

GAZETA DE FISICA

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FISICA

VOL. 13, FASC. 1

Publicação Trimestral

Janeiro a Março 1990

*Fisica
em
Portugal*

Uma abordagem
da situação actual

GAZETA DE FISICA

Fundada em 1946 por A. Gibert

Propriedade e Edição: Sociedade Portuguesa de Física

Director: Filipe Duarte Santos (Secretário-Geral da S.P.F.)

Comissão de Redacção e Administração

Conselho Directivo da S.P.F.: H. Machado Jorge, F. Duarte Santos, J. Bessa Sousa, Ana M. Eiró, Carlos Matos Ferreira, F. Costa Parente, M. Fernanda Silva, J. Brochado Oliveira, J. Monteiro Moreira, N. Ayres Campos, C. Lopes Gil.

Endereço: Sociedade Portuguesa de Física, Av. da República, 37-4.º — 1000 Lisboa

A **Gazeta de Física** publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Os artigos podem ter índole teórica, experimental ou aplicada, visando promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, o intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam ou aplicam a Física. As opiniões expressas pelos autores não representam necessariamente posições da S.P.F.

A **Gazeta de Física** deverá constituir também um espaço de informação para as actividades da S.P.F., nomeadamente as suas Delegações Regionais e Divisões Técnicas.

Os manuscritos deverão ser submetidos para publicação em duplicado, dactilografados a dois espaços. Figuras ou fotografias deverão ser apresentadas em folhas separadas e prontas para reprodução, com eventual redução de tamanho.

Toda a correspondência deverá ser enviada para

Gazeta de Física

Sociedade Portuguesa de Física

Av. República, 37-4.º — 1000 LISBOA

A **Gazeta de Física** é enviada gratuitamente a todos os Sócios da S.P.F. no pleno uso dos seus direitos.

Preço de assinatura: país 1500\$00; estrangeiro US\$25.

Preço do fascículo avulso (sede e delegações da SPF): 400\$00.

Publicação subsidiada pelo Instituto Nacional de Investigação Científica
e pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica

Tiragem: 2200 exemplares

Composição, Impressão e Acabamento — *Imprensa Portuguesa* — Porto

EDITORIAL

Este número da Gazeta de Física é marcadamente diferente dos anteriores pelo seu conteúdo e pela sua intenção. Com efeito, o seu conteúdo é quase integralmente dedicado à publicação dum conjunto de relatórios sobre a situação da Física em Portugal elaborados por cientistas portugueses conceituados que, para o efeito, foram convidados pela Sociedade Portuguesa de Física. Pretende-se com estes relatórios por um lado reunir informação detalhada sobre a situação actual, por outro dar início a uma reflexão séria sobre as perspectivas desejáveis do desenvolvimento da investigação em Física a curto e médio prazo. Embora os relatórios aqui apresentados e as opiniões neles expressas sejam da inteira responsabilidade dos seus autores, não reflectindo portanto qualquer posição oficial da SPF sobre os assuntos versados, é nossa opinião que eles constituem uma oportuna base de trabalho para que, no futuro próximo, seja possível obter amplos consensos no seio da comunidade dos físicos portugueses quanto ao desenvolvimento que se pretende e às medidas que, para tal, urge tomar. Seria, pois, extremamente importante que estes relatórios dessem lugar a um amplo debate e que outras opiniões e sugestões surgissem. A Gazeta de Física, que chega regularmente a todos os sócios da Sociedade, pode ser um veículo privilegiado para este debate e para que os sócios interessados expressem os seus pontos de vista. A palavra é, a partir de agora, dos sócios.

A iniciativa de pedir estes relatórios e de os publicar na Gazeta de Física foi da inteira responsabilidade do Secretariado-Geral e do Conselho Directivo cessantes da SPF, que terminaram os seus mandatos em 28 de Fevereiro último, data em que os novos órgãos nacionais foram eleitos em Assembleia Geral da SPF. Esperamos, ao ter tomado esta iniciativa, ter contribuído para que a Física portuguesa seja melhor conhecida no seio da nossa própria Sociedade e para promover uma reflexão séria sobre o que queremos vir a ser no futuro.

O Secretariado-Geral cessante

*Filipe Duarte Santos
João Bessa Sousa
Carlos Matos Ferreira
Ana Maria Eiró*



Panorama da Investigação em Física da Matéria Condensada em Portugal

MANUEL AMARAL FORTES

Instituto Superior Técnico

Este relatório foi-me solicitado pela Direcção da Sociedade Portuguesa de Física no princípio de 1989. Outros relatórios deste género foram encomendados a outras pessoas, sobre outros ramos da Física. A informação e opiniões que se seguem foram baseadas nas respostas a um inquérito que dirigi a um grande número de investigadores portugueses em Física da Matéria Condensada e também no meu conhecimento das actividades e das pessoas que trabalham nesta área. Inevitavelmente, há uma certa subjectividade na leitura que fiz das respostas ao inquérito e nas opiniões que emito. Há também alguma imprecisão nos números que são indicados. Apesar destas deficiências, penso que o relatório poderá despoletar uma reflexão mais aprofundada sobre o sector, a ser feita pela comunidade dos Físicos portugueses, como é intenção da Sociedade Portuguesa de Física.

Depois de definir o que se entende por Física da Matéria Condensada (FMC), apresenta-se o inquérito que foi enviado aos investigadores desta área. O Panorama da FMC é apresentado nas suas várias facetas, nomeadamente, as áreas de investigação que são cobertas, as técnicas e equipamentos existentes, dados sobre os investigadores e a organização da investigação, os financiamentos, as acções de formação, a produção sob a forma de artigos e comunicações, as colaborações internacionais e o impacto no sector produtivo nacional.

No fim, mas também ao longo de todo o relatório, apresentam-se as principais dificuldades sentidas pelos investigadores. O relatório termina com sugestões de alguns iniciativas que a SPF poderia tomar no sentido de fomentar e melhorar a investigação em Física da Matéria Condensada.

Introdução

Âmbito da Física da Matéria Condensada

Física da Matéria Condensada (FMC) é uma designação recente cuja origem está relacionada com a explosão da Ciência dos Materiais, a partir dos anos 60, a qual trouxe para primeiro plano a investigação em materiais não-cristalinos, designadamente os polímeros e os vidros de todos os géneros. A clássica Física do Estado Sólido era uma física dos cristais (metais, cristais iónicos, semicondutores, ...),

já em fase de livro de texto, embora ainda com algumas brechas. A FMC alarga, como ramo da Física, a do Estado Sólido (cristalino), incorporando todos os sistemas com um número macroscópico de átomos em interacção forte, isto é, condensados, independentemente do modo (ou ordem) como estão arrançados.

Do ponto de vista teórico, a disciplina alargou-se e complicou-se enormemente. Não tanto do ponto de vista experimental, porque as técnicas que servem para os não-cristais (incluindo os líquidos) são as mesmas que se utilizam para os materiais cristalinos. A evo-

lução que houve na parte do «experimental» teve a ver com o advento de novas técnicas de preparação, medida e observação que proliferaram a partir dos anos 60/70.

Estabelecer os limites da FMC e dizer onde é a sua fronteira com a Ciência dos Materiais é uma questão académica mas que pode tornar-se importante, como acontece no presente caso em que pretende fazer-se o balanço das actividades de investigação em FMC. Se se entender a FMC como Física dos Materiais, e suponho não haver objecções a esta identificação, então pode concluir-se que a Ciência dos Materiais engloba totalmente a FMC, mas nem tudo o que é Ciência dos Materiais é FMC. Quer dizer, nem tudo o que é Ciência (dos Materiais) é Física (dos Materiais). Seguindo o consenso actual, resolvi não incluir na FMC grande parte das questões de extracção, preparação, purificação e deterioração dos materiais e quase tudo sobre processos industriais de fabrico (a Tecnologia dos Materiais ou Engenharia dos Materiais). Não inclui também tudo o que se prende com os aspectos microestruturais (grãos, precipitados, diagramas de fases, ...) e grande parte das questões relacionadas com o comportamento mecânico.

Inquérito/Sondagem

Foi enviada uma carta circular a cerca de 50 Físicos da Matéria Condensada tendo o cuidado de abranger, através deles, o maior número possível de investigadores e equipas de trabalho. Penso que a cobertura foi praticamente total. Houve necessidade de enviar uma 2.^a circular (também anexa) a fim de espevitarem as respostas.

Embora o número de cartas recebidas tenha sido apenas 25 (50 %), creio que o número de investigadores cobertos pelo inquérito foi superior a 90 % do total, já que houve envio de circulares a pessoas trabalhando no mesmo grupo, com resposta apenas de uma delas. Por outro lado, o autor deste relatório conhece razoavelmente bem as actividades de alguns dos poucos investigadores/grupos que não

foram «apanhados» pelo inquérito (por não terem respondido).

As respostas recebidas foram bastante completas. Além disso, a informação pedida e as questões levantadas no inquérito foram suficientes para ter uma visão adequada da dimensão, actividades, capacidade, e dificuldades de cada grupo/investigador. Quer dizer, o teor do inquérito foi adequado. Questões mais íntimas poderiam ter sido incluídas (por exemplo: está satisfeito com a sua produção; gostaria de emigrar para ter melhores condições de trabalho e remuneração), bem como outras relacionadas com o valor e grau de utilização dos equipamentos pertencentes a cada equipa. Mas tal tornaria o inquérito muito pesado e de difícil resposta.

Panorama da Física da Matéria Condensada

Áreas de investigação

Quais são as áreas da FMC em que se faz investigação em Portugal e qual a sua extensão no que diz respeito ao número de investigadores, equipamentos disponíveis e produção científica? A resposta depende muito da amplitude que se quiser dar à definição das diferentes áreas (p. ex., a área de «fenómenos de transporte» é fatalmente mais ampla, em qualquer parte do mundo, do que a de «RMN de cristais líquidos»).

Deixando de lado esta questão insolúvel, indicarei a seguir uma lista de áreas, que preparei com base na resposta aos pontos 1.1. e 1.2. do inquérito e em outros dados que possuo. Para cada área indico com A, B e C a amplitude (decrecente) dessa área, baseada sobretudo no número de investigadores.

- A Fenómenos de Transporte
- A Física das baixas temperaturas
- A Magnetismo
- A Cristais líquidos
- B Transições de fase e fenómenos críticos
- B Supercondutores de T_c elevado
- B Mecânica estatística de superfícies e interfaces

- B Física dos polímeros (propriedades eléctricas, reologia)
- B Fotofísica
- B Vidros de halogenetos
- B Cristalografia e cristalquímica
- C Fases comensuráveis e incomensuráveis
- C Ferroelectricidade e ferroelasticidade
- C Calores específicos
- C Implantação iónica
- C Defeitos em cristais (metais e ligas)
- C Interação de lasers com materiais
- C Propriedades dinâmicas de sistemas fortemente correlacionadas
- C Hidrogénio em metais
- C Vidros de terras-raras
- C Fibras ópticas
- C Vidros sol-gel
- C Física de superfícies (estrutura e composição química)
- C Interações moleculares em soluções líquidas
- C Condutividade térmica de líquidos
- C Películas finas
- C Ligas metálicas amorfas
- C Materiais optoelectrónicos
- C Propriedades físicas de cerâmicos (sensores, etc.)
- C Biofísica

Algumas das áreas marcadas com C envolvem apenas 2 ou 3 investigadores. Algumas com A envolvem até 20 pessoas, por vezes trabalhando em mais do que uma instituição. A investigação está organizada em projectos, geralmente com a duração de 3 anos. Este modo de organizar a investigação resulta da necessidade de arranjar financiamentos. Frequentemente, a um projecto segue-se outro, que é o prolongamento do primeiro.

Como se vê, o número de áreas cobertas é bastante grande, mas na maior parte dos casos a dimensão das áreas é pequeníssima. Há áreas muito importantes e intrinsecamente grandes, que entre nós são classificadas em C. Finalmente, há certas áreas da FMC em que pura e simplesmente não há especialistas em Portugal. Nada disto é de espantar num país em que o número total de investigadores em

Física é escasso, não atingindo certamente quatro centenas.

É curioso indagar a lógica da escolha destas áreas pelos nossos investigadores. Porquê tão poucos em Física das Superfícies e tantos em Cristais Líquidos, por exemplo? Suponho que tal distribuição tem a ver com dois factores: a proeminência de certos investigadores, que arrasta a expansão da sua área; a lotaria dos temas de tese de doutoramento no estrangeiro que leva a uma pulverização das áreas.

Técnicas experimentais; instalações laboratoriais

As principais técnicas utilizadas pelos investigadores de FMC e existentes em laboratórios portugueses são referidas a seguir. As letras A, B, C indicam o grau de utilização, desde muito utilizado (A), e utilizado para fins muito específicos por grupos restritos (C).

- A Medidas de propriedades eléctricas e magnéticas (resistividade, poder termoeléctrico, susceptibilidade magnética, ...)
- A Raios X
- A Técnicas criogénicas
- A Técnicas de vácuo
- A Computadores
- B Medida de propriedades térmicas (condutividade, expansão, calorimetria) em sólidos
- B Análise térmica diferencial
- B Medida de propriedades dinâmicas (módulos complexos, etc.)
- B Técnicas de deposição de películas
- B Espectrometria IV e Raman
- B Aplicações de lasers
- C Calorimetria diferencial
- C RPE (vidros, biofísica)
- C RMN (cristais líquidos, biofísica)
- C Medidas acústicas, ultrasons
- C Medida de propriedades elásticas
- C Técnicas de estudo de superfícies (SIMS)
- C Condutividade térmica de líquidos
- C Técnicas de estudo de sólidos usando neutrões e iões
- C Crescimento de monocristais

Nenhuma destas técnicas ou equipamentos têm o carácter de infraestrutura nacional, ou mesmo regional. Todas elas pertencem e são administradas pelos principais grupos utilizadores, e são, em regra, pouco utilizadas por grupos estranhos. Em parte por isso, há exemplos vários de duplicação de equipamentos caros. Está em curso, no Porto, a criação de um laboratório de FMC, com carácter de infraestrutura nacional. Não inclui como técnica de FMC as microscopias electrónicas. Estas são quase exclusivamente utilizadas pelos investigadores de Ciência de Materiais, que, dentro da definição usada, não caem no âmbito da FMC.

Não possuo dados sobre a utilização destes equipamentos, mas acredito que estejam, no geral, subutilizados.

Poderia incluir uma lista dos materiais que são investigados. Cheguei a elaborar uma, mas o aspecto era assustador: uma salada russa que metia diamantes, ligas de terras raras, alguns (poucos) polímeros, etc.

Os laboratórios ou salas onde está instalado o equipamento de investigação são — quase toda a gente se queixa — indignos. Isto é, sem dúvida, a verdade, confirmada pelas poucas excepções que existem.

Um sintoma animador é o crescente fabrico de equipamento em oficinas das instituições de investigação, por oposição ao «comprar tudo» (importar tudo). Esta situação poderia melhorar em flecha, se houvesse um maior número de técnicos capazes de executar os trabalhos pretendidos. No entanto há queixas sobre o mau funcionamento e qualidade das oficinas.

Duas iniciativas da Universidade do Porto, de criar «grandes centros de equipamento», com impacto na FMC e Ciência de Materiais são ainda mal conhecidas pelos não-portueses; o debate a promover pela SPF poderá ser usado para esse fim.

Investigadores, grupos, centros, etc.

O número total de investigadores em FMC deve ser próximo de 200, repartidos por grupos com 2 a 20 elementos. Destes, cerca de 90 são

doutorados e cerca de 30 são bolseiros (*) (isto é, não têm vínculo permanente à instituição em que fazem trabalho de investigação). A investigação faz-se nas Universidades (inclui os Centros do INIC nas Universidades) e no LNETI, com os seguintes números de investigadores, incluindo bolseiros (não se referem Universidades, etc. em que o número de investigadores é inferior a 5).

Universidade do Porto 40
Universidade do Minho 15
Universidade Nova de Lisboa 25
Universidade de Aveiro 20
Universidade de Coimbra 20
Instituto Superior Técnico 15
Faculdade de Ciências, Lisboa 25
Centro de Física da Matéria Condensada 25
LNETI 20

O Centro de Física da Matéria Condensada é o único centro do INIC individualizado nesta lista. Os restantes estão contabilizados nas Universidades e Faculdades e são os seguintes:

Centro de Física da U. do Porto
Centro de Física de Aveiro
Centro de Engenharia Cerâmica e do Vidro (Aveiro)
Centro de Física Molecular (Lisboa)

O número de técnicos auxiliares de laboratório é próximo de 30, ou seja, 1 técnico para cada 6 a 7 investigadores. Não possuo dados sobre as idades dos investigadores, mas posso adivinhar uma distribuição com um pico à volta do valor médio de 35-40 anos, havendo mais investigadores próximo dos 50 anos do que próximo dos 20-25 anos.

As instalações (gabinetes) onde vivem os investigadores, quando estão sentados a trabalhar, são em geral péssimas. É frequente 3 ou mais partilharem o mesmo gabinete e apenas os privilegiados têm um gabinete só para si. As condições de trabalho são portanto muito

(*) Há bolseiros licenciados e bolseiros não licenciados, na proporção de 3 para 1.

más, com a agravante de os investigadores perderem um enorme tempo em actividades subsidiárias. Esta situação aflige grande número de investigadores.

O mercado de investigadores, incluindo bolseiros, é também um aspecto considerado crítico. Há falta de bons licenciados, queixam-se bastantes pessoas, que queiram fazer investigação.

Financiamentos

A investigação em FMC recorre às fontes de financiamento habituais em Portugal, com o Estado a financiar praticamente toda a investigação (certamente mais de 95 %). Os organismos estatais intervenientes são as próprias instituições universitárias e os laboratórios de Estado, através dos seus orçamentos próprios, o INIC (através dos centros de investigação sob sua tutela) e a JNICT (através de projectos, infraestruturas). A participação da Fundação Gulbenkian tem sido mais relevante nas acções de formação. Os bolseiros aparecem com verbas do INIC e JNICT, sendo raros aqueles que são pagos, independentemente destas instituições, com verbas próprias de projectos. Esta falta de autonomia na contratação de bolseiros é considerado um sério obstáculo por parte de alguns dos inquiridos.

Nas instituições universitárias, a maior parte do financiamento para investigação vem do INIC/JNICT, com ligeira preponderância para a JNICT, pelo menos em anos recentes. No LNETI, as relativamente elevadas verbas dispendidas em FMC são oriundas da própria instituição.

As verbas da CEE começam a chegar, mas são ainda diminutas.

Estimo em 300 000 contos a verba dispendida em FMC (excluindo salários e bolseiros) (*) em 1988. Desta verba, cerca de 20 000 contos foram utilizados na aquisição de equipamentos.

Acções de formação

Salvo raríssimas excepções, os investigadores em FMC são licenciados ou em Física

ou em Química ou em Engenharia (sobretudo Engenharia Electrotécnica e Engenharia Química). Há em Portugal duas licenciaturas em Física que têm ramo de especialização em FMC. Disciplinas da área da FMC são leccionadas em diversas cadeiras inseridas nas licenciaturas acima referidas.

Há dois cursos de mestrado na área da FMC, nas Faculdades de Ciências de Lisboa e do Porto. Um outro curso de mestrado, em Física, oferecido conjuntamente pela FCL, IST e UNL, tem uma especialização (ramo) em Física do Estado Sólido. Ao todo, desde 1982, terão saído destes cursos uns 20 mestres em FMC.

Não possuo dados sobre o número de doutoramentos e agregações feitos em Portugal na área da FMC, mas não deverá ultrapassar 10 % do número total de doutores. No entanto, a fracção de doutoramentos em Portugal vai sem dúvida crescer acentuadamente.

A Escola Ibérica de FMC, uma iniciativa luso-espanhola patrocinada em Portugal pela Sociedade Portuguesa de Física e subsidiada pela UNESCO, e as Escolas de Outono do Centro de Física da Matéria Condensada, são acções de formação para especialistas de FMC.

Colóquios e palestras sobre FMC ocorrem esporadicamente, mas, em geral, têm pequena audiência.

Produção, publicações

Os FMC portugueses apresentam muitos dos seus resultados de investigação nas conferências nacionais de Física (designadas por Física 86, Física 88, ...) organizadas pela Sociedade Portuguesa de Física e, em muito menor grau, nas conferências da Sociedade Portuguesa de Materiais (designada por Materiais 87, Materiais 89, ...). Estas conferências nacionais realizam-se de dois em dois anos, felizmente em anos diferentes. Houve na Física 86 e na Física 88 cerca de 60 comunicações sobre FMC. Curiosamente, o número total de comunicações, exceptuando a área da educação, baixou de 306 em 1986 para 186 em 1988.

