dinheiro obtido pelo GTAE é destinado a essas áreas afins.

Os físicos experimentais criaram pelo seu lado, também em 1986, o Laboratório de Instrumentação e Partículas (LIP) de que são sócios fundadores o INIC e a JNICT. Todos os físicos experimentais de altas energias pertencem ao LIP.

A situação durante a década de 80 está resumida na Figura 1 onde se mostra a evolução do número total de doutorados e na Figura 2 na qual se considera o número total de investigadores (doutorados + estudantes de doutoramento). Entre 1980 e 1986 é visível uma certa estabilização na física teórica e um incremento notável na física experimental, embora ainda muito abaixo da dimensão do grupo teórico e muitíssimo abaixo da média europeia. Entre 1986 e 1989 pode ver-se claramente uma expansão na dimensão dos grupos. Alguns comentários são no entanto necessários. Na física teórica, o aumento do número de doutorados entre 86 e 89 só numa

pequena medida se ficou a dever a doutoramentos feitos em Portugal (3). Dos restantes, 4 correspondem a doutoramentos no estrangeiro e 2 a pós-doutorados que foi possível contratar a partir de Setembro de 1987. Na física expe-

somente um doutorado em Coimbra. A física experimental está dividida entre Lisboa (9 doutorados) e Coimbra (4 doutorados).

## 1.2. Projectos de Investigação

### 1.2.1. Teoria

A actividade de investigação em física teórica cobre grande parte dos domínios de interesse actual, que passamos a indicar:

#### *Física Hadrónica*

Nesta área incluem-se a física das colisões prótão-antiprotão (distribuição do parâmetro de impacto) e a física dos hádrões a baixa energia (modelo de quarks). Mais recentemente, em virtude da experiência de colisões de iões pesados na qual colabora o grupo experimental, também há interesse pelo estudo da possível formação de um plasma de quarks e glúões e por indicadores dessa formação (supressão do  $J/\psi$ ).

#### *Modelo Standard Electrofraco*

Nesta área a actividade centra-se no estudo de testes de precisão ao modelo Standard das interacções electrofracas tendo em vista as próximas experiências no LEP. Estes testes tanto podem ser correcções radiativas no quadro do modelo, como o estudo de previsões de possíveis extensões do modelo, como por exemplo supersimetria. Devido à participação do grupo experimental no LEP (na experiência DELPHI) a colaboração entre os teóricos e os experimentais vai ser desenvolvida nesta área havendo já projectos concretos.

#### *Violação de CP*

É uma área onde o grupo de Lisboa é tradicionalmente forte. A actividade de investigação prossegue estudando modelos de violação de CP em teorias de gauge unificadas com ou sem supersimetria. Particular cuidado foi posto no estudo de parametrizações da matriz de

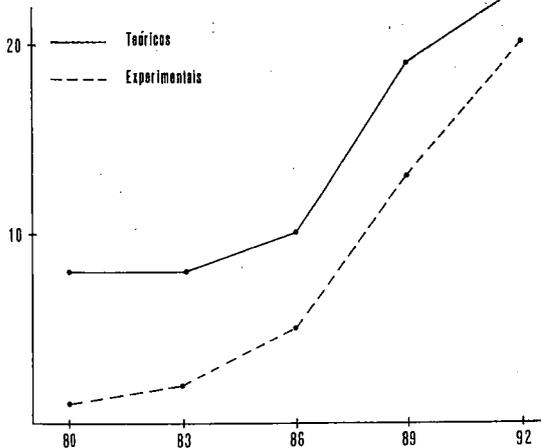


Fig. 1 — Número de doutorados em física teórica e experimental de altas energias entre 1980 e 1992 (previsão).

rimental o aumento do número de doutorados não corresponde a novos doutoramentos, mas sim à reconversão de físicos nucleares experimentais à Física das Altas Energias.