Houve uma boa contribuição portuguesa nos dois Simpósios Ibéricos de FMC, um em Lisboa em 1983 e outro em Sevilha em 1986. O Simpósio Europeu de FMC, da Sociedade Europeia de Física, que se efectua todos os anos, terá lugar em Lisboa no ano de 1990. Por isso não se realizou o Simpósio Ibérico em 1989.

Comunicações a congressos e simpósios internacionais, da autoria de investigadores portugueses, aparecem aqui e ali, mas mais em congressos muito especializados do que em congressos de maior envergadura (como por exemplo os Congressos organizados pela Sociedade Europeia de Física).

O número médio de comunicações a congressos nos três últimos anos é de cerca de 130 por ano, das quais talvez metade em congressos no estrangeiro.

Quanto às publicações (artigos) em revistas periódicas, o panorama é o seguinte. A única revista portuguesa que é usada é a *Portugaliae Physica* (que passou a ser uma revista aperiódica...). Foram publicadas cerca de 20 artigos em FMC, num total de 60 artigos, nos últimos 7 números da revista. As revistas internacionais escolhidas pelos investigadores portugueses para publicar os seus artigos em FMC são praticamente todas revistas de primeira qualidade, com «referees» (aliás como a *Portugaliae Physica*). O número médio de artigos nos últimos dois anos em revistas periódicas foi de 100/ano, dos quais só 5 na revista nacional acima referida. A maior parte dos artigos têm um co-autor estrangeiro. O número de artigos por investigador e por ano é portanto inferior a 1 (cerca de 0.6). Mas, como sempre acontece, há investigadores com uma produção muito superior à média, por exemplo com 4 a 5 artigos por ano. É referida apenas uma patente resultante do trabalho de investigação em FMC.

Impacto da investigação em FMC

Não há qualquer interacção significativa com o sector produtivo nacional. Nem os resultados da investigação em FMC são apro-

veitados pela indústria, nem os problemas e necessidades da indústria são motivadores da investigação que se faz. Uma excepção merece referência: a criação de uma empresa nacional que produz Si amorfo com «know-how» oriundo de uma instituição universitária portuguesa.

Que impacto tem a investigação portuguesa em FMC no panorama mundial, quer a nível de cultura quer a nível de utilidade? O impacto é certamente pequeno, como em outras áreas científicas. No entanto, os contactos internacionais são numerosos e praticamente todos os grupos de investigação têm colaboradores estrangeiros, principalmente no Reino Unido, França, Alemanha, Espanha e EUA. É notável o número de colaborações com espanhóis. Também é notável o pequeníssimo número de colaboradores italianos, norte-americanos e japoneses.

Dificuldades e carências

A lista que se segue contém uma série de lugares comuns. Mas não é demais repeti-los, tanto mais que são apontados por praticamente todos os investigadores inquiridos. De resto, não seria preciso inquirir ninguém para escrever a lista. As principais dificuldades e «estragulamentos» à investigação em FMC em Portugal são as seguintes:

- Escassez de verbas.
- Instalações péssimas.
- Falta de infraestruturas, grandes equipamentos e técnicas experimentais (incluindo meios informáticos).
- Escassez de licenciados motivados para a investigação (a utilizar como bolseiros ou a contratar em regime permanente).
- Escassez de contactos com outros investigadores da mesma área (isto é, faltam reuniões científicas nacionais de âmbito restrito).

A esta lista, que seria a mesma para outros domínios da Ciência (e não só), há que juntar algumas dificuldades específicas da FMC. Refiro-me em especial ao facto de a FMC

não ser, dentro da Física, uma área popular. Os melhores jovens licenciados que vão para a investigação não são atraídos pela FMC. Interessa averiguar porquê.

Uma outra questão importante da estratégia da investigação que se coloca no caso da FMC é a seguinte. Deveria a investigação concentrar-se em menos áreas, com grupos maiores; ou será de deixar que ela continue da forma mais ou menos anárquica que a caracteriza? É uma questão que deve ser debatida, mas a alteração da situação actual no sentido da concentração implica a definição dos pólos de concentração, o que não me parece tarefa fácil.

Recomendações

O objectivo deste relatório é mais o de descrever a situação da investigação em FMC do que o de apontar soluções ou fazer recomendações. Estas devem surgir no anunciado debate a realizar pela comunidade dos Físicos portugueses. No entanto, há um certo número

de pequenas sugestões que gostaria de deixar registadas. São recomendações à Direcção da SPF sobre acções que estarão ao seu alcance:

— dar maior ênfase na Gazeta de Física a artigos sobre FMC;

— promover/organizar encontros ou sim-
pósios nacionais, muito mais restritos do que a Conferência de Física, sobre FMC ou tópicos dentro da FMC;

— incrementar as relações entre Faculdades de Ciências e Escolas de Engenharia;

— incrementar as relações entre grupos de investigação e as empresas do sector produtivo;

— estabelecer quais as infraestruturas nacionais prioritárias.

Lisboa, 25 de Outubro de 1989.

AGRADECIMENTOS:

Agradeço ao Professor Rui Amaral Almeida, do IST, e ao Engenheiro José Bonfim, da JNICT, pela crítica que fizeram deste relatório.

UNIVERSIDADE DE LISBOA FACULDADE DE CIÊNCIAS

MESTRADO EM FÍSICA — 1990 / 91

Especializações:

- Física Atómica
- Física Nuclear
- Matéria Condensada e Ciências dos Materiais
- Cosmologia e Partículas

Possibilidades de Obtenção de BOLSAS DE ESTUDO

Os interessados devem enviar para,

Departamento de Física

Campo Grande, Ed. C1, Piso 4 — 1700 Lisboa

Tel.: 7583141; ext. 2161 — Fax: 7597716 — Telex: 65869 FCULIS

o seu curriculum e indicar o nome e a morada de dois professores que possam dar referências.

Física Nuclear em Portugal

JOSÉ NUNO DIAS URBANO

Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

1. Preâmbulo

Por motivos de todos bem conhecidos, em virtude das suas aplicações em domínios estratégicos tão sensíveis como a defesa e a energia, a Física Nuclear foi considerada área prioritária de desenvolvimento dos países industrializados durante as décadas de 30 a 60. Durante esse período a fronteira do conhecimento sobre a constituição última da matéria e as forças fundamentais passava também pela Física Nuclear, o que atraiu para esta área muitos dos espíritos mais brilhantes da época. A partir dos anos 70, um conjunto de factores de índole muito variada conduziu a uma progressiva diminuição dos investimentos em Física Nuclear e do interesse dos jovens por esta ciência. Entre estes factores salientam-se o impasse a que levou a estratégia de paz mundial baseada na destruição total das partes beligerantes, as crescentes preocupações com a preservação do meio ambiente, a percepção do valor estratégico da investigação noutras áreas científicas e a deslocação da fronteira do conhecimento no que concerne à constituição última da matéria. No entanto, a Física Nuclear continua a despertar o interesse tanto dos jovens cientistas como dos governos, devido à existência de um número considerável de questões em aberto e também à importância das suas aplicações tecnológicas. Estes factores têm levado a que os investimentos nesta ciência dos países industrializados se mantenham em níveis relativamente elevados.

Portugal acompanhou o processo de evolução da Física Nuclear com algum desfasamento. Não obstante, ela constituiu o cerne do florescimento da investigação científica em Portugal durante as últimas décadas. De facto, foi em torno da Física Nuclear que se criaram núcleos de investigação bem dimensionados, com carácter permanente e objectivos bem definidos. Além disso, investigadores treinados em Física Nuclear foram germens da constituição de

núcleos de investigação noutras áreas. A situação actual da Física Nuclear em Portugal reflecte ainda, vincadamente, os factores históricos da sua evolução.

A Física Nuclear em Portugal é praticada em Centros do INIC das Universidades de Coimbra e Lisboa, e no LNETI. Este Relatório baseia-se nas informações que conseguimos obter junto dos responsáveis por esses núcleos de investigação.

2. Instituições

São os seguintes os grupos de investigação que se dedicam ao estudo da Física Nuclear em Portugal:

- Centro de Física e dos Materiais da Universidade de Coimbra — CFRM/UC (INIC).
- Centro de Física Teórica da Universidade de Coimbra — CFT/UC (INIC).
- Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa — CFN/UL (INIC).
- Departamento de Energia e Engenharia Nucleares do Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial/ICEN — DEEN-LNETI/ICEN.

3. Recursos humanos

Há ao todo 54 investigadores a dedicarem-se à Física Nuclear, dos quais 30 possuem o grau de doutor, assim distribuídos:

- Grupo de Física Nuclear Aplicada do CFRM/UC (INIC): 5 doutorados, 4 não doutorados.
- CFT/UC (INIC): 12 doutorados, 5 não doutorados.
- CFN/UL (INIC) ⁽¹⁾: 6 doutorados, 6 não doutorados.

⁽¹⁾ Estes dados e todos os que apresentaremos ao longo deste Relatório relativos a este Centro do INIC, referem-se exclusivamente às suas linhas 2 e 3 (Física Teórica).

- DEEN-LNETI/ICEN: 7 doutorados, 9 não doutorados.

4. Projectos de investigação em curso

A – FÍSICA TEÓRICA

Os projectos de investigação em curso abrangem muitos tópicos, tanto das áreas tradicionais de baixas energias, como de energias intermédias, estas envolvendo graus de liberdade quarkónicos e mesónicos.

Desenvolvem-se e aplicam-se métodos para o estudo das propriedades estáticas e dinâmicas de sistemas muito variados tais como sistemas infinitos de fermiões, núcleos finitos, sistemas de poucos nucleões e o próprio nucleão.

É difícil estabelecer critérios incontroversos para arrumar os diferentes projectos num número restrito de títulos. Por esse motivo, e até pelo carácter enriquecedor de que se reveste, fazemos a listagem completa dos projectos de investigação em curso, em cada grupo:

CFT/UC (INIC)

- Influência de graus de liberdade mesónicos de sistemas infinitos de fermiões relativistas.
- Estudo da equação de Vlasov para sistemas nucleares finitos.
- Estudo dos modos normais da matéria de Vlasov limitada por fronteiras planas naturais.
- Estudo de propriedades termodinâmicas de modelos nucleares esquemáticos pelo método dos desenvolvimentos bosónicos.
- Excitações bosónicas do vácuo segundo extensões do modelo Nambu-Jona-Lasinio contendo interacções dependentes da cor.
- Estudo das propriedades dos mesões no contexto do modelo de Nambu-Jona-Lasinio.
- Determinação das propriedades estáticas e dinâmicas do nucleão e seus isóbaros, usando técnicas de projecção, no âmbito do modelo sigma quiral com e sem inclusão de mesões vectoriais.

- Inclusão de confinamento no modelo sigma linear.
- Estudo comparativo das soluções exactas de um modelo simples de piões acoplados a uma fonte estática, nos limites de acoplamento fraco e forte, com as obtidas por métodos aproximados de projecção.
- Estudo da excitação coulombiana por um método semiclassical.
- Análise teórica dos números quânticos de sabor e aplicação do método na Física Nuclear.

CFN/UL (INIC) (linhas 2 e 3)

- Cálculo de quatro corpos para o estudo dos estados de ${}^4\text{He}$ incluindo exactamente as forças tensoriais da interacção NN.
- Cálculos de quatro corpos para as reacções $dd \rightarrow dd$ e $dd \rightarrow d{}^3\text{H}$ incluindo efeitos tensoriais no deutério e no trítio em primeira ordem na teoria de perturbações. Os poderes de análise tensorial são calculados.
- Estudo unificado da reacção $d(p, \gamma){}^3\text{He}$ usando soluções das equações de Faddeev para ${}^3\text{He}$ e estado final $d + p$.
- Aplicação de uma ansatz de Faddeev baseado em funções de Sturmian ao estudo de átomos com dois electrões.
- Aplicação de uma ansatz molecular baseada em funções de Sturmian ao estudo da molécula $dd\mu$ e $d\mu$.
- Estudo da força de três corpos entre nucleões derivada a partir de um cálculo de Faddeev onde os canais NN e $N\Delta$ estão acoplados entre si: NN-NN, NN- $N\Delta$ e $N\Delta$ - $N\Delta$.
- Cálculos relativistas do tipo Bethe-Salpeter no trinucleão usando o potencial de Paris.
- Estudo de efeitos relativistas nos factores de forma electromagnéticos do deutério.
- Estudo da estrutura de núcleos muito leves — ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$, ${}^6\text{Li}$, etc. — utilizando reacções de captura radiativa (por exemplo ${}^1\text{H}(d, \gamma){}^3\text{He}$, ${}^2\text{H}(d, \gamma){}^4\text{He}$, ${}^4\text{He}(d, \gamma){}^6\text{Li}$), iniciados por feixes polarizados.
- Aplicação de modelos nucleares relativistas na análise de dados experimentais de dispersão deutério-núcleo a energias intermédias.

- Estudo da equação de estado da matéria nuclear utilizando um formalismo relativista baseado na teoria do campo de nucleões e mesões.
- Colaboração na análise de dados experimentais em reacções $^{40}\text{Ca}(\mathbf{d}, \alpha)$, $^{50}\text{Ti}(\mathbf{d}, \alpha)$ a $E_d = 20$ MeV, obtidos pelo grupo de Munique.
- Estudo da relação entre os parâmetros interiores do potencial NN e as variáveis externas do deuterão. Extensão ao trítio.
- Estudo da estrutura do núcleo de ^4He , nomeadamente cálculo do eventual primeiro estado excitado.
- Cálculo variacional do estado de dispersão deuterão-deuterão no canal $^3\text{S}_2$, a baixas energias.
- Estudos de alterações de estrutura provocadas por hidrogénio em aços.
- Estudos de defeitos em metais pela técnica de aniquilação de positrões.
 - Estudo dos defeitos produzidos em aços ferríticos por irradiação com neutrões;
 - Estudo das modificações estruturais induzidas após tratamento superficial por laser em Ni;
 - Estudo da fragilização induzida por hidrogénio dissolvido em aços austeníticos;
 - Estudo de transições de fase em cristais líquidos liotrópicos.

B — FÍSICA EXPERIMENTAL

Não se realiza, neste momento, em Portugal, Física Nuclear Experimental no sentido estrito do termo.

Dos dois grupos actualmente em actividade, um deles — CFRM/UC (INIC) — utiliza técnicas da Física Nuclear para a implantação de hidrogénio em metais, o estudo de metais hidrogenados e o estudo de defeitos em metais. O outro — DEEN-LNETI/ICEN — tem a sua actividade centrada em torno do Reactor Português de Investigação.

Descrevem-se, a seguir, os respectivos projectos:

CFRM/UC (INIC)

- Estudos de hidrogénio em metais por Correlações Angulares Perturbadas.
 - Estudos estruturais de fases de hidretos de Nb e Ta;
 - Estudos de hidretos de Dy;
 - Estudos da interacção de hidrogénio com impurezas intersticiais em Nb e Ta;
 - Estudos de difusão de hidrogénio em hidretos de ZrMn_x e Zr;
 - Estudos estruturais e de difusão em ligas de armazenamento de hidrogénio (FeTi e LaNi_5).
- Estudos de metais e ligas metálicas hidrogenadas por espectroscopia de Mössbauer.

DEEN-LNETI/ICEN

- Exploração do Reactor Português de Investigação (RPI).
 - Desenvolvimento de métodos de produção de feixes de radiação neutrónica e fotónica e criação de campos de radiação e de condições de irradiação diversificadas para produção de radioisótopos e aplicação de técnicas nucleares;
 - Formação de pessoal em física e engenharia de reactores nucleares e contribuição para a formação noutras disciplinas científicas e tecnológicas.
- Metrologia de radiações em reactores nucleares.
 - Conhecimento do campo de radiação neutrónica e fotónica no núcleo do RPI e na sua vizinhança;
 - Assimilação e desenvolvimento de técnicas experimentais e métodos de cálculo susceptíveis de serem aplicados na resolução de problemas de radiometria decorrentes da utilização do RPI e de outras aplicações pacíficas da energia nuclear.

Nota: A este processo encontra-se associado um Núcleo de Análise por Activação com Neutrões que utiliza o RPI como fonte de neutrões e que tem aplicado a técnica a estudos diversos, nomeadamente no domínio do ambiente.

- Mecânica das estruturas aplicada à tecnologia.

- Desenvolvimento de modelos de comportamento de estruturas, em presença de solicitações estáticas e dinâmicas, e respectiva validação experimental;
 - Adaptação e desenvolvimento de programas de cálculo para o estudo de problemas de resistência de componentes e estruturas mecânicas de centrais termoeléctricas;
 - Desenvolvimento e aplicação de métodos de tratamento de sinal para diagnóstico precoce de anomalias em reactores nucleares e outras instalações industriais.
- Banco de dados para o cálculo de reactores nucleares.
 - Criação de um banco de dados contendo ficheiros e programas de cálculo que permitam estudar diversos aspectos da concepção e funcionamento de reactores nucleares (RPI e reactores nucleares de potência);
 - Responder, em tempo útil, a diversos problemas relacionados com reactores nucleares, designadamente no domínio da segurança nuclear, e, em particular, a questões suscitadas pela segurança na operação de centrais nucleares de potência que incluam reactor nuclear do tipo PWR.

5. Meios disponíveis

O CFT/UC (INIC) utiliza os computadores do Centro de Informática da Universidade de Coimbra (Vax cluster 2×8550) e ainda um Vax server 3600 (INIC) e duas Vax Station 2200. Os investigadores deste Centro dispõem também da biblioteca do Departamento de Física da FCTUC que, do ponto de vista de revistas científicas, se pode considerar bem apetrechada.

O CFN/UL (INIC) (linhas 2 e 3) usa o Vax 8550 do Complexo II do INIC e ainda os meios de cálculo do IST e da FCUL. Os investigadores quer do Centro de Física Nuclear quer do Centro de Física Teórica recorrem ainda a computadores de Instituições estrangeiras.

Os meios usados pelos grupos experimentais são os a seguir discriminados:

CFRM/UC (INIC)

- Dois sistemas de medidas de Correlações angulares Perturbadas com quatro detectores (um sistema utiliza detectores de fluoreto de bário e o outro detectores de iodeto de sódio).
- Sistema de coincidências retardadas com resolução de tempo de ~ 220 ps para medidas de tempos de vida de positrões.
- Sistema de espectrometria gama com detector de Ge intrínseco e amplificador linear.
- Microcomputador PDP-11 para controle de experiências e recolha de dados, via CAMAC, dos sistemas experimentais referidos acima.
- Dois sistemas de espectroscopia de Mössbauer com controle e recolha de dados em computadores tipo IBM-AT.
- Dois criostatos de ciclo de hélio fechado para medidas a baixa temperatura (8 K a 300 K), dois fornos para medidas a temperaturas elevadas (RT a 400C) e outro equipamento auxiliar como bombas de vácuo e controladores de temperatura.
- Sistema de Ultra-Alto vácuo com canhão de electrões para fundir amostras a pressão muito baixa ($P < 10^{11}$ mBar), com capacidade para fundir amostras com ~ 1 g.
- Dois sistemas de hidrogenação de amostras a partir de atmosfera gasosa, um para hidrogenações a pressão elevada ($P < 100$ Bar) e outro para pressões baixas ($P < 2$ Bar).
- Forno para recozimento de amostras até temperaturas de 1200 C.

DEEN-LNETI/ICEN

- Reactor Nuclear tipo piscina, moderado e arrefecido a água, de 1 MW.
- Sistema pneumático rápido para transferência de amostras em experiências de irradiação.
- Laboratório equipado para ensaios mecânicos de estruturas (LEME).
- Vários computadores (Vax server 3600, 7 Vax station com écran a cores, Micro-Vax II, Digital PDP 11/34, HP-9816S).
- Dec server 200 com 8 portas assíncronas.
- Analisador espectral Scientific Atlanta SD-375.

- Registador magnético IBM SE 7000.
- Sistema para tratamento de sinal.
- Sistema de processamento de dados e análise modal.
- Gerador de sinais BK-1049.
- Controlador de excitação vibratória BK-1050.
- Sistema para utilização remota de computadores CYBER.
- Sistema para aquisição de transitórios com 8 canais.
- Estroboscópio.
- Laboratório de metrologia de radiações equipado com sistemas de detecção diversos, incluindo espectrómetros γ de alta resolução.
- Laboratório de análise por activação com neutrões munido de equipamento para preparação de amostras (mesa de fluxo laminar, liofilizador, etc).

6. Financiamento

Os valores indicados não incluem despesas com pessoal.

CFRM/UC (INIC)

- 1986 – INIC: 3.200 c.
IAEA: 750 c.
- 1987 – INIC: 3.900 c.
Gulbenkian: 2.000 c.
- 1988 – INIC: 3900 c.
IAEA: US\$ 60.000.
KFZ (Karlsruhe): DM 40.000.

CFT/UC (INIC)

- 1986 – INIC: 5.211 c.
- 1987 – INIC: 17.700 c.
GTAE: 250 c.
- 1988 – INIC: 5.782 c.
GTAE: 1.175 c.

CFN/UL (INIC)

- 1986 – INIC: 700 c.
GTAE: 400 c.
- 1987 – INIC: 800 c.
GTAE: 600 c.
- 1988 – INIC: 800 c.
GTAE: 600 c.

DEEN-LNETI/ICEN

- 1986 – Estado: 38.197 c.
- 1987 – Estado: 54.433 c.
- 1988 – Estado: 81.965 c.

7. Publicações

Os resultados das investigações têm sido publicados em revistas da especialidade e apresentados em conferências e congressos. Para este Relatório considerámos apenas os trabalhos publicados em revistas internacionais com *referee* e palestras a convite publicadas nas Actas das respectivas conferências. Os dados que apresentamos referem-se ao período de 1.1.86 a 31.12.88.

• CFRM/UC (INIC)

- Cryst. Res. Technology: 1.
- J. of Less-Common Metals: 2.
- J. of Nucl. Mat.: 1.
- J. Phys. F: 1.
- Nucl. Phys. A: 1.
- Acta Universitatis Wratislaviensis: 1.
- Nuclear Physics Applications on Material Science: 1.

• CFT/UC (INIC)

- Ann. Phys. (NY): 1.
- Eur. J. Phys.: 1.
- Eur. Lett.: 1.
- Fisika: 2.
- J. de Physique C: 2.
- J. Math. Phys.: 1.
- J. Phys. A: 2.
- J. Phys. G: 3.
- Nucl. Phys. A: 6.
- Phys. Lett. B: 3.
- Phys. Rev. C: 1.
- Phys. Rev. D: 3.
- Physica A: 1.
- Portg. Physica: 2.
- Progr. Theoretical Phys.: 1.
- Z. Phys. A: 1.
- Z. Phys. C: 1.
- Lecture Notes in Physics: 1.

- CFN/UL (INIC)
 - Few Body Systems: 2.
 - Nucl. Phys. A: 3.
 - Phys. Lett. B: 2.
 - Phys. Rev. A: 2.
 - Phys. Rev. C: 7.
 - Deuteron Involving Reactions and Polarization Phenomena: 1.
 - Few-Body Methods, Principles and Applications: 1.
 - Lecture Notes in Physics: 2.
- DEEN-LNETI/ICEN
 - Atomkernenergie-kerntechnik: 1.
 - ASME Journal of Pressure Vessel Technology: 1.
 - Environmental Technology Letters: 1.
 - Inorganica Chimica Acta: 1.
 - Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry: 2.
 - Kerntechnik: 2.
 - Nuclear Science and Engineering: 2.
 - Radiation Physics and Chemistry: 1.

8. Intercâmbio científico

Todos os Núcleos de investigação em Física Nuclear portuguesa mantêm contactos científicos com núcleos estrangeiros. Este intercâmbio assume, em muitos casos, a forma de colaboração nos trabalhos e co-autoria das publicações.

Indica-se a seguir o número de Instituições europeias (E), americanas (Am) e asiáticas (As) com as quais cada grupo mantém relações científicas:

- CFRM/UC (INIC): 6 E.
- CFT/UC (INIC): 19 E, 1 Am, 1 As.
- CFN/UL (INIC): 6 E, 7 Am.
- DEEN-LNETI/ICEN: 8 E, 3 Am.

Note-se que não há colaboração científica entre os diferentes grupos portugueses, o que poderá justificar-se pelo facto de todos eles se dedicarem a áreas diferentes da Física Nuclear.

9. Necessidades actuais

Os meios informáticos e bibliográficos de que os grupos dispõem são considerados satisfatórios.

Os grupos teóricos dos Centros do INIC necessitam, no entanto, de passar a dispor de instalações adequadas às dimensões dos respectivos grupos, e também de ver aumentados os financiamentos do INIC de modo a tirar todo o proveito possível dos recursos humanos de que dispõem. Destacam-se, a este propósito, a necessidade de manter as assinaturas indispensáveis, assegurar a manutenção de equipamento informático e aumentar o intercâmbio internacional.

O grupo de Física Nuclear Experimental de Coimbra pretende instalar um sistema para produção de um feixe de positrões com energia controlada até 30 KeV, necessitando, para tanto de formar um técnico especializado e de um montante de cerca de 25.000 c.

O grupo experimental de Lisboa defende que Portugal deve possuir meios para fazer face a problemas relacionados com o funcionamento das instalações nucleares, mantendo também operacional o Reactor Português de Investigação. Sente também necessidade de recrutar e formar, a médio prazo, uma dezena de jovens investigadores.

10. Perspectivas

Não sendo já uma ciência de fronteira, a Física Nuclear continua, não obstante, a desempenhar papel relevante na presente conjuntura científica internacional. No nosso país faz parte integrante dos currícula dos cursos de licenciatura ligados à Física e tem aplicações científicas e tecnológicas em domínios de grande relevância.

Seria, por isso, desejável que houvesse alguma coordenação entre Universidades, Centros do INIC e outras Instituições do Estado que conduzisse, nomeadamente, à criação de pelo menos um curso de mestrado, à escala nacional, no âmbito da Física Nuclear.

Espera-se que o País se aproxime do nível de desenvolvimento médio dos países das Comunidades Europeias, com o decorrente incremento em I&DT. Este incremento terá como consequência natural a satisfação de muitos dos desejos dos investigadores nacionais que actualmente se dedicam à Física Nuclear.

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 glúons e por indicadores dessa formação (supressão do J/ψ).

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

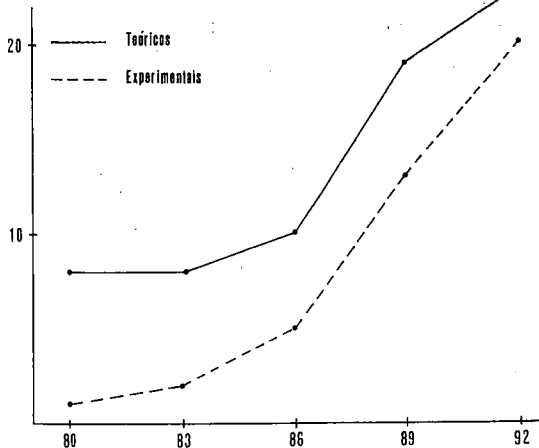


Fig. 1 — Número de doutorados em física teórica e experimental de altas energias entre 1980 e 1992 (previsão).

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

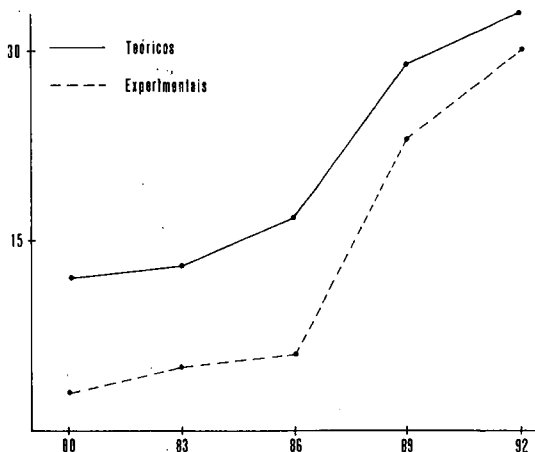


Fig. 2 — Número total de Investigadores (doutorados + estudantes de doutoramento) em física de altas energias entre 1980 e 1992 (previsão).

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 tópicu 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 m²). 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*

Física Atómica e Molecular em Portugal — 1989

FERNANDO COSTA PARENTE

Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INTRODUÇÃO

Para a elaboração deste relatório foram consultadas 15 instituições de todo o país, tendo respondido 10, das quais 7 confirmaram efectuar investigação nas áreas de Física Atómica e Molecular (FAM). Estes Centros de Investigação estão maioritariamente concentrados em Lisboa, havendo apenas dois fora da capital (um em Coimbra e outro em Braga). Duas instituições, o Centro de Física da Universidade de Aveiro e o Instituto de Investigação Científica Tropical — Departamento de Ciências da Terra (Lisboa), informaram que, apesar de utilizarem equipamento e técnicas afins à Física Atómica e Molecular, as suas áreas de investigação não se podem inserir correctamente nestes domínios.

Nas áreas de Física Atómica e Molecular é desenvolvida investigação actualmente no Centro de Física Molecular das Universidades de Lisboa (CFMUL), Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa (CFAUL), Centro de Física da Matéria Condensada das Universidades de Lisboa (CFMCUL), Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa (CFNUL), Centro de Electrodinâmica da Universidade Técnica de Lisboa (CEUTL), Centro de Física da Radiação e dos Materiais da Universidade de Coimbra (CFRM) e Departamento de Física da Universidade do Minho (DFUM).

1. SITUAÇÃO ACTUAL

1.1. Investigadores

O número de investigadores médio nas áreas de FAM em cada uma das instituições é de cerca de 10. No total existem 40 investigadores doutorados e 27 não doutorados, o

que parece indicar alguma dificuldade de recrutamento nestas áreas. O Centro com mais investigadores nestas áreas é o CFAUL com 13, enquanto que o CFNUL é o Centro que revela ter menos investigadores em FAM (6).

1.2. Projectos de Investigação

1.2.1. Teoria

A grande maioria dos projectos em curso em FAM é de índole experimental. No entanto, em alguns Centros estão em curso projectos de investigação de carácter teórico:

— Tratamento teórico de interacções hiperfinas (CFMCUL).

— Cinética de electrões e de espécies excitadas em plasmas de gás raro e de gases moleculares (N_2 , H_2 , $N_2 + H_2$, O_2) (CEUTL).

— Modelização cinética de plasmas produzidos por campos de alta frequência (CEUTL).

— Diagnóstico de plasmas criados por ondas de superfície (CEUTL).

— Estudo de átomos com dois electrões utilizando funções de onda de Faddeev tal qual sugeridas por uma expansão separável do potencial de Coulomb, com base em funções de Sturmian (CFNUL).

— Moléculas muónicas com base no formalismo do projecto anterior (CFNUL).

— Soluções adiabáticas para H_2^+ e moléculas muónicas com base na diagonalização da Hamiltoniana de dois centros, à qual se junta o operador L^2 de rotação do par pesado (CFNUL).

— Interação hiperfina em iões de dois electrões (CFAUL).

Podemos assim concluir que os projectos de índole teórica nas áreas de FAM se concentram em 4 Centros de Investigação e apenas em Lisboa.

1.2.2. Experiência

São bastante mais numerosos os projectos de investigação de âmbito experimental nestas áreas, ainda que alguns se possam considerar em zonas de interface com outras áreas, estando em curso projectos experimentais em todos os Centros.

Na área de Física pura podem integrar-se os seguintes projectos:

— Determinação de secções eficazes de ionização das camadas L e M por partículas pesadas (CFNUL).

— Determinação de parâmetros de alinhamento de camadas atómicas internas em ionização por partículas pesadas (CFNUL + CFAUL).

— Determinação de larguras de riscas L de raios X para o tungsténio e ouro no limiar de ionização (CFAUL).

— Determinação de rendimentos do subnível L_1 (CFAUL).

— Cinética de espécies moleculares induzidas por electrões lentos e fotões em gases (CFRM).

— Formação de pares de iões — Transferência de um electrão em colisões moleculares (CFMUL).

— Agregados moleculares (CFMUL).

— Ionização de agregados moleculares (CFMUL).

— Feixes moleculares (CFMUL).

— Espectros de absorção de iões atómicos (CFMUL).

— Investigação de interacções moleculares em soluções líquidas (CFMCUL).

— Estudo das características energéticas e de comportamento dinâmico de espécies moleculares e iónicas gasosas, preparadas em estados de energia conhecidos, por excitação com fotões (CFMUL).

Os seguintes projectos encontram-se na interface da Física Molecular com a Física de Materiais:

— Estudos de fotodegradação e fotoestabilidade de sistemas corante-fibra têxtil (DFUM).

— Materiais semicondutores para a conversão directa de energia solar (DFUM).

— Análise de materiais por fluorescência de raios X (CFAUL).

— Estudo da banda de valência do magnésio em ligas metálicas por SXS (CFAUL).

— Estudo de espectros de emissão e absorção X do Ti em compostos (CFAUL).

— Iniciação ao método de correlação de fluorescência (CFRM).

— Aplicação de métodos de deposição química em fase gasosa induzida por laser (LCVD) ao fabrico de revestimentos (CFMCUL).

Os restantes projectos podem considerar-se como sendo de interface com outras áreas:

— Diagnóstico de plasmas por detecção de raios X (CFAUL).

— Aplicação de métodos de correlação de fotões ao estudo de luz difundida por macromoléculas e partículas coloidais (CFRM).

— Aplicação do método anterior ao estudo da microcirculação sanguínea cutânea (CFRM).

— Conversão para regiões do U.V. e visível da radiação associada à electroluminiscência de gases em condições de elevada eficiência (CFRM).

— Análise espectral, em regime SQS, de misturas gasosas contendo vapores fotoionizáveis (TEA, TMAE, etc.) com o objectivo de estudar os processos que levam à produção de electrões de realimentação e clarificar os mecanismos fundamentais envolvidos no desenvolvimento de «streamer» (CFRM).

— Aplicações a detectores:

1. Estudo de descargas autolimitadas;

2. Estudo de características de transporte de electrões em meios líquidos (CFRM).

— Estudo de parâmetros fotofísicos de moléculas biológicas (DFUM).

— Aplicações de técnicas fotoacústica e fototérmica (DFUM).

— Descarga de arco de cátodo ôco (CEUTL).

— Diagnóstico de plasmas criados por ondas de superfície — realização de um laser de CO_2 (CEUTL).

1.3. Instalações e equipamento

1.3.1. Instalações

Todas as instituições contactadas possuem instalações próprias, ainda que em alguns casos considerem essas instalações deficientes, nomeadamente no que respeita a gabinetes. Em muitas situações torna-se impossível o aumento de investigadores dada a completa ausência de espaço adicional onde possam trabalhar.

No que respeita a espaço laboratorial, a situação parece um pouco mais desafogada, ainda que, em casos específicos, um eventual crescimento esteja condicionado à obtenção de mais laboratórios.

1.3.2. Equipamento

No que respeita a equipamento, podemos considerar que as instituições em que se efectua investigação nas áreas de FAM possuem algum equipamento de qualidade.

Equipamento «pesado»:

No CFML existem dois aparelhos de feixes moleculares. No primeiro cruzam-se dois feixes moleculares. O feixe primário é constituído por átomos alcalinos rápidos, com energia variável entre 10 e 500 eV produzidos por uma fonte de troca de carga ressonante, permitindo o estudo de processos inelásticos fortemente endoenergéticos. O feixe alvo é obtido por efusão, através de uma placa multicapilar. O segundo aparelho produz um feixe de átomos, não alcalinos, térmicos ou ligeiramente hipertérmicos. Está equipado com uma fonte de aceleração aerodinâmica, obtida com uma agulheta seguida de um colimador cónico.

O CFMUL adquiriu também, recentemente, um laser de corantes bombeado por um laser de excímeros, pulsado, sintonizável em banda larga.

O CFMCUL possui uma instalação para estudo da estrutura de líquidos, por meio de difracção de raios X, uma instalação para o estudo de líquidos por meio de espectroscopia do efeito de Raman (método fotográfico) e uma instalação para o fabrico de revestimentos por L.C.V.D.

O CFAUL possui uma instalação de raios X Philips que está a ser utilizada para estudos de fluorescência e, muito recentemente, equipou-se com duas instalações de raios X moles para estudos de propriedades de materiais.

No CFRM existe 1 espectrofluorímetro, 2 lasers e dois espectrómetros de luz difundida (um para macromoléculas e partículas coloidais e outro para microcirculação sanguínea), possuindo ainda dois monocromadores (um na região 200-1000 nm e outro na região 100-500 nm).

O DFUM possui algumas peças de equipamento «pesado», nomeadamente 1 espectrofotómetro UV-visível, 1 espectrofluorímetro, 1 sistema de medição de tempos de vida pelo sistema de fotão único, 2 criostatos de hélio em circuito fechado, 2 câmaras de pulverização catódica em magnetirão, e lasers, um sistema de análise fotoacústica e um espectrómetro Raman.

O CEUTL informou possuir 1 espectrómetro de 0,5 m de distância focal, 2 Fabry-Perot e alguns geradores HF de micro-ondas (bandas 100 kHz-200 MHz, 200-900 MHz e 2.45 GHz).

O CFAUL e o CFNUL realizam também trabalho experimental, como utilizadores externos, no acelerador Van de Graaff do LNETI em Sacavém. Estes acelerador é muito provavelmente o equipamento de maior porte utilizado nestas áreas em Portugal.

Equipamento ligeiro:

Todos os centros possuem peças de equipamento que se pode considerar ligeiro, nomeadamente unidades electrónicas de tratamento de sinais, multicanais, bombas e outro equipamento de vácuo e, em alguns casos, equipamento de óptica como bancas, lâmpadas, lentes e filtros.

Vários centros informaram possuir microcomputadores e, de um modo geral, todos têm acesso a equipamento informático de maior porte.

Pode-se dizer, sem receio de exagero, que o valor do equipamento utilizado nas áreas de FAM se aproxima do milhão de contos.

1.4. Financiamento

Todos os Centros que trabalham nas áreas a que se refere este relatório recebem financiamento por parte do INIC. Recebem também verbas da JNICT o CFMUL, o DFUM e o CFRM. Alguns Centros (DFUM, CFAUL, CFNUL) recebem verbas das Universidades em que se encontram, enquanto que o CEUTL e o CFMUL são também financiados pela NATO. Como fontes financiadoras foram ainda mencionadas a Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento (CFMCCUL), a CEE (CFMCUL) e o Ministério da Indústria (CFRM).

A totalidade de verbas concedidas pelas diversas agências financiadoras nos últimos três anos, incluindo equipamento e despesas correntes, mas não incluindo salários, foram:

1986 — 40213 contos

1987 — 44200 contos

1988 — 57781 contos.

1.5. Produtividade Científica

É de cerca de cinquenta o número de artigos científicos ⁽¹⁾ publicados nas áreas de FAM pelas sete instituições referidas em revistas internacionais. Não sendo extraordinariamente elevado, este número revela, no entanto, que está viva a investigação nestas áreas.

1.6. Colaborações internacionais

De um modo geral, todos os Centros referem a existência de colaboração com investigadores e laboratórios estrangeiros, sendo estes na sua grande maioria europeus, sendo os países mais referidos a França, o Reino Unido, a Alemanha e a Holanda. A Jugoslávia, a Itália, a Suécia e o Japão são países referidos por um Centro cada. Dois Centros referiram ter colaboração com Espanha. Um Centro mencionou colaboração com uma instituição dos Estados Unidos.

2. DESENVOLVIMENTO A MÉDIO PRAZO

Nem todos os Centros nos comunicaram planos de desenvolvimento a médio prazo. Aqueles que o fizeram apresentaram o interesse e necessidade de formarem investigadores nestas áreas através de colaboração em cursos de Mestrado e em Teses de Doutoramento.

Um aspecto que foi especialmente mencionado foi o da necessidade de uma correcta preparação de técnicos de laboratório, nomeadamente através da criação de uma carreira de Técnico de laboratório digna e atraente, dada a impossibilidade de se encontrar pessoal técnico qualificado.

Foi focada a necessidade de melhorar e aumentar os equipamentos existentes, através de uma política de financiamento correcta, que passe, nomeadamente, pela avaliação dos projectos propostos. A eventual diminuição das verbas concedidas pelas entidades financiadoras para despesas correntes e equipamento é vista como uma ameaça para a continuação dos projectos existentes e criação de novos.

Finalmente, a falta de espaços e de infraestruturas adequadas é também referida bem como a necessidade de viabilizar financeiramente a participação em Conferências internacionais.

3. CONCLUSÕES

Parece-nos ser possível concluir deste estudo sumário que as áreas de Física Atómica e Molecular em Portugal estão vivas e de saúde pelo menos regular. Esta conclusão poderá parecer surpreendente para aqueles que julgassem serem estas áreas moribundas e condenadas a desaparecer a prazo. Os investigadores que nelas trabalham têm encontrado meios de adaptação aos novos tempos, nomea-

(1) Este número é aproximado visto que alguns Centros incluíram no número de publicações que nos comunicaram também as enviadas a Conferências. Este facto foi tomado em conta no apuramento do número de publicações.

damente através da utilização das suas técnicas em projectos de Física aplicada, em zonas de interface com outras áreas, como a Física dos Materiais ou o estudo de gases e plasmas.