Em 1989 a quase totalidade dos físicos teóricos está concentrada em Lisboa, existindo

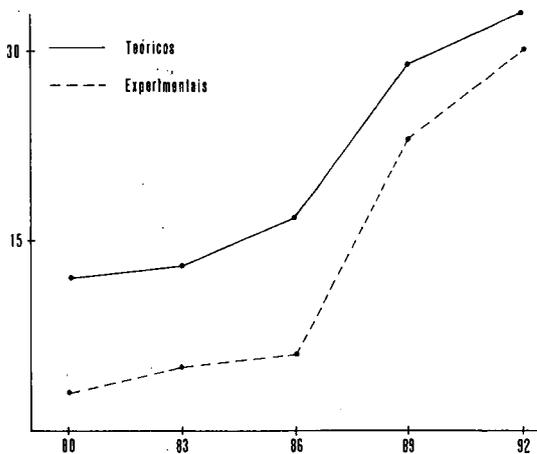


Fig. 2 — Número total de Investigadores (doutorados + estudantes de doutoramento) em física de altas energias entre 1980 e 1992 (previsão).

Cabbibo-Kobayashi-Maskawa que tenham relação directa com os resultados experimentais (módulos dos elementos de matriz).

### *Teorias de Grande Unificação, Superunificação, Spércordas*

O interesse actual neste tópicó situa-se nas teorias de supercordas, quer em aspectos mais formais, como o estudo das acções efectivas, quer em possíveis consequências fenomenológicas.

### *Cosmologia e Neutrinos Solares*

Recentemente desenvolveu-se bastante trabalho na área da Cosmologia. É um interesse que se deverá intensificar no futuro dadas as relações estreitas entre a Física das Altas Energias e a Cosmologia. Também o chamado problema do fluxo de neutrinos solares (redução do fluxo em relação ao previsto teoricamente) tem sido investigado.

### *Teorias de Gauge na Rede*

Já há algum tempo que têm vindo a ser estudadas as teorias de gauge na rede usando métodos estocásticos (equação de Langevin). Estes estudos exigem meios de cálculo poderosos, pelo que alguns deles têm sido feitos no estrangeiro. A existência de ligações às redes internacionais de computadores é muito importante neste aspecto.

#### **1.2.2. Experiência**

A actividade experimental em Física das Altas Energias está concentrada no LIP que se encontra dividido entre Coimbra e Lisboa.

#### *LIP—Coimbra*

A actividade de investigação centra-se fundamentalmente no desenvolvimento de instrumentação para as experiências de Física das Altas Energias. Neste momento colaboram na experiência do CERN (PS 195) sobre viola-

ção CP tendo contribuído para a construção do detector. Desenvolveram ainda técnicas «RICH» e processadores de «trigger». Esta experiência entrou agora na fase de recolha e análise de dados. Em colaboração com o Hahns Meitner Institut, Universidade de Leicester e Universidade de Delft prossegue a actividade de desenvolvimento em detectores gasosos e de «líquidos quentes». Finalmente em colaboração com o CERN estudam a física dos detectores gasosos, especialmente a detecção e emissão de fotões no modo «SOS».

#### *LIP—Lisboa*

A actividade de investigação do LIP—Lisboa enquadra-se neste momento nas experiências do CERN NA38 e DELPHI.

Na experiência NA38 estudam-se colisões de iões pesados tendo por objectivo a descoberta do chamado plasma de gluões e quarks. O grupo de Lisboa colaborou no sistema de aquisição de dados (hardware e software) e também na análise dos dados bem como na simulação dos mesmos. Esta experiência terminou agora uma primeira fase devendo ter uma segunda em 1992 com um feixe de chumbo. Para essa fase caberá a Lisboa o desenho e implementação dum novo sistema de aquisição de dados bem como estudos de simulação dum novo calorímetro.