Parece-nos gritante a aparente ausência de colaboração (e talvez mesmo de comunicação) entre os diferentes grupos de investigação, mesmo quando trabalham em temas semelhantes ou afins. Daí talvez a sugestão dada por uma das instituições de se realizarem conferências sectoriais com periodicidade bianual e o estabelecimento de uma rede nacional de infraestruturas com protocolo de utilização das mesmas.

Ao contrário de outras áreas da Física em que se iniciou trabalho mais recentemente, a Física Atómica e Molecular tem sido objecto de estudo em Portugal desde há algumas décadas. Esta talvez seja a principal causa da dispersão de investigadores e de projectos de investigação que parecem ignorar-se uns aos outros. Parece-nos premente um esforço de conhecimento e entendimento entre todos os que trabalham nestas áreas. Quero crer que este relatório pode ser um ponto de partida para esse esforço.

Quero deixar aqui o meu agradecimento a todos os que calobararem para que este Relatório fosse possível.

ANEXO I

Instituições consultadas

Foram consultadas as seguintes instituições e/ou cientistas:

Centro de Física Molecular das Universidades de Lisboa
Complexo I do INIC
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais
1000 LISBOA

Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa
Complexo II do INIC
Av. Gama Pinto, 2
1699 LISBOA CODEX

Centro de Física da Matéria Condensada das Universidades de Lisboa
Complexo II do INIC
Av. Gama Pinto, 2
1699 LISBOA CODEX

Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa
Complexo II do INIC
Av. Gama Pinto, 2
1699 LISBOA CODEX

Centro de Electrodinâmica da Universidade Técnica de Lisboa
Dep. de Física—Faculdade de Ciências e Tecnologia
Largo D. Dinis
3000 COIMBRA

Centro de Física Teórica da Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Largo D. Dinis
3000 COIMBRA

Centro de Física da Universidade de Aveiro
Campo Universitário de Santiago
3800 AVEIRO

Centro de Física da Universidade do Porto
Faculdade de Ciências
Praça Gomes Teixeira
4000 PORTO

Centro de Electroquímica da Universidade do Porto
Faculdade de Ciências
Praça Gomes Teixeira
4000 PORTO

Centro de Química-Física e Radioquímica
Rua da Escola Politécnica, 58
1200 LISBOA

Departamento de Física da Universidade do Minho
Largo do Paço
4700 BRAGA

LNETI
Azinhaga dos Lameiros
Estr. Paço do Lumiar
1700 LISBOA

LNETI — Instituto de Energia
Estrada Nacional 10
2685 SACAVÉM

Instituto de Investigação Científica Tropical
Departamento de Ciências da Terra
Alam. D. Afonso Henriques, 41-4.º Esq.º
1000 LISBOA

Prof. Doutor Fernando Carvalho Rodrigues
Director do IETI
LNETI — LUMIAR — Azinhaga dos Lameiros à Estrada do Paço do Lumiar, 22
1699 LISBOA CODEX

Óptica em Portugal — 1990

J. M. REBORDÃO

LNETI, Azinhaga dos Lameiros, à entrada do Paço Lumiar, 1699 Lisboa Codex

1. INTRODUÇÃO

A Óptica em Portugal constitui objecto de trabalhos de Investigação e Desenvolvimento em Lisboa e no Porto. Não se contabilizam neste relatório as actividades em que a Óptica é considerada como utensílio adicional para a obtenção de informação (nomeadamente no âmbito da espectroscopia laser, por exemplo); num tal contexto, todas as Universidades deveriam ser referidas. Não foi todavia possível realizar um tal inquérito.

Não é fácil identificar em 1990 os limites reais do domínio do saber a que historicamente se chama «óptica». É bem conhecido que as ligações que se têm vindo a reforçar entre a óptica, electrónica, ciências dos materiais e informática, alargando consideravelmente a panóplia de aplicações e constituindo um extraordinário incentivo à descoberta de novos materiais, tecnologias e processos fundamentais, não facilitam a compartimentação do saber em unidades estanques, colocando problemas complexos na identificação e escolha dos objectivos comensuráveis com os recursos. Este facto, aliado ao reconhecimento de um enorme potencial tecnológico e industrial, nem sempre fácil de explorar, determinou alterações estruturais importantes em todos os grupos de óptica, óptica quântica ou opto-electrónica, nos últimos dez anos.

2. AS TECNOLOGIAS DA LUZ

O universo das Tecnologias da Luz pode enquadrar-se basicamente em três grandes categorias:

1. Lasers e Processamento de Materiais;
2. Fibras e Sensores;
3. Processamento óptico de Informação.

Uma visão panorâmica das Tecnologias da Luz permitiria identificar como áreas dominantes de actividade corrente:

1. Lasers e Processamento de Materiais: fontes de radiação lasers, aplicações à Medicina, Química, Materiais, Microelectrónica, Medida, Inspeção e Controlo, Simulação, Defesa, etc.;
2. Fibras e Sensores: Fibras ópticas, novos materiais, comunicações ópticas, redes, sensores de fibras ópticas, sensores;
3. Processamento Óptico da Informação: visão por computador, computadores ópticos, memórias ópticas, dispositivos de visualização e de reprografia, etc.

Esta estratificação inclui aliás a maioria das áreas de maior interesse económico, real ou potencial, para a próxima década. Nelas se encontram empenhadas as empresas industriais europeias, japonesas e americanas, o que constitui atracção suficiente para a maioria dos centros universitários, pela abundância dos fundos que assim se podem alcançar.

3. AS CIÊNCIAS DA LUZ

Em paralelo com a actividade de índole mais tecnológica, prosseguem acções de natureza mais fundamental em Óptica Quântica (fases de Berry, redes e guias atómicas, regimes caóticos); em Espectroscopia (nos domínios pico e femtosegundo); em Lasers (de estado sólido sintonizáveis, de ultravioleta); em Óptica não linear (fenómenos foto-refractivos, polímeros não lineares, geração eficiente de harmónicas); em Óptica ultra-rápida (fibras com dispersão negativa, novos materiais, medidas com

precisão inferior ao período da oscilação luminosa); em comunicações ópticas (solitões, novas arquiteturas para lasers diodo rápidos, repetidores ópticos, redes de elevado débito, novos comutadores); em Óptica Integrada (guias de onda eficientes); em Óptica Difractiva (óptica binária, óptica híbrida), elementos ópticos holográficos); em Controlo de Processos; em Diagnóstico (treino de redes neuronais holográficas para reconhecimento de padrões, novos filtros, computação simbólica, focagem de átomos neutros); etc.

Estes temas, que constituem áreas onde se verificaram em 1989 os desenvolvimentos mais interessantes, têm todos eles aplicações industriais potenciais.

4. A ÓPTICA EM PORTUGAL

Os vários grupos têm procurado inserir-se numa ou em várias das áreas atrás referidas, tentando em maior ou menor grau fazer acompanhar o desenvolvimento de aplicações e estudos de aplicabilidade de técnicas ópticas, com alguns trabalhos de natureza mais fundamental. Em estratégia é todavia de difícil implementação devido aos condicionalismos do tecido industrial, da política de novas admissões para os laboratórios do Estado, e da não existência em Portugal de um Mestrado nesta área — necessidade que diversos grupos referem como prioritária.

Nas empresas industriais a penetração da óptica não é quase sentida com duas excepções, derivadas de projectos europeus e em que, pouco a pouco, alguns licenciados com formação em óptica têm vindo a construir o embrião de grupos nestes domínios.

Um inquérito rápido realizado em 1989/90 e dirigido aos laboratórios públicos, permitiu construir o seguinte panorama:

Estão actualmente em curso actividade nas áreas de Lasers e Aplicações, Processamento Óptico (Analógico e Digital) e em Sistemas Optoelectrónicos — Comunicações, metrologia e simulação.

Lasers e Aplicações

Tecnologia de lasers gasosos de CO₂, de estado sólido sintonizáveis, (alexandrite) técnicas de estabilização em lasers de CO₂ (LNETI), obtenção de impulsos pico-segundo, tecnologia de dispositivos acusto-ópticos (moduladores e deflectores), aplicação de impulsos ultra-curtos ao estudo de materiais (FCUP), processamento de materiais por laser de CO₂ (LNETI, IST, FCL, ISQ, EFACEC) (*), tanto de compostos metálicos como não metálicos, em aplicações de corte, soldadura, gravação, tratamentos térmicos e LCVD (Laser chemical vapour deposition).

A perspectiva dominante foi, até 1989, a de endogeneizar as tecnologias existentes — através de aquisição de sistemas, da construção de protótipos, de células de demonstração, e práticas de caracterização — permitindo em simultâneo a formação de pessoal nesta área; os trabalhos assim realizados permitiram iniciar em 1989 trabalhos mais orientados para aplicações precisas, com objectivos científicos definidos, tanto na caracterização de processos, como na evolução de tecnologias.

Trata-se de uma área com incidência industrial. Estão em curso dois (pelo menos) projectos europeus nesta área, com empenhamento industrial, em contextos que não se esgotam nos objectivos do projecto, pois visam a criação de actividades produtivas em Portugal.

Verifica-se nesta área uma certa fragmentação das iniciativas em Lisboa, com diversos grupos em fase de apetrechamento com lasers de CO₂ entre 300 W e 2.5 KW, nem sempre com a melhor correlação entre os recursos humanos e os equipamentos existentes, e em diversos casos com recursos claramente complementares.

Sistemas Opto-electrónicos

Sistemas e componentes para Comunicações Ópticas (caracterização de fontes, emissores e fibras, transdutores e acopladores) com fibras ópticas até 153 Mbits/s, sensores de fibra

(*) Vide Adenda, no final deste artigo.

óptica e óptica integrada (INESC-N e CFUP); Sistemas de comunicação na atmosfera, com lasers díodo e LEDS modulados em amplitude, em áreas de simulação e vigilância (LNETI, EID). Sistemas optoelectrónicos diversos: leitores (scanners), auto-colimadores, utilizações diversas de CCD's, etc. (CFUP, LNETI).

Nesta área existem duas actividades dominantes, com uma incidência directa para os utilizadores finais: em comunicações ópticas, com empenho dos operadores de telecomunicações, e em dispositivos de simulação, com participação directa das Forças Armadas Portuguesas. Estas características conferem a estas áreas perspectivas de crescimento significativas, com progressivo empenhamento industrial, nacional ou internacional.

Processamento e Metrologia Óptica

Analógico: elementos ópticos holográficos em gelatina dicromatada (LNETI), cristais foto-refractivos (CFUP).

Numérico: aquisição e processamento de imagens obtidas em diversas situações: controlo não destrutivo, metrologia holográfica e ESPI (CFUP), imagens de detecção remota (LNETI), inspecção automática e visão (LNETI, EID, DCT/UNL, FEUP).

Nesta área houve uma inflexão nos grupos de Lisboa e do Porto, no sentido de animar actividades em processamento digital de imagens em detrimento de uma óptica analógica do início dos anos oitenta. Esta estratégia comum foi seguramente escolhida devido à lentidão com que os moduladores espaciais estão a ser introduzidos no mercado, e sobretudo ao seu elevadíssimo preço. É de esperar uma significativa alteração das estratégias quando esta situação se alterar. Os componentes ópticos, elementos ópticos holográficos, elementos de processamento foto-refractivos e outros, têm vindo a ser desenvolvidos numa perspectiva de aquisição de tecnologia e/ou formação, devendo mais tarde vir a ser utilizados em aplicações de fusão de imagens, computação óptica, etc.

Constata-se um empenhamento significativo de todas as instituições nas áreas de sistema, não na de componentes; tal estratégia parece negativa, em face do número elevado de novos componentes que regularmente são apresentados — embora com sucesso limitado — e que auguram evoluções significativas importantes — mas para as quais as instituições não se empenharam em termos de formação de pessoal e alguma experimentação. Tem todavia a sua justificação nos recursos humanos escassos com que este sector conta.

5. FORMAÇÃO

É na FCUP que a formação em Óptica cobre um espectro mais alargado de áreas, durante um tempo lectivo superior, sendo a única Escola que dispõe de infra-estruturas laboratoriais. Em Lisboa, na FCL, dois semestres de óptica podem ser completados com um projecto (anual) e um estágio (anual, a 100%); no IST e na FCT/UNL existem igualmente cadeiras de Óptica. Todavia, em Lisboa, todas as actividades laboratoriais são integralmente realizadas no LNETI. A instalação de lasers de CO₂ na FCL e IST permitirá complementos de formação neste domínio.

É nítido que os sistemas de formação implementados são insuficientes, face à importância industrial do sector da Óptica e Opto-Electrónica, e face às tendências tecnológicas e industriais actuais.

Será necessário implementar rapidamente uma formação graduada mínima nas licenciaturas de Física Aplicada, Engenharia Física ou Física Tecnológica (consoante as Universidades) e construir em Lisboa e no Porto dois centros com objectivos de formação pós-graduada e mestrado, com estruturas laboratoriais autónomas. A formação pós-graduada (a um nível de 12-18 meses) justifica-se perante a necessidade de actualizar os conhecimentos de muitos quadros empresariais, técnicos e oficiais das Forças Armadas nesta área; a existência de pelo menos um Mestrado regular, permitirá vir a alimentar as necessidades de docência, e dos projectos das equipas já instaladas.

6. RECURSOS HUMANOS

Muito embora não tenha sido feito um inquérito à totalidade das instituições de I&D nacionais, os dados recolhidos (ou conhecidos) sobre as mais representativas permitem construir o seguinte quadro de recursos humanos activos:

| | | (Nota) |
|------------------|-------|--------|
| Com doutoramento | < 20 | 1 |
| Com mestrado | 25-30 | 2 |
| Outros | 30-35 | 3 |

Notas:

1. Incluem-se investigadores da carreira de investigação científica;
2. Incluem-se assistentes com mais de 2 anos de experiência profissional em Óptica, e assistentes em doutoramento no estrangeiro;
3. Este grupo engloba recém-licenciados, alunos em estágio de fim de curso, e alguns (poucos) engenheiros e técnicos auxiliares.

A informação recolhida sobre recursos humanos não foi nominal, as categorias foram agrupadas segundo critérios diferentes e não possui a garantia de não haver duplicações.

7. COOPERAÇÃO

Os recursos humanos referidos na secção anterior estão divididos por demasiadas instituições (nomeadamente os doutorados) o que penaliza fortemente a eficiência dos grupos existentes. As cooperações assinaladas são ainda reduzidas. Assim, no Porto, existe uma clara ligação entre o grupo de Optoelectrónica da FCUP e o INESC-N, reduzindo-se a dois o número de grupos independentes; em Lisboa, existe cooperação entre os grupos universitários e não universitários em termos de formação, mas as actividades de I&D são independentes — o que é particularmente negativo na área dos lasers. Em termos de processamento de imagem, os grupos são independentes.

Em termos internacionais, foi possível construir e/ou participar em projectos internacionais (ESPRIT, BRITE, CERN, EUREKA, FAST — 7 projectos), e são indicadas colaborações com companhias americanas. Não se

incluem aqui obviamente as formas de colaboração inter-universitárias ao abrigo das quais se têm realizado a maior parte dos doutoramentos no estrangeiro. Não se identificaram colaborações com instituições estrangeiras particularmente activas neste domínio, ao abrigo das quais fosse facilitada a transferência de tecnologia e o acesso a projectos de grande importância em termos internacionais.

8. Incidência Industrial

Os elementos recolhidos só permitem identificar um número muito restrito de sectores industriais activos nesta área:

- Telecomunicações (CTT, TLP);
- Defesa;
- Empresas: EFACEC, EID; empresas do sector da cortiça.

Sabe-se todavia que diversos projectos, de reduzida envergadura, permitiram já inserir diversos sistemas opto-electrónicos em empresas, tanto a partir de Lisboa como do Porto.

É plausível considerar, neste momento, que os investimentos a realizar por estes três sectores irão aumentar significativamente, de acordo com as tendências internacionais e com a muito limitada base de partida, em Portugal.

9. CONCLUSÕES

Para aplicações bem sucedidas nas áreas de Óptica e Opto-electrónica os recursos humanos são manifestamente insuficientes e demasiado desagregados por diversas instituições. Os projectos nestes domínios exigem normalmente a colaboração de especialista em áreas diferentes, que ainda não existem em Portugal. Daí que muitas das aplicações sejam parciais, ou complementem acções a realizar por grupos internacionais.

Os esforços de formação penalizam fortemente os investigadores activos, pois são feitos com deficientes infra-estruturas laboratoriais.

É urgente a institucionalização de formação pós-graduada em Lisboa e no Porto, sucedendo a uma formação de base mínima comum.

Aconselha-se o reforço ou criação de ligações com o tecido industrial português, em problemas estratégicos, para potencializar os investimentos não públicos, e permitir a constituição de equipas mais numerosas e com competências complementares.

Sugere-se que a perspectiva «sistema» não abafe completamente a perspectiva «componente», tendo em vista os desenvolvimentos internacionais recentes.

Adenda

Foram consideradas as acções de I&D em Óptica nas seguintes instituições:

Lisboa:

- LNETI —Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial;
- IST —Instituto Superior Técnico;
- FCL —Faculdade de Ciências de Lisboa;
- FCT/UNL —Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. Nova de Lisboa;
- EID —Empresa de Investigação e Desenvolvimento em Electrónica;
- ISQ —Inst. de Soldadura e Qualidade.

Porto:

- NESC-N —Instituto Nacional de Engenharia de Sistemas e de Computadores;
- FCUP —Faculdade de Ciências da Universidade do Porto;
- FEUP —Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- EFACEC

ICAT

Instituto de Ciência Aplicada e Tecnologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

SE :

- *É licenciado, ou termina este ano a licenciatura em Física, Química ou Engenharia;*
- *Tem menos de 26 anos;*
- *Ambiciona dedicar, entre 2 a 4 anos da sua vida, a um projecto de investigação, em áreas de grande impacto tecnológico;*
- *Pretende, simultaneamente, fazer o Mestrado e/ou o Doutoramento;*
- *Posteriormente, aceita o desafio de uma carreira de investigação e desenvolvimento no sector produtivo.*

ENTÃO :

Envie-nos até 30 de Maio o seu curriculum.

Nota: Se o seu sonho é uma carreira pacata e sem desafios, não concorra.

Endereço :

ICAT

Instituto de Ciência Aplicada e Tecnologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Campo Grande, Ed. C1, Piso 4 — 1700 Lisboa

Tel.: 7583141; ext. 2161 — Fax: 7597716 — Telex: 65869 FCULIS

Situação actual da Investigação sobre Física dos Plasmas em Portugal

JOSÉ ARTUR DA COSTA CABRAL

Investigador Coordenador do INIC — Professor Catedrático Convidado do IST

1. INTRODUÇÃO

Quando em 1958 a investigação em Física dos Plasmas deixou de ser secreta (II Conferência Internacional sobre a Utilização Pacífica da Energia Atómica em Genève e Projecto Sherwood) e foi assim possibilitada a livre troca de informação neste domínio, a maior parte dos países desenvolvidos criou novos Laboratórios, destinados ao estudo dessa promissora área da Física.

Na segunda metade da década de sessenta, através da acção directa do Prof. Abreu Faro e sob financiamento do Instituto de Alta Cultura, foram concedidas bolsas de estudo a vários licenciados por Universidades Portuguesas para, em diversos países, realizarem trabalho de investigação em Física dos Plasmas.

Depois de estadias, com a duração típica de cinco anos, levando à obtenção do grau de Doutor por Universidades estrangeiras, a maioria desses bolsheiros regressou ao País e foi integrada no Centro de Estudos de Electrónica do Instituto de Alta Cultura. Assim, por alturas da criação do Centro de Electrodinâmica (1975), existia já em Portugal um pequeno número de Investigadores doutorados em Física dos Plasmas que, regra geral, colaborava também no ensino Universitário.

Estes Investigadores continuaram em Lisboa as actividades científicas, que tinham estado na base da elaboração das suas teses de doutoramento, e assim, em finais da década de setenta investigava-se já em Lisboa nos seguintes domínios: (i)—Descargas em Gases (Dr. Rocha Trindade 1970-Orsay, Dr. Namorado Rosa 1971-Oxford e Dr. Matos Ferreira 1976-Orsay); (ii)—Interacção feixe-plasma e Física dos Plasmas Quiescentes (Dr. Costa Cabral 1971-Leiden); (iii)—Plasmas Magnetosféricos (Dr. Ar-

mando Brinca 1973-Stanford); (iv)—Astrofísica dos Plasmas (Dr. António Costa 1976-Manchester); (v)—Turbulência em Plasmas (Dr. Tito Mendonça 1976-Orsay) e (vi)—Ondas não lineares em plasmas (Dr. Filipe Romeiras 1977-Cambridge).

Dotado de um núcleo de Investigadores com uma formação de base diferenciada, trazendo experiências obtidas em cinco Universidades de quatro países, em domínios afins da Física dos Plasmas, o Centro de Electrodinâmica estava apto a iniciar a sua primeira fase de expansão.

O trabalho de investigação teórica e experimental realizado neste Centro levou, com o decorrer dos anos, à elaboração de novas teses de doutoramento, inteiramente realizadas no nosso País. Assim se formou, em princípios da década de oitenta, uma segunda geração de Doutorados em Física dos Plasmas: Dr.^a Isabel Mendonça 1980-FCL, Dr.^a Emília Manso 1983-IST, Dr. Carlos Varandas 1984-IST, Dr. António Moreira 1984-IST, Dr. Fernando Serra 1985-IST, Dr.^a Ana Maria Martins 1987-IST e Dr. Jorge Loureiro 1987-IST.

Após alguns anos de actividade científica no domínio da Física Fundamental dos Plasmas, um número significativo de Investigadores do Centro de Electrodinâmica começou a interessar-se por alguns problemas específicos da área da Fusão Termonuclear Controlada e assim se criou em 1987, sob a orientação do Dr. Tito Mendonça, o Grupo de Fusão Nuclear. Com a entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia, e devido à reconhecida importância do Programa Europeu de Fusão, o Grupo de Fusão Nuclear, que tinha sido criado no Centro de Electrodinâmica, foi, com o apoio da JNICT e coordenação do Dr. Costa

Cabral, institucionalizado no Instituto Superior Técnico em Dezembro de 1988.

No plano da Física Fundamental dos Plasmas, nomeadamente nos domínios das Descargas em Gases e da Propagação e Radiação de Ondas em Plasmas de Laboratório e Espaciais, têm também vindo a ser fortemente incrementadas, nos últimos anos, as actividades de intercâmbio e de cooperação internacional.

2. NÚMERO DE INVESTIGADORES E SUA QUALIFICAÇÃO

2.1. No Centro de Electrodinâmica

Quando o Centro de Electrodinâmica (CEL) se constituiu, em 1975, tinha quatro Linhas de Acção e dispunha de 20 colaboradores (C), 4 Investigadores doutorados (D), 11 Investigadores licenciados (L) e 5 Técnicos de Laboratório (T).

Actualmente o Centro tem cinco Linhas de Acção e dispõe de 40 colaboradores: 16 Doutorados, 21 Licenciados e 3 Técnicos.

O quadro seguinte, e a Fig. 1, permitem ver a evolução do pessoal investigador e técnico do Centro de Electrodinâmica:

| | |
|------|----------------------|
| 1978 | 9D + 11L + 4T = 24C |
| 1979 | 9D + 11L + 4T = 24C |
| 1980 | 10D + 12L + 4T = 26C |
| 1981 | 8D + 13L + 4T = 25C |
| 1982 | 8D + 11L + 3T = 22C |
| 1983 | 8D + 13L + 3T = 24C |
| 1984 | 9D + 12L + 3T = 24C |
| 1985 | 11D + 8L + 3T = 22C |
| 1986 | 12D + 8L + 3T = 23C |
| 1987 | 14D + 11L + 3T = 28C |
| 1988 | 15D + 15L + 3T = 33C |
| 1989 | 16D + 21L + 3T = 40C |

Para além da já referida diminuição do número de Técnicos de Laboratório, esta figura permite constatar uma certa estabilidade no número total de colaboradores do Centro no período que vai de 1978 a 1986. A partir de 1987 nota-se um crescimento acentuado no

número de investigadores. Para que se possam tirar conclusões válidas destes dados, forçoso

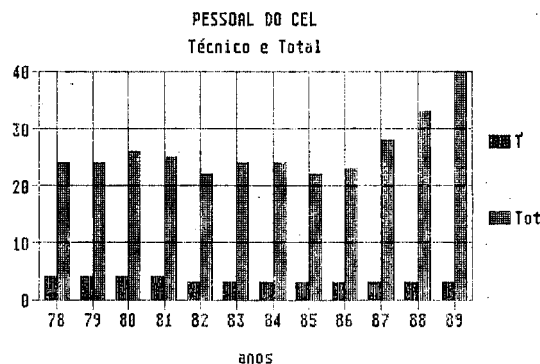


Fig. 1

é separar o Pessoal Investigador nas suas duas componentes: Pessoal Licenciado e Pessoal Doutorado (Figs. 2 e 3).

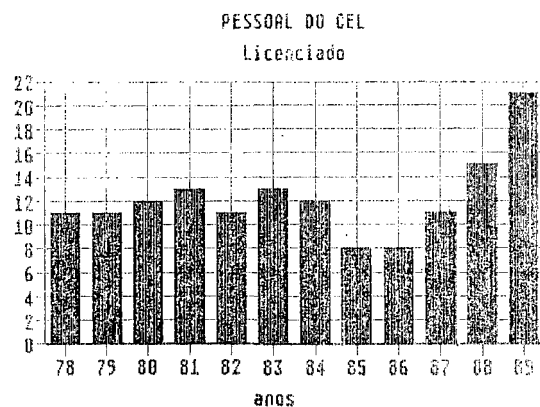


Fig. 2

Na Fig. 2 apresentamos a variação do número total de licenciados inseridos nas equipas de investigação do CEL. Durante o período 1978-81 este número aumenta regularmente e depois decresce, embora de modo irregular, atingindo um mínimo durante os anos 1985-86. A partir de 1987 constata-se de novo um aumento regular do número de licenciados.

Na Fig. 3 podemos observar a variação do número de doutorados do CEL. Em 1975, quando da criação do Centro, havia apenas quatro doutores. O número de doutorados foi depois aumentando até 1980, maioritariamente

através do regresso ao País de novos doutores por Universidades estrangeiras. Em 1981 dei-

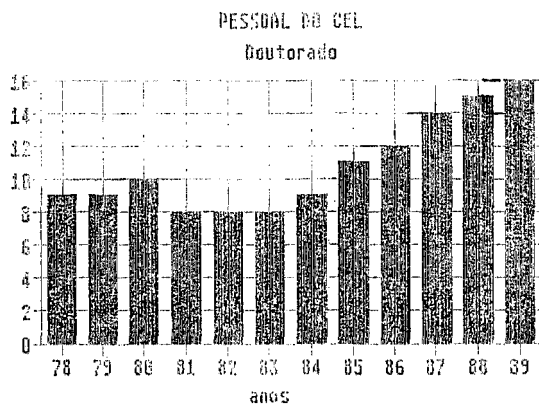


Fig. 3

xam o Centro o Dr. Rocha Trindade e a Dr.^a Isabel Mendonça, e a situação mantém-se estacionária até 1983. A partir desta data começam a realizar-se os primeiros doutoramentos em Física dos Plasmas, com investigação inteiramente realizada no Centro de Electrodinâmica. Assim, o número de Investigadores Doutorados cresce continuamente até ao presente, estando já previsto para finais deste ano um novo doutoramento.

Comparando as Figs. 2 e 3 podemos constatar, que em relação ao pessoal investigador, a vida científica do Centro se pode caracterizar pela existência de várias fases típicas:

(i) — 1978-81: período de aumento global do número de Investigadores, quer licenciados quer doutorados. Vem a propósito recordar que existia nessa época um sistema de bolsas de estudo do INIC que atribuía aos Doutores um subsídio mensal de 4.000\$00 e aos Licenciados 3.500\$00 (as bolsas atribuídas em 1976 seriam hoje equivalentes a cerca de 40.000\$00 e 35.000\$00).

(ii) — 1982-83: neste período nota-se uma redução do número de licenciados. Provavelmente este decréscimo do interesse pela investigação poderá estar relacionado com o desaparecimento das bolsas do INIC (subsídio integrado, para todos os docentes, na dedicação exclusiva ao ensino e investigação).

(iii) — 1983-86: durante estes anos continua a diminuir o número de Licenciados mas agora

este facto não traduz o abandono do Centro mas antes a criação de novos Doutores. Trata-se apenas de «uma mudança de estado» dentro de uma população quase constante (Fig. 1). A não entrada de pessoal novo deve-se provavelmente não só à falta de um incentivo financeiro adicional como também aos efeitos do «marketing» eficiente de outras áreas da Engenharia e da Física, como a dos Computadores e da das Altas Energias. Esta situação levou a uma inversão da pirâmide hierárquica usual já que, de 1985 a 1988, houve no Centro de Electrodinâmica mais Doutores que Licenciados!

(iv) — 1987-89: Durante este último período verifica-se de novo um crescimento global do pessoal investigador. Há novamente atractivos financeiros (bolsas JNICT), e outros, como por exemplo, a possibilidade de realização de estágios prolongados e bem remunerados em grandes Laboratórios Internacionais.

Concluindo este capítulo podemos dizer que a Investigação Portuguesa em Física dos Plasmas, que como veremos está bem inserida no panorama científico internacional, tem contribuído para o alargamento dos quadros de Professores das nossas Universidades. De facto, todos os Investigadores doutorados do Centro são Professores Universitários e o número de Doutores tem vindo a crescer sistematicamente.

2.2. No Grupo de Fusão Nuclear

O pessoal do Grupo de Fusão Nuclear é constituído maioritariamente por membros do Centro de Electrodinâmica. Contudo colaboram já com este Grupo outros 12 Investigadores Doutorados (4 da Universidade de Aveiro, 5 da Faculdade de Ciências e 3 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e cerca de uma dezena de licenciados não pertencentes ao CEL.

3. EQUIPAMENTOS EXISTENTES

3.1. No Centro de Electrodinâmica

Linha 3 — Plasmas Laboratoriais

Experiência n.º 1

Nome: BEPLI

Data de aquisição: 1971.

Tipo e Finalidade: Experiência de interação feixe-plasma convencional. Análise no espaço-tempo do desenvolvimento não linear das instabilidades do sistema feixe-plasma. Estudo da correlação entre instabilidade de alta e de baixa frequência.

Características Principais:

Dimensões: $300 \times 150 \times 100$ cm.

Câmara de interação: compr. 100 cm diâm. 8 cm.

Campo magnético: até 1 KGauss homogêneo dentro de 1%.

Sistema de ionização: plasma criado por feixe de electrões.

Características do feixe: $V_b \sim 2$ KV, $i_b \sim 20$ mA, diâm. 3 mm.

Características do plasma: $n_e \sim 10^9 - 10^{11}$ cm^{-3} ; $T_e \sim 4-10$ eV, Hélio.

Diagnósticos: Cavidade electromagnética e sondas de Langmuir para medidas de densidade e analisador electrostático de energia dos electrões.

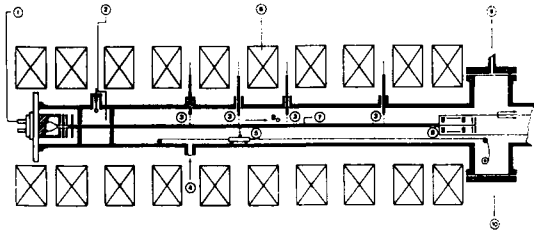


Fig. 4

Experiência n.º 2

Nome: WAPLI

Data de aquisição: 1975.

Tipo e Finalidade: «Single-ended Q-machine». Estudo dos mecanismos de interação onda-partícula e onda-onda em plasmas quiescentes. Estudo da propagação de ondas em colunas de plasma magnetizado e das modificações da função de distribuição de velocidades dos electrões a elas associadas.

Características Principais:

Dimensões: $500 \times 150 \times 100$ cm.

Câmara de interação: compr. 100 cm, diâm. 12 cm.

Campo Magnético: 2.2 KGauss homogêneo dentro de 0.5%.

Mecanismo de Ionização: Ionização de superfície.

Placa quente: diâmetro: 2.2 cm, temperatura: $2000^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C}$, Ta.

Características do plasma: $n_e \sim 10^6 - 10^8$ cm^{-3} , $T_e \sim 0.2$ eV, Cs ou K.

Diagnósticos: Sondas de Langmuir e analisador electrostático de energia dos electrões.

Experiência n.º 3

Nome: PLARF

Data de construção: 1980.

Tipo e Finalidade: Experiência de plasma de rádio-freqüência.

Estudo da propagação de ondas electromagnéticas em plasmas dotados de fortes gradientes axiais de densidade. Estudo da conversão linear e não linear de modos electromagnéticos.

Características Principais:

Dimensões: $500 \times 150 \times 100$ cm.

Câmara de interação: Compr. 100 cm, diâm. 12 cm.

Campo magnético: até 300 Gauss.

Mecanismo de Ionização: campo de rf (15 MHz, 10 Watt).

Características do plasma: $n_e \sim 0.2-9.0 \times 10^9$ cm^{-3} , $T_e \sim 4-7$ eV.

Diagnósticos: sondas de Langmuir e analisador electrostático de energia dos electrões.

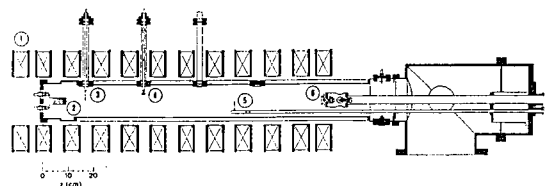


Fig. 5

Linha 5 — Descargas em Gases

Experiência n.º 4

Nome: UOSITARCO

Data de construção: 1973.

Tipo e Finalidade: Arco de cátodo ôco com câmara de difusão.

Estudos dos mecanismos de funcionamento dos cátodos ôcos em regime de arco de alta corrente e produção de plasmas densos em grande volume.

Características Principais:

Dimensões: 500 × 100 × 200 cm.

Câmara de difusão: Comp. 300 cm; diâm. 30 cm.

Campo magnético: até 300 Gauss.

Características do plasma: $T_e \sim 5$ eV, $n_e \sim 10^{15}$ cm⁻³ (cátodo) e 10^{12} cm⁻³ (câmara de difusão); Argon.

Diagnósticos: Sondas electrostáticas, espectroscopia e pirometria óptica.

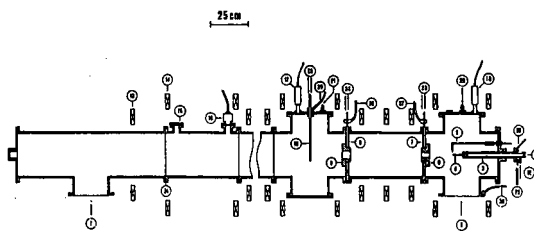


Fig. 6

4. PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO EM CURSO

4.1. No Centro de Electrodinâmica

Neste Centro a actividade de investigação em Física dos Plasmas está subdividida em quatro grandes linhas de acção: Linha 1— Plasmas de Fusão, que anteriormente se designava por Turbulência em Plasmas; Linha 2 — Propagação em meios activos; Linha 3— Criação, diagnóstico e utilização de plasmas de laboratório e Linha 5— Descargas em Gases — Electrónica nos Gases. Dentro destas Linhas os Projectos mais importantes são:

Linha 1 — Plasmas de Fusão

Responsável: Dr. Tito Mendonça

Projecto 1A — Turbulência em Plasmas

Este projecto, de índole teórica, pretende alcançar uma visão global dos fenómenos de turbulência em plasmas e uma análise detalhada dos mecanismos elementares que os constituem. Aparecem três grandes campos de actividade:

(i)—o estudo de interacção a três ondas, num modelo estatístico baseado em operadores

de projecção. Estes estudos deram origem à elaboração de uma tese de doutoramento pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Dr.^a Ana Martins);

(ii)—o estudo hidrodinâmico das flutuações em fluidos neutros e em plasmas e a passagem aos regimes turbulentos;

(iii)—o estudo da geração de corrente em plasmas quentes, por meio de batimento de ondas ou através da injeção de ondas híbridas inferiores. Estuda-se a equação de Fokker-Planck a duas dimensões, relativa aos processos quase-lineares e aos mecanismos de colisão coulombiana das equações de Langevin equivalentes e desenvolvem-se códigos numéricos adequados.

Em 1988 considerou-se o estudo das flutuações de densidade em fluidos neutros na vizinhança da primeira instabilidade, a sua generalização para o caso dos plasmas e ainda o estudo dos fenómenos de transporte anómalo de partículas e de calor para a periferia dos plasmas termonucleares. Uma generalização deste último problema poderá tratar o caso de as perturbações serem electromagnéticas. Para os tokamaks os modelos teóricos desenvolvidos tomam em consideração a formação de ilhéus magnéticos imersos num mar estocástico. Estão presentemente em estudo três assuntos; (a)—o movimento de iões e de electrões em presença de campos magnéticos estocásticos; (b)—as propriedades topológicas e estatísticas dos campos magnéticos toroidais estocásticos e (c)—a instabilidade de modos «micro-tearing» e «drift tearing».

Projecto 1B — Transporte em Plasmas de Fusão

Este projecto pretende estudar a fenomenologia associada a flutuações, não só as de densidade mas também as magnéticas, em plasmas de Fusão, com vista a um esclarecimento dos mecanismos de transporte anómalo em Tokamaks. Nas grandes experiências de Fusão recorre-se à injeção de ondas electromagnéticas no plasma e observam-se fenómenos de difusão coerente ou incoerente. Quando uma onda entra num plasma inhomogéneo,

localmente fluctuante, parte da energia incidente é difundida devido à interacção não-linear entre a onda e os modos oscilantes que perturbam o plasma.

Concretamente, pretende-se estabelecer um modelo teórico que permita calcular com rigor o fluxo de energia difundido pelas flutuações de modo a estimar-se a amplitude das ondas difundidas na fronteira do plasma. Este modelo está presentemente a ser aplicado ao estudo de: (a) flutuações de baixa frequência ($f < 1\text{MHz}$), associadas a instabilidades de deriva e magneto-hidrodinâmicas e suas implicações nos mecanismos de transporte anómalo no plasma e (b) estudo das flutuações de alta frequência associadas a experiências de geração de corrente por injeção de ondas híbridas inferiores.

Estes estudos teóricos têm como suporte experimental as medidas efectuadas nas grandes máquinas de fusão (tokamaks), nomeadamente no JET (Joint European Torus), no TORE SUPRA de Cadarache e no ASDEX de Garching. Pretende-se ainda desenvolver um novo modelo baseado na conversão de modos (ordinário e extraordinário) que permita interpretar as flutuações magnéticas nos plasmas de fusão.

Linha 2 — Plasmas Espaciais

Responsável: Dr. Armando Brinca

Projecto 2A — Transporte no Sistema Vento-Solar Magnetosfera

Este projecto, cujo programa pretende estudar a física dos Plasmas Espaciais, desenvolve-se desde 1985 em colaboração com o Max-Planck Institut für Extraterrestrische Physik no âmbito do Projecto multi-satélite AMPTE (Active Magnetospheric Particle Tracer Explorers). Estudam-se os efeitos físicos associados à experiência de libertação de iões de bário e de lítio no vento solar e na cauda da magnetosfera. Usa-se simulação numérica para a interpretação dos resultados experimentais e estudam-se essencialmente a actividade ondulatória e o transporte iónico. Em 1986 iniciou-se o estudo da origem do ruído electrostático excitado pela libertação dos iões de bário

no vento solar. Em 1987 alargou-se o campo de investigação de modo a cobrir a excitação de ondas electromagnéticas por partículas ionizadas no vento solar. Estes estudos teóricos servem não só para explicar os resultados dos satélites da missão AMPTE mas também os da missão ICE (International Cometary Explorer) em colaboração com o JET Propulsion Laboratory do Califórnia Institute of Technology. Estuda-se a variação da função de distribuição de velocidades das partículas ionizadas, a sua estabilidade e a sua influência na geração de ondas e instabilidades no espaço interplanetário. Recorre-se à solução numérica da equação cinética de dispersão e ainda à simulação computacional de modelos hidrodinâmicos. Em colaboração com o Max-Planck Institut estuda-se a turbulência electromagnética detectada na bainha geomagnética. Interpretam-se teoricamente algumas observações cometárias efectuadas pela missão ICE na vizinhança dos cometas Giacobini-Zinner e Halley. Com este projecto pretende-se vir a esclarecer o mecanismo de excitação de ondas harmónicas ciclotrónicas por iões cometários, a influência de iões pesados de massas similares na estabilidade ondulatória do ambiente cometário e a caracterização da estabilidade da distribuição de partículas isotrópicas.

Projecto 2B — Interacção Ciclotrónica

Este projecto tem as suas raízes nos estudos feitos a partir de 1982 sobre a fenomenologia da interacção ressonante entre electrões e ondas do modo silvo (whistler) na magnetosfera terrestre. Estudou-se o comportamento de electrões ressonantes numa interacção a duas ondas. Utilizou-se cálculo numérico para a integração das equações de movimento. Explícaram-se os resultados associadas à injeção de ondas VLF na magnetosfera terrestre. Estes estudos levaram à elaboração de uma tese de doutoramento em 1984 (Dr. Fernando Serra). Este projecto teve a colaboração do STARLAB da Universidade de Stanford (Califórnia), que forneceu os resultados experimentais. Iniciaram-se em 1986 estudos teóricos dos fenómenos observados na magnetosfera terrestre e em

especial da detecção de sinais com frequências múltiplas da de separação entre as das ondas monocromáticas injectadas. Concluiu-se que esses sinais resultavam do acoplamento não linear do «batimento» das duas ondas com cada uma delas, num processo em cascata.