Na experiência DELPHI, no anel de colisões LEP a entrar em funcionamento no CERN no Verão de 1989, Lisboa colaborou em 3 projectos de electrónica rápida («link» óptico, módulo FASTBUS e processador FASTBUS), no software de aquisição de dados (controlo e leitura do FASTBUS) e no software de análise de dados (reconhecimento de «patterns» e gráficos). Os projectos de Física em que o grupo está envolvido são o estudo de polarização do tau, a contagem de neutrinos e a busca de novas partículas em topologias simples. Neste momento com a fase de instalação praticamente concluída a ênfase será posta nestes três projectos dos quais os dois últimos são muito relevantes para o grupo teórico.

### 1.3. Instalações e Equipamento

#### 1.3.1. Instalações

Como se disse o grupo teórico encontra-se na sua quase totalidade em Lisboa, no Complexo II do INIC. Aí a grave falta de espaço que neste momento se faz sentir será resolvida em breve com a ampliação do edifício.

O grupo experimental de Lisboa está neste momento instalado num andar (área 300 m<sup>2</sup>). Este espaço é manifestamente insuficiente sendo um estrangulamento grave.

Os grupos de Coimbra possuem no Departamento de Física daquela Universidade instalações adequadas.

#### 1.3.2. Equipamentos

##### *Grupo Teórico*

Neste momento existem em Lisboa no Complexo II do INIC meios de cálculo que são satisfatórios para as necessidades dos físicos teóricos, com a excepção importante das teorias de gauge na rede. Estão aí instalados, em rede ETHERNET, um VAX 8550, um MicroVAX 2000 e um VAX 730. Estes meios são geridos pelo Centro de Cálculo do Complexo II e são partilhados por grupos de investigação em diversas áreas da Física. O grupo teórico através do GTAE tem contribuído financeiramente para o apetrechamento deste Centro de Cálculo. De salientar o trabalho pioneiro que ali tem sido realizado em redes de computadores e ligações internacionais (EARN/BINET, TELEPAC).

##### *LIP—Coimbra*

A actividade do grupo experimental de Coimbra é centrada na área da instrumentação e da física dos detectores. Para esse fim dispõe de uma oficina de mecânica de precisão que orçou em 85 000 c. e de um laboratório de instrumentação no qual foram dispendidos 26 500 c.

##### *LIP—Lisboa*

Para a sua actividade o grupo de Lisboa possui um laboratório de electrónica e de aquisição de dados no qual já foram investidos 70 000 c. bem como um Centro de Cálculo que orçou em 55 000 c. Neste Centro estão instalados, em rede ETHERNET, um VAX 6210, dois MicroVAX e quatro Work Stations VAX. Dispõe ainda de importantes meios de armazenamento de dados. As disponibilidades de cálculo actual não serão suficientes para a análise de dados na experiência DELPHI. Essa análise será feita no computador da Fundação para o Cálculo Científico (um CONVEX) a instalar brevemente em Lisboa.

#### 1.4. Financiamento

##### *Grupo Teórico*

O financiamento para o grupo teórico provém essencialmente de duas fontes. Por um lado os físicos teóricos estão integrados em Centros do INIC: Centro de Física da Matéria Condensada (a maioria), Centro de Física Nuclear e Centro de Física Teórica de Coimbra. Através destes Centros participam no financiamento normal do INIC aos Centros de Investigação. Actualmente este financiamento é da ordem de 2000 c./ano para despesas correntes. Há no entanto que referir a participação do INIC através do CFMC na Biblioteca instalada no Complexo II do INIC onde são dispendidos 3000 c./ano em revistas de Física de Altas Energias. A outra fonte de financiamento é o Fundo CERN. Os físicos teóricos têm concorrido ao Fundo CERN através do GTAE. Em 1988 o financiamento foi de 15 000 c. sendo 2/3 destinado à Física das Altas Energias e 1/3 às áreas afins (essencialmente Física Nuclear Teórica em Lisboa e Coimbra). Com este financiamento foi possível a partir de 1987 ter 3 posições de pós-doutorado que foram preenchidas através de concurso internacional.