Fora deste projecto, mas integrado nas actividades científicas na área da Física dos Plasmas Espaciais, realizou-se também trabalho de investigação sobre a dispersão e a estabilidade de silvos exteriores à plasmapausa. Estes trabalhos levaram à elaboração de outra tese de doutoramento pelo Instituto Superior Técnico (Dr. Alves Moreira) em 1984.

Com base nas actividades relacionadas com estes dois projectos o Dr. Brinca tornou-se: (i)—Investigador Europeu Convidado da missão espacial AMPTE; (ii)—membro oficial da «Commission H-waves in Plasmas» da U.R.S.I. (International Union of Radio Science); (iii)—avaliador de projectos de investigação científica no âmbito da Física dos Plasmas Espaciais por convite da NASA; (iv)—«referee» das seguintes revistas científicas: Journal of Plasma Physics, Journal of Geophysical Research, Physics of Fluids, Planetary and Space Science, Portugaliae Physica e Nature.

Projecto 2C—*Ondas não lineares em Plasmas e dinâmica não linear aplicada*

Este projecto, sob a responsabilidade do Dr. Filipe Romeiras, é de índole teórica com forte suporte em simulação numérica. Conforme se procurou sintetizar no título, o Projecto concentra-se em dois grandes temas, com vários pontos de contacto entre si: (i)—estudo da propagação de ondas de grande amplitude em plasmas e (ii)—estudo do comportamento caótico de sistemas dinâmicos.

Em relação a cada um desses temas, referem-se seguidamente alguns tópicos neles abordados: (a)—estabilidade de ondas relativistas em plasmas frios, interacção não linear de quatro ondas constituindo duas triadas ressonantes, existência de estocasticidade em ondas não lineares em plasmas; (b)—estudo da existência e propriedades de atractores estranhos

não-caóticos exibidos por equações diferenciais ordinárias com excitação quase-periódica, determinação do expoente crítico da intermitência induzida por uma crise em sistemas dinâmicos não lineares, estudo das propriedades do espectro de potência de uma classe de sistemas dinâmicos que exibem uma sucessão de junções duas a duas de bandas caóticas e determinação da dimensão fractal de atractores estranhos de mapas aleatórios.

Parte do trabalho sobre ondas não lineares tem vindo a ser realizado em colaboração com investigadores da Universidade de Warwick em colaboração com investigadores da Universidade de Maryland nos Estados Unidos. A investigação em dinâmica aplicada é financiada pela JNICT desde Janeiro de 1988.

Linha 3—*Plasmas Laboratoriais*

Responsável: Dr. Costa Cabral

Projecto 3A—*Ondas e instabilidade num sistema feixe-plasma*

O objectivo deste projecto é assegurar a continuação da actividade de investigação experimental que, desde 1965 na Holanda e desde 1971 em Portugal, tem vindo a ser conduzida na chamada experiência de interacção feixe-plasma (conjunto experimental n.º 1 do CEL). Neste projecto estudam-se os diversos efeitos produzidos pela passagem de um feixe de electrões tipicamente de 2 KeV por um plasma magnetizado por ele criado, de densidade típica de 10^9 cm^{-3} e com uma temperatura de 4-8 eV.

No período de 1971 a 1989 realizaram-se nesta máquina inúmeros trabalhos, que contêm interpretações originais sobre o desenvolvimento não linear da instabilidade electro-ciclónica do sistema feixe-plasma. Consideraram-se fenómenos de «trapping» dos electrões do feixe e de decaimento paramétrico na interpretação da sua saturação e a possibilidade da sua supressão por um feixe secundário. Estudou-se também o carácter Maxwelliano da

distribuição de amplitudes do campo eléctrico da instabilidade electro-ciclotrónica (radiação por «bursts») assim como a estatística de intervalos de tempo entre «bursts» consecutivos.

Abordou-se ainda o estudo da propagação de ondas e instabilidades iónicas em plasmas magnetizados e permeados por feixes de electrões, que esteve na base da elaboração de uma tese de doutoramento pelo IST (Dr.^a Maria Emília Manso, 1983).

Estudou-se também o comportamento da instabilidade electro-ciclotrónica em plasmas inhomogéneos dos tipos praia magnética, espelho magnético e multi-espelho magnético. Estes trabalhos estiveram na base da elaboração de outra tese de Doutoramento pelo IST (Dr. Carlos Varandas, 1984).

Tem sido ainda considerado o domínio da turbulência em sistemas feixe-plasma, associados à chamada transição 1.^o-2.^o regime.

A investigação nesta experiência de interacção feixe-plasma tem vindo a ser divulgada internacionalmente na publicação da AIEA intitulada «World Survey of Major Facilities in Controlled Fusion Research» nas suas edições de 1970, 1976 e 1981. Pretende-se em futuro próximo alargar estes estudos pela inclusão no plasma de uma segunda espécie de iões. Os trabalhos realizados neste domínio estiveram na base do convite feito ao Dr. Costa Cabral para integrar a equipa de «referees» da revista americana «Physics of Fluids».

Projecto 3B—*Ondas num plasma quiescente*

Este projecto tem por objectivo o estudo da propagação de ondas em plasmas quiescentes e suporta-se na chamada «Q-machine» (experiência n.^o 2 do CEL) que foi importada da Holanda em 1975. Existe actualmente no mundo apenas uma dezena destas máquinas. De entre os resultados experimentais mais importantes obtidos com esta experiência salienta-se a observação de uma espécie de «forerunner» associado à súbita injeção de ondas no plasma (regime transiente) e que exhibe um comprimento de onda de cerca do

dobro do observado em regime forçado. Outro trabalho levou à verificação experimental de uma teoria do Dr. Armando Brinca sobre a interacção entre uma onda monocromática e o ruído na vizinhança da sua frequência (a redução da amplitude do ruído para frequências inferiores à da onda e o seu aumento para frequências superiores). A teoria do Dr. Brinca tinha por sua vez sido motivada pela observação experimental feita pelo Dr. Helliwell sobre a redução do ruído à esquerda da frequência de uma onda monocromática injectada na magnetosfera terrestre. Esta série de trabalhos mostra bem a relação estreita que existe entre a experimentação e a teoria.

Nesta Q-machine espera-se, logo que termine a sua reparação, continuar a considerar os seguintes tópicos: (a)—estudo dos regimes transientes associados à súbita injeção de ondas em plasmas, nomeadamente no que diz respeito à análise do estabelecimento das condições fronteiras axiais e radiais; (b)—estudo da colisão entre um plasma quiescente de potássio com outro produzido em regime pulsado por uma descarga de rádio-frequência, em argon. Com iões de massa semelhante e temperaturas diferentes espera-se observar fenomenologia inédita no domínio da formação de duplas camadas em plasmas; (c)—estudo da propagação de solitões iónico-acústicos e de Trivelpiece-Gould em plasmas quiescentes.

Dado que existem Q-machines na Dinamarca e na Áustria este projecto tem tido colaboração do «Risø National Laboratory» de Roskilde e do «Institut für Theoretische Physik» da Universidade de Innsbruck.

Projecto 3C—*Conversão de modos em plasmas inhomogéneos*

Com este projecto, suportado experimentalmente numa transformação parcial da «Q-machine» (experiência n.^o 3 do CEL), pretende-se estudar a propagação e radiação de ondas electromagnéticas em plasmas magnetizados produzidos por descargas de rádio-frequência e dotados de fortes gradientes longitudinais de densidade. As actividades programadas para

este conjunto experimental são: (a)—estudo dos diversos mecanismos não lineares de interacção entre ondas electrónicas e iónicas em plasmas; (b)—estudo da transformação linear e não linear de modos ondulatorios em plasmas inhomogéneos; (c)—estudo da propagação de ondas de superfície em colunas de plasma; (d)—estudo da propagação de solitões em plasmas com fortes gradientes axiais de densidade.

Deste programa já foi extensivamente estudada a transformação de ondas electrostáticas de Trivelpiece-Gould num novo modo electromagnético. Este novo modo apresenta uma velocidade de fase próxima da velocidade da luz no vácuo e propaga-se num guia de ondas cilíndrico muito abaixo da sua frequência de corte para ondas electromagnéticas normais. A onda associada a este novo modo exhibe as seis componentes do campo electromagnético com amplitudes semelhantes e tem polarização circular esquerda, perto da frequência electro-ciclónica. Os seus campos decaem exponencialmente com o raio (número de onda transversal imaginário puro). Esta descoberta de um novo modo electromagnético motivou a estadia em Portugal de três cientistas estrangeiros, o Dr. J. J. Rasmussen (Dinamarca) e os Drs. Siegbert Kuhn e Roman Schrittwieser (Áustria), foi objecto de duas conferências realizadas no estrangeiro («Riso National Laboratory» de Roskilde e «Institut für Theoretische Physik» de Innsbruck).

Linha 5 — Descargas em gases

Responsável: Dr. Matos Ferreira

Projecto 5A — Descarga de arco de cátodo ôco

A investigação em descargas de arco de cátodo ôco é essencialmente de índole experimental e tem por base uma instalação de grandes dimensões cuja construção se iniciou em 1973 e que progressivamente foi sendo aperfeiçoada, embora a parte mecânica tenha sido concluída em 1975 (experiência n.º 3 do CEL). Neste tipo de descarga obtêm-se plasmas com densidades da ordem da das expe-

riências de fusão e com grandes dimensões, embora com temperaturas electrónicas de apenas alguns eV.

A investigação desenvolvida centrou-se no estudo dos mecanismos físicos de funcionamento do cátodo ôco e no diagnóstico do plasma em função das condições da descarga. Foram efectuadas medidas da temperatura e da pressão no cátodo, da densidade e da temperatura electrónica, quer do plasma circundante quer do plasma da coluna de difusão em função da corrente da descarga e do campo magnético de confinamento. Foi possível demonstrar que o aquecimento por efeito de Joule do cátodo desempenha um papel importante a alta corrente, que a corrente iónica apenas contribui em cerca de 15% para a corrente total e que a corrente total da descarga é de origem termoiónica, embora amplificada pela diminuição da energia de extracção do metal do cátodo devido ao forte campo eléctrico na bainha de carga espacial e pela criação de novos pares electrão-ião, em cascata, por colisão electrónica. Realizaram-se igualmente medidas de populações relativas de estados excitados do Argon, na coluna de plasma exterior, por espectroscopia de emissão, que demonstraram a existência de desvios importantes em relação ao equilíbrio termodinâmico local.

Este projecto trouxe assim um progresso significativo na compressão dos mecanismos de funcionamento da descarga de cátodo ôco e na caracterização das propriedades do plasma criado. Um relatório científico detalhado foi elaborado pelo Eng. Marques Dias e constituiu a tese apresentada ao INIC para passagem à categoria de Investigador Auxiliar

Projecto 5B — Modelização de descargas em gases moleculares

Este projecto de investigação é de natureza essencialmente teórica mas encontra-se fortemente articulado com trabalho experimental realizado no estrangeiro, nomeadamente na Universidade de Paris XI, Orsay. O seu objectivo principal consiste no estudo da cinética de

electrões em gases a partir da equação de Boltzmann, da cinética dos estados vibracionais e da cinética de espécies electronicamente excitadas em plasmas de descarga a pressões baixas ou intermédias. Os resultados teóricos obtidos têm permitido interpretar as populações experimentais de numerosos estados excitados, medidas por espectroscopia de emissão e de absorção, e elucidar *quais* os principais mecanismos cinéticos que determinam essas populações num plasma de descarga.

Os modelos cinéticos desenvolvidos centram-se principalmente nos casos do Azoto, Hidrogénio, Oxigénio e das misturas Azoto-Hidrogénio. O estudo da cinética dos electrões acoplada à cinética vibracional (por via de colisões superelásticas) no Azoto constituiu o tema da tese de doutoramento do Dr. Jorge Loureiro no IST em 1987. Este trabalho foi posteriormente estendido ao caso do Hidrogénio e, mais recentemente, às misturas Azoto-Hidrogénio. O estudo cinético das descargas de Oxigénio iniciou-se em 1987 tendo-se desenvolvido numa primeira fase uma teoria geral da coluna positiva em gases electro-negativos, que tem em conta a reciclagem de electrões e de iões negativos por via dos processos de «attachment» e de «dettachment». Numa segunda fase desenvolveu-se o estudo da cinética dos electrões, a partir da resolução da equação de Boltzmann, no Oxigénio, tendo em conta a presença de fortes quantidades de átomos dissociados e os efeitos das colisões superelásticas dos electrões com moléculas excitadas em estados vibracionais e em estados metastáveis. Com base nestes modelos investiga-se neste momento o balanço dos estados moleculares metastáveis, dos átomos dissociados e do Ozono num plasma de Oxigénio, por forma a interpretar os resultados experimentais obtidos em Orsay. O assunto constitui o tema da tese de doutoramento do Lic. Mário Pinheiro a apresentar no IST.

Salienta-se que a investigação nesta área tem dado origem a várias publicações em co-autoria com investigadores estrangeiros, como resultado da cooperação internacional em que este projecto se insere.

A Linha de Acção n.º 5 do CEL organizou a «IX European Sectional Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases» (ESCAMPIG) que decorreu em Lisboa em 1988 e o Dr. Matos Ferreira é desde então membro do Comité Científico Internacional desta Conferência da Sociedade Europeia de Física.

Projecto 5C — *Plasmas produzidas por campos de RF e micro-ondas*

O trabalho realizado neste campo tem-se desdobrado em várias frentes que se articulam em maior ou menor grau, com trabalho experimental em curso nas Universidades de Paris XI-Orsay, de Montreal e de Córdova: (i) — desenvolvimento de uma teoria geral das descargas HF sem eléctrodos baseada numa descrição totalmente cinética dos electrões na presença do campo RF; (ii) — comparação entre a cinética dos electrões no Azoto na presença dos campos DC e HF e influência da frequência do campo aplicado sobre aquela cinética; (iii) — desenvolvimento da teoria de plasmas produzidos por ondas electromagnéticas de superfície e interpretação dos resultados experimentais obtidos por investigadores das universidades acima referidas.

Alcançou-se neste campo uma formulação teórica completamente auto-consistente incluindo a descrição dos mecanismos de criação e de manutenção do plasmas pela onda e da constante de propagação da onda. Este assunto constitui o tema da tese de doutoramento da Eng.^a Ana Bela Sá que será apresentada ainda este ano ao IST.

Da actividade deste projecto resultou: (1) — um curso dado pelo Dr. Matos Ferreira num NATO ASI em Pitlochry, Escócia, em 1985; (2) — uma lição convidada na ICPG XVIII em Swansea, País de Gales, em 1987 e (3) — um curso sobre a teoria das descargas HF num próximo NATO ASI que vai ter lugar em Itália em Junho de 1989. Com esta actividade científica o Dr. Matos Ferreira tornou-se membro do Comité Científico Interna-

cional da «International Conference on Surface Waves in Plasmas and Solids».

Iniciou-se no CEL investigação experimental neste domínio em 1988 através de um Projecto financiado pela JNICT e no qual colaboram igualmente investigadores do LNETI, da equipa do Dr. Carvalho Rodrigues.

4.2. No Grupo de Fusão Nuclear

Quando da adesão à Comunidade Económica Europeia, Portugal pôde participar imediatamente, através dos investigadores do Grupo de Fusão Nuclear, no seu maior programa de investigação: o Programa Europeu de Fusão. Esta participação realizou-se a dois níveis: (a)—a nível administrativo, através do pedido de adesão ao JET (Joint European Torus) e do estabelecimento de um protocolo JNICT-EURATOMO que permitiu a nomeação de Delegados Nacionais para as reuniões da CCPF (Conselho Consultivo do programa de Fusão), e dos Órgãos de Gestão do JET; (b)—a nível científico, através de contactos preliminares com a investigação conduzida nos diversos Laboratórios Europeus: JET e UKEA (Culham), IPP (Garching), FOM (Rijnhuizen), CEN (Cadarache), ENEA (Frascati), CRPP (Lausanne) e CIEMAT (Madrid).

Em 1987 foi elaborado maioritariamente por membros do Grupo de Fusão Nuclear o Plano Nacional de I & D em Fusão Nuclear Controlada. Ao Grupo de Fusão Nuclear foi atribuída a missão de concretizar parcialmente os objectivos desse Plano Nacional. Assim a actividade do Grupo de Fusão Nuclear tem desde logo os seguintes objectivos fundamentais: (a)—colaborar nas actividades de outros Laboratórios Europeus (Associações com a Eurátomo) e do JET, através de contratos Eurátomo, bolsas de estudo, contratos de mobilidade, etc.; (b)—realizar em Portugal estudos científicos e tecnológicos de interesse para a Comunidade; (c)—desenvolver um programa científico autónomo, a ser executado numa experiência de Plasma de Fusão, a ser instalada em Lisboa. Os Projectos que o Grupo de Fusão Nuclear tem neste momento são:

Projecto GFN. 1—*Colaboração de investigadores portugueses na investigação dos grandes Laboratórios europeus*

No âmbito deste Projecto estão, neste momento, diversos investigadores portugueses integrados em equipas internacionais, nomeadamente nas do JET (Dr. Tito Mendonça), na Associação Euratom-État Belge (Dr.^a Ana Maria Martins), na Associação de Cadarache (Dr.^a Maria João Marchã). Esta colaboração tem vindo a ser feita na área do transporte anómalo em plasmas e na teoria da geração não indutiva de corrente em tokamaks. Neste contexto, tornaram-se mais frequentes os contactos estabelecidos com outros grandes Laboratórios Europeus, em especial com os de Frascati, Garching, Nieuwegein, e Lausanne. Vários Investigadores portugueses frequentaram durante os últimos anos diversos «workshops» relacionados com aspectos particulares da Fusão. Foi celebrado um «task agreement» entre o JET e o IST que permitiu ao Dr. António Moreira e ao Eng.^o João Bizarro realizarem estágios prolongados no JET, no domínio da deposição de energia e da geração de corrente não indutiva em plasmas termonucleares por injeção de ondas híbridas inferiores.

Projecto GFN. 2—*Cooperação de equipas portuguesas na Investigação Europeia*

Com este Projecto pretende-se realizar no País investigação teórica e experimental de interesse directo para a actividade científica de determinados Laboratórios Europeus. Neste sector há que referir a actividade do chamado Grupo da Reflectometria, coordenado pela Dr.^a Maria Emília Manso e pelo Dr. Fernando Serra. Este Grupo projectou, construiu e instalou um sistema de reflectometria de microondas para o Tokamak ASDEX do «Institut für Plasma Physik» (IPP) de Garching, com base num contrato de «cost-sharing» com a Eurátomo. Este projecto internacional, envolvendo o Grupo de Fusão Nuclear (com a colaboração do Centro de Electrodinâmica, do Instituto

Superior Técnico, da Universidade de Aveiro e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e o IPP de Garching, destina-se ao estudo dos fenómenos de transporte num plasma de fusão, com base em medidas resolvidas no tempo dos perfis de densidade do plasma. Numa segunda fase pretende-se usar este diagnóstico para determinar as flutuações de densidade de plasmas termonucleares. Com este sistema de reflectometria de microondas, de concepção portuguesa, que utiliza três reflectómetros independentes em bandas adjacentes, conseguiu-se medir, pela primeira vez, um perfil completo da densidade de um plasma termonuclear.

Projecto GFN. 3 — *Criação de um Laboratório de Física dos Plasmas de Fusão*

No cerne deste projecto está o estabelecimento de um Núcleo Central para Actividade Experimental sobre Física dos Plasmas de Fusão, em Lisboa. Para este efeito tem o Grupo de Fusão Nuclear vindo a desenvolver esforços para conseguir instalar, na área geográfica do Instituto Superior Técnico, um pequeno tokamak (ISTTOK), com o qual pretende seguir um programa científico autónomo, mas integrado no Programa Europeu de Fusão. Fundamentalmente, pretende-se importar a estrutura básica do ex-tokamak TORTUR de Nieuwegein (Holanda) e modificar em Lisboa o seu regime de funcionamento. Com uma redução do valor do campo magnético para cerca de 4,5 KGauss pretende-se conseguir que, a partir do plasma inicial produzido pela descarga indutiva (densidade de cerca de $7 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$, $T_e \sim 250 \text{ eV}$, duração de cerca de 30 ms) se possa criar um plasma quente ($T_e \sim 600 \text{ eV}$, $n_e \sim 2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$) com uma duração de pelo menos alguns segundos. Este regime seria conseguido à custa de aquecimento e da geração de corrente não indutiva, por ressonância electro-ciclotrónica, através da injeção de potência de rf no plasma, por meio de um gerador de cerca de 100 KW em 28 GHz. Como fase mais avançada deste Projecto, está previsto o estudo do transporte

anómalo de partículas do plasma para a sua periferia, através do desenvolvimento de novos métodos de diagnóstico envolvendo, entre outras, técnicas de fluorescência laser induzida. Este Projecto, a ser apresentado à CCPF de Bruxelas para financiamento Eurátomo, é dirigido pelo Dr. Costa Cabral e tem duas grandes áreas: (i)—teoria, coordenada pelo Dr. Tito Mendonça e (ii)—experimentação, com a supervisão do Dr. Carlos Varandas. Na área experimental existem diversas divisões: (a)—raios X (Dr. F. Parente e Dr. P. Amorim); (b)—interferometria de microondas (Dr.^a Maria Emília Manso); (c)—reflectometria (Dr. Fernando Serra); (d)—diagnósticos ópticos (Dr. Lemos Pinto); (e)—aquecimento ciclotrónico e geração de corrente (Dr. A. Moreira; (f)—controlo e aquisição de dados. Este projecto conta com o apoio de cientistas dos Laboratórios de Nieuwegein (Holanda) e da École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

5. FINANCIAMENTOS ANUAIS E SUAS FONTES

Nesta secção serão analisadas as verbas destinadas à investigação em Física dos Plasmas. Dado que neste domínio da Física a maior parte da investigação se realiza no Centro de Electrodinâmica, começaremos por fazer uma análise das verbas recebidas por este organismo dependente do INIC.

5.1. Financiamento INIC

No quadro seguinte assinalam-se as verbas totais atribuídas ao Centro de Electrodinâmica, durante os últimos doze anos. Não nos foi possível obter os dados relativos à divisão destas verbas globais pelas cinco Linhas de Acção do Centro. No entanto, visto a Linha 4, que se não ocupa directamente da Física dos Plasmas, ser uma linha eminentemente teórica, a percentagem de verbas próprias é reduzida, e assim, as verbas globais do Centro podem ser praticamente identificadas com as da sua área de Física dos Plasmas.

| | VERBAS PEDIDAS | | VERBAS ATRIBUÍDAS | | PIDAC |
|------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|
| | <i>Desp. Correntes</i> | <i>Capital</i> | <i>Desp. Correntes</i> | <i>Capital</i> | <i>Capital</i> |
| 1988 | 10.099 | 52.036 | 3.447 | 7.107 | 7.500 |
| 1987 | 8.802 | 46.031 | 3.181 | 7.136 | 8.800 |
| 1986 | 6.829 | 35.364 | 2.875 | 5.926 | 7.750 |
| 1985 | 6.275 | 20.930 | 2.300 | 2.500 | |
| 1984 | 4.375 | 20.656 | 1.849 | 1.484 | |
| 1983 | | | 1.399 | 673 | |
| 1982 | | | 1.399 | 1.261 | |
| 1981 | | | 1.874 | 2.605 | |
| 1980 | | | 1.395 | 528 | |
| 1979 | | | 1.319 | 506 | |
| 1978 | | | 1.221 | 1.110 | |

Como se pode verificar na tabela precedente, as verbas de Despesas Correntes, com excepção do ano de 1981, mantiveram-se quase constantes no período de 1978-83. Nos últimos cinco anos verificou-se um aumento significativo do seu valor.

Quanto às Despesas de Capital, nota-se um nítido crescimento nas verbas atribuídas a partir de 1983 e, em especial no último triénio (1986-88).

No entanto, a análise da evolução das verbas concedidas ao Centro, em valores absolutos, pode levar a conclusões erróneas, como, por exemplo, à de que o financiamento pelo INIC da investigação em Física dos Plasmas está em fase de franca expansão. Nada mais falso! De facto, através do conhecimento das taxas de inflação anual, fornecidas pelo Banco de Portugal e que variam de um mínimo de 9.4% em 1987 a um máximo de 29.3% em 1984, podemos calcular o valor das verbas atribuídas ao Centro em cada ano, em termos actuais, isto é, traduzidas em valores directamente comparáveis com os de 1989. Assim as figuras 7 e 8 apresentam os mesmos financiamentos do INIC em Despesas Correntes e de Capital, mas agora a preços de 1989.

A primeira conclusão importante a tirar da figura 7 é a de que as verbas para Despesas Correntes, para um Centro que tem vindo a ver aumentar o seu pessoal investigador,

(Fig. 1), sofreram no período de 1978-83 uma enorme redução, tendo-se mantido a partir daquela data num nível bastante baixo (cerca de 45% do seu valor em 1978).

Quanto às verbas para equipamento, se bem que nos últimos anos tenham sofrido aumentos consideráveis em números absolutos, em valor relativo situam-se abaixo do nível de 1981 e portanto, com os aparentemente substanciais aumentos dos últimos três anos não fez o INIC mais do que anular a terrível redução de verbas que se observou durante 1982-85.

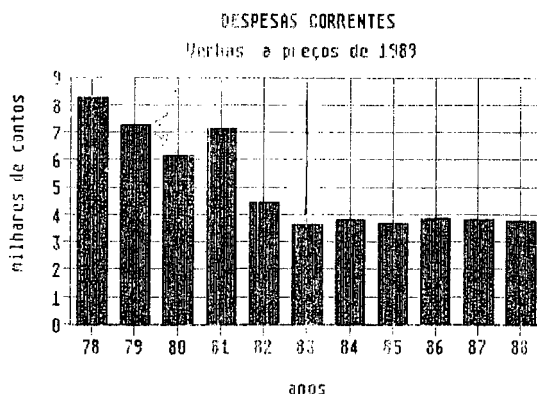


Fig. 7

A tabela anterior permite ainda comparar o que tem sido pedido pelos Investigadores do Centro de Electrodinâmica e o que lhes tem sido concedido, quer em Despesas Correntes

quer em Despesas de Capital. Os números falam por si! Tem o CEL tido dotações globais que se têm situado na faixa dos 30-40% dos valores pedidos para Despesas Correntes e na dos 7-14% para Despesas de Capital. As

ciamento de um Projecto Internacional na área da Reflectometria de Micro-ondas, para o qual este Grupo pode dispor em 1988 de uma verba de 18.000 contos.

5.3. Financiamento Internacional

O Projecto da Reflectometria acima referido é um Projecto Internacional, integrado no Programa Europeu de Fusão, e assim beneficiou de um subsídio da EURATOMO no valor de 10.000 contos. Tratando-se de um Projecto de cooperação com o «Max-Planck Institut fur Plasma Physik» de Garching, foi também por ele financiado, com uma verba de 22.000 contos.

6. COLABORAÇÃO INTERNACIONAL

A actividade científica das diversas Linhas de Acção do CEL tem estado, desde a sua criação, inserida na investigação internacional dos respectivos domínios. Assim essas Linhas de Acção têm sabido manter, ao longo dos seus já 14 anos de existência, uma colaboração internacional sempre renovada. De entre os Laboratórios e Universidades com que o Centro mantém um diálogo científico permanente, destacam-se os seguintes:

Linha 1 — Turbulência em Plasmas — Dr. Tito Mendonça

- Universidade Livre de Bruxelas (Bélgica)
- Fontenay-aux-Roses (França)

Linha 2 — Plasmas Espaciais — Dr. Armando Brinca

- Max-Planck Institut fur Extraterrestrische Physik (Alemanha)
- Jet Propulsion Laboratory — California Institute of Technology (E.U.A.)
- STARLAB — Universidade de Stanford California — (E.U.A.)
- Universidade de Maryland (E.U.A.)
- Universidade de Warwick (Inglaterra)

DESPEAS DE CAPITAL
Verbas: a preços de 1989

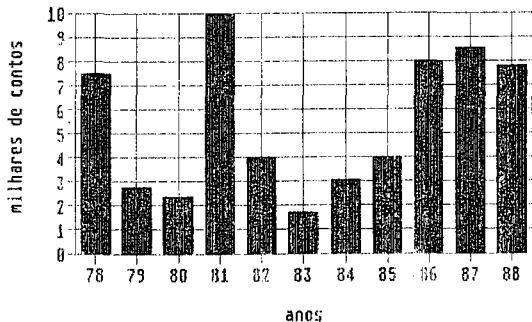


Fig. 8

baixas percentagens de financiamento encontradas, reflectem certamente o desejo dos Investigadores do CEL de verem melhoradas as suas condições de trabalho a fim de poderem aumentar a sua já elevada produtividade científica.

5.2. Financiamento JNICT

Também se tem obtido financiamento para a área da Física dos Plasmas através da apresentação de Projectos a outras entidades públicas. Assim, o Centro de Electrodinâmica submeteu, através das suas Linhas de Acção n.º 2 e 5 (Projectos 2C e 5B), pedidos de subsídio à JNICT, no âmbito do seu Programa Mobilizador de Ciência e Tecnologia. Destes pedidos resultou a concessão de 22.000 contos para o Projecto 5B e de 10.000 contos para o Projecto 2C, destinados a cobrir as actividades em 1988. Espera-se que estes Projectos venham também a obter financiamento JNICT para 1989.

Também o Grupo de Fusão Nuclear viu as suas actividades subsidiadas pela JNICT, não só através da concessão de um orçamento de cerca de 3.500 contos para a sua gestão como Unidade Orgânica, como também pelo finan-

Linha 3—Plasmas Laboratoriais—Dr. Costa Cabral

- Risø National Laboratory — Roskilde (Dinamarca)
- Institut für Theoretische Physik — Innsbruck (Áustria)
- FOM-Instituut voor Atooh en Molcuulfysica — Amsterdam (Holanda)

Linha 5—Descargas em Gases—Dr. Matos Ferreira

- Laboratoire de Physique de Gaz et des Plasmas—Orsay (França)
- Universidade de Montreal (Canadá)
- Universidade de Córdoba (Espanha)
- Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil)
- Universidade de Bari (Itália)
- Universidade de Sofia (Bulgária)

Grupo de Fusão Nuclear

- Max Planck Institut für Plasma Physik — Garching (Alemanha)
- Centre d'Études Nucleaires de Cadarache (França)
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suíça)
- FOM—Instituut voor Plasmaphysica — Nieuwegein (Holanda)
- JET (Joint European Torus)—Culham (Inglaterra)
- Culham Laboratory (Inglaterra)
- Junta de Energia Nuclear CIEMAT—Madrid (Espanha)

7. PUBLICAÇÕES DE NATUREZA CIENTÍFICA

A fim de se averiguar a produtividade da investigação científica Portuguesa na área da Física dos Plasmas, consideram-se neste capítulo as publicações originais dos nossos investigadores, quer em revistas internacionais e livros da especialidade, ambas sob a designação (R), quer em congressos internacionais (C).

A tabela seguinte contém o número total anual de publicações sobre Física dos Plasmas, elaboradas globalmente no Centro de Electrodinâmica:

| | Revistas | Congressos | Totais |
|---------------|-------------|--------------|--------------|
| 1989 (Abril) | 13 | 11 | 24 |
| 1988 | 16 | 26 | 42 |
| 1987 | 11 | 33 | 44 |
| 1986 | 16 | 17 | 33 |
| 1985 | 10 | 7 | 17 |
| 1984 | 9 | 19 | 28 |
| Total: | 75 R | 113 C | 188 P |

A Figura 9 permite observar a evolução do número anual destas publicações. Nesta figura podemos observar que esse número tem vindo a aumentar substancialmente, tendo-se passado das 17 publicações anuais (1985) para as 44 (1987). Espera-se para 1989 um novo aumento. Pode-se ainda verificar que, desde

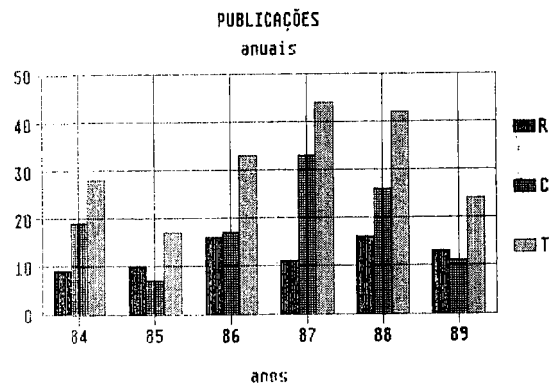


Fig. 9

Janeiro de 1984 até Abril de 1989 o Centro publicou 188 trabalhos científicos. O número médio de publicações anual, durante o quinquénio 1984-88, é de 33 (12 em Revistas e 21 em Congressos), ou seja de mais de duas por doutorado. Salienta-se que esta média é excelente, dado que a maior parte dos investigadores realiza também trabalho docente universitário. Aliás o prestígio que o Centro de Electrodinâmica adquiriu junto da comunidade científica internacional, da área da Física dos Plasmas, resulta em grande parte da qualidade e da diversidade das suas publicações.

8. A INVESTIGAÇÃO NA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Responsável: Dr. Armando Policarpo

Na Universidade de Coimbra não há investigação directamente em Física dos Plasmas. São contudo utilizadas descargas SQS («self-quenching streamers») e estudam-se algumas características destas avalanches com o fim de desenvolver detectores de radiação. Neste contexto surgem naturalmente aspectos ligados à Física dos Plasmas.

Do programa científico deste grupo de investigação salienta-se: (i) — estudo das dimensões da descarga auto-limitada e da distribuição de carga, utilizando a técnica das cargas induzidas. Tentativa de determinação dos parâmetros micro-físicos que caracterizam a descarga. Em particular, o regime SQS em misturas gasosas contendo vapores de baixo potencial de fotoionização. Influência da pressão e do campo eléctrico; (ii) — análise espectral, resolvida no tempo, da emissão associada a SQS. Pretendem-se estudar os processos que levam à produção de electrões de realimentação e clarificar os mecanismos fundamentais envolvidos no desenvolvimento das descargas; (iii) — estudo da realimentação fotónica que leva à formação de SQS secundários originados pela fotoionização do gás por fotões emitidos pela avalanche principal.

A Universidade de Coimbra não tem pessoal especializado em Física dos Plasmas. Nas descargas auto-limitadas trabalham, em tempo parcial, 3 doutores com formação em Física Nuclear, Física Atómica e Molecular e Instrumentação.

São fontes de financiamento o INIC e a Secretaria de Estado da Investigação Científica através de Projectos do Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP) que contribuíram em parcelas idênticas para os trabalhos em curso (1000 contos anuais).

Este grupo de investigação publicou 7 trabalhos em revistas e em Conferências internacionais. Tem actualmente colaborado com o «Centre de Physique Atomique Paul Sabatier»

da Universidade de Toulouse, com o Instituto de Física de Belgrado e com o CERN.

A curto prazo este grupo pretende desenvolver e construir detectores UV e de raios X para a caracterização de plasmas. A mais longo prazo deseja também participar na investigação internacional sobre este importante domínio da Física.

9. A INVESTIGAÇÃO NO LNETI (SACAVÉM)

Responsável: Dr. Jaime Oliveira

O Departamento de Energia e Engenharia Nucleares do ICEN/LNETI já teve investigação em Física dos Plasmas, durante a década de setenta, em que se estudaram processos relacionados com descargas em gases e em especial com as chamadas descargas de coluna positiva, sob a supervisão do Dr. Namorado Rosa. Hoje em dia, o LNETI não dispõe de projectos de investigação próprios em Física dos Plasmas. No entanto, continua a acompanhar a evolução desta área da Física e a contribuir para a formação de recursos humanos. Neste contexto concedeu duas bolsas de estudo: uma à Dr.^a Filomena Nave para trabalhar no «JET» por um período de 2 anos (estudo das instabilidades designadas por «filshbone») e outra à Lic. Maria João Marchã, para trabalhar no Centro de Electrodinâmica, sob a supervisão do Dr. António Costa. Esta Investigadora encontra-se actualmente a estagiar em Cadarache (França) onde se ocupa do desenvolvimento de um código de Fokker-Planck para tratar os problemas associados à geração de corrente em Tokamaks por ondas híbridas inferiores.

O ICEN/LNETI está empenhado, tal como o Grupo de Fusão Nuclear do IST, em realizar acções integradas no chamado Plano Nacional de I&D em Fusão Termonuclear Controlada.

10. CONCLUSÕES

Como se pode deduzir do que atrás foi explicitado a investigação em Física dos Plasmas em Portugal revela-se actualizada e em fase

de expansão. No entanto, e em especial no que se refere à investigação experimental, há algumas limitações importantes que importa referir:

10.1. **Serviços de Apoio à Investigação e Desenvolvimento (SAID)**

O Complexo Interdisciplinar já esteve dotado de uns Serviços de Apoio bastante bons, em meados da década de 70. De facto, por essa altura, havia equipamento moderno nas suas diversas divisões (Mecânica de precisão, Vácuo, Vidro, Electrónica, Azoto líquido, etc.) e pessoal altamente especializado. Com o decorrer dos anos, tem vindo a diminuir e a envelhecer o pessoal destas oficinas, factos que resultam numa diminuição efectiva da sua produtividade. Impõe-se uma dinamização imediata deste sector importante da investigação, se se quer de facto alargar a nossa capacidade de intervenção no domínio da Física experimental. Há que possibilitar no imediato a promoção dos actuais Técnicos dos SAID, processo que se tem arrastado nos últimos anos, tendo como consequência o abandono de funções do pessoal mais qualificado, atraído por melhores contratos em outras empresas. A contratação de novos Técnicos Superiores e de jovens operários é também julgada imprescindível, em especial nas áreas acima mencionadas destes Serviços de Apoio à Investigação.

10.2. **Técnicos de Laboratório**

Dispõe o Centro de Electrodinâmica de apenas três técnicos de Laboratório. O facto de se terem verificado sempre grandes dificuldades na sua promoção (há um Técnico que desde que inciou trabalho neste Centro, há cerca de 12 anos, nunca foi promovido e outros dois que aguardam promoção há 9 anos, apesar das suas classificações de Bom e Muito Bom e ainda maiores entraves à contratação de novos Técnicos que viessem substituir os que nos deixaram por razões salariais, faz com que os nossos laboratórios se vejam cada vez mais limitados nas possibilidades de desenvolvimento de projectos que

envolvam a construção de experiências de média complexidade. À semelhança do que acima se disse em relação às Oficinas Centrais é necessário e urgente promover rapidamente o Pessoal existente e contratar novos Técnicos de Laboratório.

10.3. **Instalações**

As instalações do Centro de Electrodinâmica não impedem, por enquanto, o bom prosseguimento dos trabalhos em curso. No entanto tem havido uma certa dificuldade na adaptação dos espaços disponíveis para instalar os novos investigadores, havendo gabinetes com população tão elevada que apenas permite a ocupação de secretárias em «time-sharing». Esta falta de gabinetes tem também estado na base de uma certa prudência na aceitação de investigadores de vários países (em especial do Brasil mas também da Jugoslávia e da China) que têm, nos últimos anos, pretendido realizar investigação neste Centro. Tem também o Centro de Electrodinâmica recebido inúmeros Investigadores visitantes de vários países e seria desejável que se pudesse dispor de pelo menos um ou dois gabinetes para os instalar condignamente. Por outro lado as actividades experimentais ligadas à Fusão Nuclear Controlada que, mediante protocolo a estabelecer com o IST, poderiam vir a ser efectuadas nas instalações do Centro de Electrodinâmica, tiveram que ser programadas para uma outra área do Instituto Superior Técnico (Departamento de Física) levando a uma duplicação de infraestruturas, porventura desnecessária se a tão desejada expansão do Complexo Interdisciplinar estivesse já realizada.

10.4. **Financiamento**

As verbas para Despesas Correntes e para Equipamento estão, como se viu no capítulo V deste relatório, reduzidas respectivamente a cerca de um terço e a cerca de um oitavo dos valores pedidos pelos investigadores.

Mesmo sem as compararmos aos valores pedidos, as verbas para Despesas Correntes

encontram-se de facto muito reduzidas, já que, a preços de 1989, apenas atingem cerca de metade do seu valor real em 1978.

No que diz respeito às verbas de Capital, elas situam-se hoje ao mesmo nível que tinham em 1978 e 1981. De uma época (1971-1973) em que se compravam vários aparelhos por ano (só as Linhas 1 e 3 do CEL tinham em conjunto cerca de 2.000 contos/ano para Equipamento, equivalentes hoje a mais de 30.000 contos/ano) passou-se para uma outra em que é frequente ter que se viver durante vários anos em «poupança forçada» para se poder adquirir um único aparelho trivial.

Com verbas globais muito reduzidas, tem, apesar de tudo, o Centro de Electrodinâmica conseguido o «quase-milagre» de continuar a produzir trabalho experimental válido, publicável em revistas internacionais, com uma aparelhagem «de terceira idade» e sem recursos para a sua renovação ou substituição.