##### *Grupo Experimental*

O financiamento da física experimental das Altas Energias é feito através do LIP. Este

tem como fonte de financiamento por um lado os sócios e por outro o Fundo CERN através de concurso aberto anualmente. Neste momento o LIP tem como sócios o INIC, a JNICT e a ANIMEE, que contribuem com cerca de 20 % do orçamento global que é da ordem de 200 000 c. Os 80% restantes provém do Fundo CERN. Como já foi referido o Fundo CERN foi criado com o acordo de adesão de Portugal ao CERN. Nesse acordo foi negociado um período de transição de 10 anos durante o qual parte da contribuição de Portugal para o orçamento do CERN (0,8 % ou aproximadamente 400 000 contos) é investida em Portugal. Assim em 1986 Portugal pagou ao CERN 10 % daquela verba, 20 % em 1987 e assim sucessivamente ao longo dos 10 anos do período de transição. A diferença é administrada pelo Fundo CERN que tem uma Comissão Científica internacional. Actualmente esta verba é inscrita no orçamento da JNICT. Este dinheiro é anualmente posto a concurso em 3 áreas: Investigação em Física de Altas Energias, Infraestruturas Científicas de Uso Geral e Colaboração Tecnológica e Industrial com o CERN.

### 1.5. Colaboração Internacional

Devido às características especiais da Física das Altas Energias a maior colaboração internacional é feita com o CERN. No campo experimental o CERN é o lugar onde se efectuam as experiências e portanto a colaboração é absolutamente necessária. Mesmo antes de Portugal se tornar membro do CERN já havia colaboração quer com a Divisão Teórica (TH) quer com a Divisão da Física Experimental (EP). Para isso contribuiu bastante o protocolo CERN-INIC celebrado em 1981. É contudo a partir da adesão que a colaboração se intensifica. A partir desse momento os Físicos de Altas Energias podem concorrer às posições do CERN (temporárias ou permanentes). Dentro destas posições é importante salientar o programa de «Fellows» que proporciona a jovens doutorados a possibilidade de posições de pós-doutoramento. Estas são particularmente

importantes para os doutoramentos feitos em Portugal.

Mas o CERN não é o único interlocutor. Contactos regulares e colaborações existem com Institutos ou Laboratórios tais como o ICTP (Trieste, Itália), DESY (Hamburgo, Alemanha), COPPE (Brasil), NORDITA (Dinamarca), SLAC (E.U.A.) ou com Universidades como Valência, Santander e Santiago de Compostela em Espanha, Glasgow, Sussex e Oxford no Reino Unido, Marselha em França, Munique, Dortmund e Heidelberg na Alemanha, Nijmegen na Holanda e Cracow na Polónia.

## 2. DESENVOLVIMENTO A MÉDIO PRAZO

Se considerarmos a situação actual podemos dizer que o grupo teórico tem uma dimensão aceitável enquanto que o grupo experimental embora tenha progredido bastante nos últimos 3 anos ainda é muito pequeno comparado com o que é normal num país europeu de dimensão semelhante ao nosso.

Assim se os financiamentos continuarem ao nível actual é de esperar um crescimento do grupo experimental sobretudo agora que o programa de Física vai começar no LEP.

Para o grupo teórico prevê-se um crescimento mais moderado, dependendo bastante do mercado de trabalho quer nas Universidades quer no INIC. Como já foi referido o grupo teórico não tem sido muito produtivo na formação de novos doutores, sendo talvez este o aspecto que mereça maior atenção no futuro próximo.

Numa perspectiva conservadora, tendo em atenção os estudantes actualmente empenhados num programa de doutoramento, apresentamos nas figuras 1 e 2 uma previsão de dimensão dos grupos em 1992.

É de salientar que um dos estrangulamentos actuais, a falta de espaço, vai ser resolvido, pelo menos parcialmente, com a ampliação do Complexo II do INIC. Dizemos parcialmente, porque no entender do grupo experimental a área a construir e a partilhar por diferentes grupos não será suficiente para as suas necessidades.

Um outro aspecto em que é de esperar melhoria, não tem propriamente a ver com a Física, mas poderá vir a ser importante como justificação das verbas dispendidas nesta área da Física. É o aspecto da colaboração tecnológica e industrial com o CERN. Neste momento já há algumas empresas portuguesas fornecendo material para o CERN. No futuro esta colaboração deverá aumentar sendo um bom indício o facto de a ANIMEE ter entrado para sócia do LIP.

### 3. CONCLUSÕES

Neste breve artigo resumimos a situação actual da Física das Altas Energias em Portugal.

Como se disse no início, foi a elevada (em termos relativos, claro) concentração de doutorados em Física das Altas Energias no Complexo II do INIC no final da década de 70, factor decisivo para o desenvolvimento actual desta área. A existência desse grupo com prestígio, possibilitou que se fizessem os acordos com o CERN. Deste modo a Física das Altas Energias passou a ter financiamentos importantes, que por seu lado permitiram a formação do grupo experimental.

A manterem-se os financiamentos aos níveis actuais dever-se-á assistir a um crescimento continuado nos próximos anos sobretudo na parte experimental. Quanto ao grupo teórico, atendendo a que a sua dimensão em Lisboa é já bastante boa, um esforço deve ser feito para aumentar o grupo de Coimbra de modo a conferir-lhe uma dimensão mínima aceitável. Com a formação de novos doutores será mesmo de pensar em criar grupos noutras Universidades.

Gostaríamos de terminar com duas recomendações. A primeira diz respeito às instalações. A falta de espaço que neste momento existe no Complexo II do INIC onde trabalha a maioria dos físicos teóricos, vai ser resolvida a curto prazo com as obras de expansão deste Complexo, já aprovadas. Embora o grupo experimental considere que a área que aí pode-

riam vir a ocupar é insuficiente, parece-nos que, no interesse dum maior contacto entre físicos e teóricos experimentais, esta posição deveria ser reconsiderada.

A segunda recomendação diz respeito ao financiamento. Como foi atrás referido se o financiamento actual é adequado isso deve-se à existência do Fundo CERN. De facto actualmente o Fundo CERN financia 80% do grupo experimental e 66% do grupo teórico (se incluirmos o financiamento do INIC para as revistas de Física de Alta Energia na Biblioteca do Complexo II). Ora 1989 é o ano quarto do acordo de adesão, o que quer dizer que o Fundo CERN se irá extinguir num futuro não muito distante. Há pois que começar a pensar desde já em que moldes vai ser feito o financiamento, para não se chegar a uma situação de rotura. Esta discussão é absolutamente vital para o grupo experimental pois as verbas necessárias (~ 200 000 c.) são significativas no panorama da investigação em Portugal. Para o grupo teórico a maior contribuição do Fundo CERN consiste no financiamento das posições de pós-doutorado. É muito importante que esta tradição começada pelo GTAE seja mantida para além da extinção do Fundo CERN. Um bom passo nesta direcção foi a recente criação de 4 posições de pós-doutorado no Complexo II do INIC. No futuro algumas das posições neste momento suportadas pelo GTAE poderão vir a ser integradas nesse esquema.

#### Quotas da SPF

*Prezado sócio: se ainda não pagou as suas quotas para o ano de 1990, agradecemos que o faça o mais rapidamente possível junto da respectiva Delegação.*

*Assegurará desta forma melhores condições para o planeamento e expansão das actividades da Sociedade, bem como a recepção regular da Gazeta de Física.*

*Quotas: não estudantes ... 2000 Escudos  
estudantes ..... 750 Escudos*