Há que voltar a dar aos Centros, em especial àqueles em que se realiza investigação experimental internacionalmente reconhecida, verbas adequadas. Em primeiro lugar verbas do Orçamento Geral do Estado, para o que seria suficiente aumentar a percentagem do P.I.B., partindo dos tão criticados 0.4% actuais, passando pelo 1% da meta do Governo para 1992 até uns eficazes 2%. Para além deste financiamento básico, deveriam os Centros ter acesso directo aos fundos de Organismos Internacionais, em especial aos da Comunidade Europeia.

10.5. Pessoal

Sem se contestar o recurso a pessoal docente universitário na maior parte dos casos, salienta-se que a investigação experimental em aparelhos construídos «ad hoc» requer um outro tipo de colaboradores, hoje praticamente em vias de extinção: os Assistentes de Investigação e os Investigadores a tempo inteiro! De facto, a realização de investigação em Física dos Plasmas Laboratoriais requer geralmente uma contínua presença junto das experiências e uma dedicação exclusiva aos trabalhos em

curso. Esta situação é na maioria dos casos incompatível com a existência de quaisquer outras tarefas, nomeadamente as do campo do ensino universitário. Pessoalmente, defendo a situação em que jovens licenciados tivessem obrigatoriamente que passar por um período de três-quatro anos em que fizessem investigação a tempo inteiro (levando em princípio ao Mestrado e eventualmente ao Doutoramento) e que só depois desse período pudessem começar a leccionar. Vejo como desejável, nalgumas Escolas Superiores, um ensino universitário mais restrito e de índole mais profunda, suportado a todos os níveis em pessoal docente, se não doutorado, pelo menos com o grau de Mestre. Os Assistentes teriam assim garantida uma sólida formação científica e a selecção dos futuros Professores poderia vir a ser naturalmente baseada na reputação internacional dos candidatos.

Neste contexto, parece-me que o Instituto Nacional de Investigação Científica poderia ter um papel importante a desempenhar, não só atribuindo um maior número de bolsas de estudo para Mestrado e Doutoramento, como, e fundamentalmente, alargando os seus Quadros de Pessoal em especial nas categorias de Assistente de Investigação e de Investigador. Por outro lado, já que a Lei o permite, as próprias Universidades deveriam também alargar o mais possível os seus próprios Quadros de Pessoal Investigador a tempo inteiro.

10.6. Relações Internacionais

As relações internacionais são neste momento bastante boas nas diversas áreas da Física dos Plasmas (teórica, computacional e experimental). Há de facto intensa colaboração internacional em curso, que envolve diversas Universidades não só europeias como americanas. Também na área da Fusão Nuclear, através da acção da Eurátomo, se mantém um bom intercâmbio científico. Há no entanto que cativar maiores verbas do Orçamento Geral do Estado para que em cada ano civil se possam realizar mais missões ao estrangeiro, não só, como até aqui, para se apresentarem

trabalhos em reuniões internacionais, mas também e principalmente para se permitirem estágios, com a duração mínima de um mês, de investigadores portugueses em Laboratórios estrangeiros afins. De facto não é com verbas da ordem dos oitocentos contos por ano, para um Centro que conta com 16 doutores e 21 assistentes de investigação, que se consegue ir longe! Iguamente se deve incrementar a vinda de cientistas estrangeiros aos nossos laboratórios. É certo que acções deste tipo estão já cobertas pelos diversos acordos culturais existentes. No entanto, esses acordos são geralmente muito limitados (tipicamente duas quinzenas por ano por País) e o desenvolvimento da investigação em Física dos Plasmas requer períodos globais de estágio muito superiores aos agora oferecidos.

10.7. Outras Fontes de Financiamento

Com a entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia estão abertas novas fontes de financiamento internacional (Programas Science, Erasmus, Esprit, Eurátomo, etc.). Há contudo que alertar as Autoridades Portuguesas, que intervêm no financiamento da investigação (JNICT por exemplo), para o facto de não deverem deixar somente à iniciativa particular (projectos individuais ou de pequenos grupos) o recurso a estas fontes de financiamento. Uma profissão de fé na capacidade de gestão de alguns Organismos Públicos devotados à Investigação Científica, como, por exemplo, alguns Centros do INIC e diversos Laboratórios Nacionais, deveria permitir pôr, ao seu serviço global da investigação portuguesa, verbas importantes para o seu desenvolvimento harmónico a médio prazo. A falta deste tipo de financiamento colectivo poderá levar ao crescimento caótico da Investigação. Com base na existência destes mecanismos de financiamento internacional, é agora a altura de, rejeitando soluções imediatistas, se criarem, em acção concertada entre o Governo e a Comunidade Científica Nacional, novos Laboratórios e Institutos com fins específicos. O Laboratório Nacional de Física dos Plasmas deveria, certamente, ser um deles.

Eleição dos Órgãos Nacionais da SPF Triénio 1990 - 1992

Reuniu-se em 28 de Fevereiro de 1990 a Assembleia Geral da SPF para apreciação dos relatórios de actividade e eleição dos novos Órgãos Directivos, cuja constituição passou a ser a seguinte:

Mesa da Assembleia Geral

Presidente: *Manuel Fernandes Laranjeira*, Professor Catedrático (FCT—UNL);

1.º Secretário: *Manuel Pereira de Barros*, Professor Catedrático (FC—UP);

2.º Secretário: *Maria Odete Canelas de Castro*, Professora Efectiva Esc. Sec. Infanta D. Maria.

Secretariado-Geral

Secretário-Geral: *Carlos Matos Ferreira*, Professor Catedrático (IST—UTL);

Secretário-Geral Adjunto (Assuntos Internacionais): *Armando J. P. L. Policarpo*, Professor Catedrático (FCT—UC);

Secretário-Geral Adjunto (Assuntos Nacionais): *Ana Maria Eiró*, Professora Associada (FC—UL);

Tesoureiro: *Margarida C. Martins da Cruz*, Professora Auxiliar (FC—UL).

Conselho Fiscal

Presidente: *Rui Namorado Rosa*, Professor Catedrático Convidado (UE e IST—UTL);

Secretário: *José Ribera Salcedo*, Professor Associado (FC—UP);

Relator: *Maria Helena Nazaré*, Professora Catedrática (UA).

Eleição do Presidente da Sociedade Portuguesa de Física

Na sua primeira reunião, em Março de 1990, o Conselho Directivo da SPF, nos termos do Art.º 23 dos Estatutos, procedeu à eleição do Presidente da Sociedade. Foi eleito o Doutor Manuel Fernandes Thomaz, Professor Catedrático do Departamento de Física da Universidade de Aveiro.

Astronomia em Portugal: O desenvolvimento necessário

A. A. DA COSTA

Centro de Electrodinâmica da Universidade Técnica de Lisboa
Departamento de Física, Universidade de Évora

Preâmbulo

A necessidade de desenvolvimento da Astronomia em Portugal está hoje na ordem do dia. A onze anos do início do Século XXI, a sua situação é de tal gravidade que deve constituir motivo de preocupação para os Poderes Públicos, e de aturada reflexão em todas as instâncias aonde se decide sobre o desenvolvimento da Investigação no nosso país. Portugal não pode continuar afastado do enorme crescimento que existe a nível internacional, nem das implicações que tem o desenvolvimento da Astronomia para outros domínios. Não só a distância científica que nos separa aumenta todos os anos, o que tornará cada vez mais difícil a recuperação do atraso, mas também o prestígio internacional do país deixa muito a desejar, já que somos o único país da Europa a não possuir Departamentos de Astronomia, o que constitui um dos índices do atraso de mais de século e meio, estando na cauda da Europa, mesmo atrás da Turquia.

Estamos perante um problema de Estado, cabendo ao Estado promover as medidas que ultrapassem esta situação. Elas começaram a surgir através do Programa Mobilizador para esta área elaborado para as I Jornadas Nacionais de Investigação Científica e Tecnológica realizadas pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica (JNICT), mas são insuficientes. Existe a necessidade de um quadro estratégico da articulação e inserção da Astronomia nos Sistemas Educativo (SEN) e Científico e Tecnológico Nacionais (SCTN), que avalie correctamente a situação presente nas suas vertentes interna e de relacionamento internacional, e que tome medidas para a alterar radicalmente.

Pretende-se com este trabalho que os físicos portugueses, através da sua Sociedade

Científica — a Sociedade Portuguesa de Física — se empenhem no desenvolvimento destas importantes matérias em Portugal.

A Importância da Astronomia

Hoje, no plano internacional, a Astronomia é a Ciência que estuda a estrutura do Universo em directa correlação com o espaço-tempo, domínio por excelência das interacções gravíticas, obtendo a unidade da macro com a microfísica. Com esta definição a Astronomia é fundamentalmente Cosmofísica (Astrofísica e Cosmologia Física), sendo tudo o que resta pequenos domínios subsidiários. O seu crescimento é particularmente intenso nos últimos vinte anos. Sendo talvez a Ciência mais antiga, a Astronomia, pelo objecto que contempla, é simultaneamente a mais recente. De uma estrela não nos basta hoje conhecer a posição e a distância; procuramos a sua composição química, a estrutura dinâmica, como se formou e como acabará. O mesmo se aplica a um enxame de estrelas, a uma galáxia, a um enxame de galáxias, ao Universo. E não nos limitamos hoje, para suportar estes estudos, às observações na região visível do espectro electromagnético; usamos também informação recolhida nas bandas invisíveis, no estudo da radiação cósmica e procuramos mesmo informação na radiação gravitacional. O seu estudo implica o desenvolvimento da Física, da Matemática e das Ciências da Engenharia, apoiando-se ainda na Química, na Geologia, na Geofísica e na Biologia. Os estudos astronómicos ao encararem o Universo como um vasto laboratório, permitem testar as leis físicas em condições irrealizáveis à escala humana, aumentando a nossa confiança no seu uso.

Esta perspectiva surgiu com as investigações de William e Caroline Herschel em Inglaterra

nos fins do século XVIII, princípios do Século XIX. O labor imortal destes dois irmãos abriu as portas da Idade Contemporânea da Astronomia, que hoje é seguido em todo o mundo que se pretende desenvolvido.

A Astronomia em Portugal

Em contraste com este panorama, a Astronomia Contemporânea não existiu em Portugal até finais da década de 70. Porém em 1984, pela sua acção e correcta inserção, a Prof.^a Maria Teresa Lago conseguiu criar um Curso interdisciplinar em Física/Matemática Aplicada (ramo de Astronomia) na Universidade do Porto. Era o primeiro sinal de mudança.

A situação sofreu uma alteração significativa em 1987 com as I Jornadas Nacionais de Ciência e Tecnologia organizadas pela JNICT. O respectivo programa para o desenvolvimento da Astronomia/Astrofísica em Portugal, recenseou cinco grandes áreas de investigação potencial em Portugal, pela ordem indicada e com a indicação dos responsáveis:

- I—Astrofísica das Altas Energias—António A. da Costa;
- II—Astrofísica Estelar—Maria Teresa Lago;
- III—Cosmologia—Paulo Galí Macedo;
- IV—Física Solar—Luís Braga Campos;
- V—Nucleosíntese—Filipe Duarte Santos.

Estes responsáveis de área constituíram, aliás, a Comissão que estabeleceu as linhas gerais do respectivo programa, com redacção final da Prof.^a Maria Teresa Lago.

O Programa reconheceu a importância da Astronomia no desenvolvimento da curiosidade científica; as vantagens duma educação multidisciplinar; o treino em vários tópicos de aplicação industrial; o espírito de abertura para a equação e resolução de novos problemas e desafios, com grande mobilidade e facilidade de comunicação e adaptação, vantagens num mundo em rápida mutação tecnológica. Porém constatou:

a) A existência de fracos recursos humanos (11 físicos recenseados ao todo na área,

dos quais só quatro com formação cosmológica específica), quando o país deveria ter entre 100 e 200 cosmológicos com o grau de Doutor (a média europeia é de 1-2/100000 habitantes);

b) A necessidade de estabelecimento de áreas prioritárias de desenvolvimento, de preferência aquelas onde já existe alguma actividade científica em Portugal, as que têm domínios científicos próximos que sirvam de motor de desenvolvimento, ou áreas de tal importância actual ou futura que justifiquem a sua introdução;

c) O estado lastimoso em que se encontram os Observatórios Nacionais através do estudo anexo ao Programa «Resultado do Inquérito aos Observatórios Astronómicos». Foram inquiridas 6 unidades, responderam 4 das quais 2 com 11 projectos no total, envolvendo 10 deles Astronomia e Astrofísica e 1 a História das Ciências; 2 projectos indicaram 4 publicações. O orçamento global conjunto para 3 dos Observatórios era de 2500 contos/ano;

d) A necessidade de desenvolver:

- d.1) Formação de recursos humanos;
- d.2) Uma estrutura de apoio;
- d.3) Infraestruturas locais;
- d.4) Acesso a facilidades de observação.

Sobre a formação de recursos humanos o Programa limitou-se a criar lugares com contratação a prazo (bolsas de estudo). A JNICT deveria ter delineado um quadro estratégico de fixação de recursos humanos, que lhes dessem uma tranquilidade de futuro profissional. A Astronomia é uma actividade perene, e a inexistência desta necessária perspectiva a longo prazo, incompatível com vínculos precários, está a dificultar a contratação de formandos, já que estes querem saber quais as perspectivas da sua formação.

O Programa indicou a necessidade de criação dum Instituto de Astrofísica com sede no Porto, devido à existência nessa Universidade da licenciatura interdisciplinar assinalada, e com nodos noutras Universidades do País. Ele

foi criado na Universidade do Porto sem a sua vocação nacional, como Centro, pois as restantes Universidades do País ignoraram o processo, e a JNICT também não se esforçou em sensibilizá-las.

Hoje a actividade cosmo-física desenvolve-se nos locais abaixo indicados. Os elementos que a seguir se fornecem foram fornecidos pelos interessados ou constam dos documentos das I Jornadas da JNICT.

Universidade do Porto

O Grupo de Matemática Aplicada tem dois doutorados na área de Cosmo-física (Prof.^a Maria Teresa Lago e Prof. Paulo Gali Macedo) e promove a Licenciatura Interdisciplinar já assinalada, de que o Grupo da Física é co-responsável, com 126 unidades de crédito e admite uma média de 15 (quinze) alunos/ano. Os três primeiros anos destinam-se a proporcionar uma formação básica em Física e Matemática; existe um curso de Elementos de Astronomia que pretende dar uma visão global da Astronomia Moderna. No 3.^o ano surgem os cursos básicos de Astronomia I e II e o 4.^o ano inclui 6 (seis) opções de uma lista fixada anualmente de vários tópicos de Astronomia. Alguns destes cursos são dados em parte por professores visitantes que leccionam unidades de 10 a 15 horas.

No âmbito da Universidade do Porto foi criado o Centro de Astrofísica com o apoio da JNICT, com biblioteca de especialidade; equipamento de cálculo adequado às tarefas características de Astronomia e acesso a facilidades de maior dimensão; acesso a redes de comunicação; acesso a bancos e bases de dados astronómicos.

Um dos objectivos do Centro é proporcionar um esquema de apoio a estudos de graduação e pós-graduação.

O Centro de Astrofísica será acompanhado por um conselho de Consultores constituído por convite do Reitor a investigadores nacionais ou estrangeiros de reconhecido mérito e actividade científica relevante em Astrofísica ou áreas afins. Não se sabe de ninguém neste

país que tenha sido merecedor ainda de tamanha dignidade.

O Centro desenvolve o 1.^o programa de bolsas de Doutoramento 88/89 e a 2.^a Escola Europeia de Astrofísica da respectiva Rede Europeia de Doutoramentos. Esta rede envolve já 14 países. Portugal está presente através da Universidade do Porto, cuja representante é a Prof.^a Teresa Lago, sendo a única instituição que tem colhido benefícios.

O Centro desenvolve ainda Investigação no domínio da Astrofísica Estelar (Prof.^a Teresa Lago) e Cosmologia (Prof. Paulo Macedo). Neste último caso, as actividades centram-se na investigação de soluções cosmológicas de teorias unificadas de gravitação e electro-magnetismo (teorias de Kaluza-Klein), e investigação do problema da matéria escura no Universo, que está a ser feito pelo licenciado Jorge Paulo de Carvalho sob supervisão do responsável.

Universidade de Coimbra

A actividade de Cosmo-física existe só no Observatório Astronómico, através dum único projecto de investigação, em Física Solar, sobre o estudo dos mecanismos físicos ligados ao ciclo solar em colaboração com o Observatório de Paris (Meudon), colaborando na publicação das «Cartes Synoptiques de la Chromosphere Solaire et Catalogue des filaments et des centres d'activité» deste Observatório.

O Observatório Astronómico possui um centro horário e outro equipamento, mas não dispõe de pessoal de investigação e técnico para o operar, e as suas verbas são exíguas.

Universidade de Lisboa

O Ensino de Cosmo-física processa-se no Departamento de Física da Faculdade de Ciências. Existem duas disciplinas, uma de Relatividade e Cosmologia, da responsabilidade do Prof. Paulo Crawford do Nascimento e uma de Astrofísica, optativa, da responsabilidade do Prof. Filipe Duarte Santos, ambas no

4.º ano do Curso de Física. A disciplina de Astrofísica funcionou no 1.º Semestre de 88/89, com 20 alunos inscritos dos quais 14 se apresentaram a provas finais. O Prof. Filipe Duarte Santos assegura a regência tanto das Teóricas como das Teórico-práticas.

Para o curso de Mestrado estão programadas disciplinas da área da Astrofísica para 1989/90, dependendo de financiamentos necessários à colaboração de professores visitantes.

O Departamento de Física tem dois assistentes a preparar doutoramento nos Estados Unidos (Universidade de North Carolina em Chapel Hill e Universidade de Boston). Recentemente estabeleceu-se um acordo de colaboração com o Departamento de Astronomia da Universidade de Boston.

A Investigação em Astrofísica faz-se no âmbito do Centro de Física Nuclear, com o projecto «Supernovas—sua génese e nucleosíntese de elementos pesados» (Projecto JNICT 87/52). O financiamento do primeiro ano foi de 560 contos. São investigadores do Projecto:

Prof. Filipe Duarte Santos—FCUL—Coordenador;

Prof. António A. da Costa—Univ. Évora;
Lic. João Lin Yun—FCUL—Univ. Boston;
Carlos Antunes dos Santos—Bolsheiro INIC.

É de referir que o grupo de Física Nuclear de que é responsável o Prof. Filipe Duarte Santos apresenta uma notável produção científica com 18 publicações desde 1986.

Instituto Superior Técnico

Só a nível de pós-graduação está previsto um ramo de Astrofísica de Plasmas no curso em Física e Engenharia de Plasmas, da responsabilidade dos Departamentos de Física e de Engenharia Electrotécnica e Computadores, em colaboração com o Centro de Electro-dinâmica da Universidade Técnica de Lisboa (CEUTL). O responsável do ramo é o Prof. António A. da Costa.

A Investigação desenvolve-se com um projecto de «Física Solar» da responsabilidade

do Prof. Luís Braga Campos, no Departamento de Engenharia Mecânica. No âmbito do CEUTL existe o Projecto JNICT 87/51 «Electrodinâmica de Pulsares: Modelo levemente desalinhado e Radiação de Schott» que visa a realização duma dissertação de Mestrado pelo Licenciado Paulo Jorge Gil, sob a supervisão do Prof. António da Costa, conduzido no quadro da investigação em Pulsares integrada na Linha CEL-4. Este projecto teve um financiamento para o primeiro ano de 300 contos.

Universidade de Évora

Na Licenciatura em Ensino das Ciências Físico-Químicas há uma disciplina optativa no 4.º Ano, Astrofísica. Esta disciplina funcionou pela primeira vez em 1987/88 com 19 alunos/as que se apresentaram todos/as a exame final, e é da responsabilidade do Prof. António A. da Costa.

Existe um projecto de Investigação «Estrelas de Neutrões: sua génese, estrutura e efeitos radioactivos associados», em articulação com os Projectos JNICT 87/51 e 87/52 atrás referidos.

O Departamento de Física contratou ainda como docente convidado o Prof. A. L. Videira que é também investigador do Centro de Física da Matéria Condensada em Lisboa.

Algumas Considerações Analíticas

A actividade de que aqui se dá notícia é exígua. Os recursos, humanos e outros são escassos, e o contraste com a situação internacional é gritante. A nossa Universidade não manifesta a compreensão de que é um serviço público e tem de assumir uma reponsabilidade pública, e.g. acolhendo a Cosmofísica no seu seio e chamando a atenção dos poderes públicos para o ridículo da nossa situação internacional.

Falta à Universidade uma clara orientação estratégica de desenvolvimento, fruto duma preocupante alergia à definição de políticas educativa e de investigação próprias. Aqui

cabe um papel relevante aos professores. A democracia exige que na gestão das Universidades estes enquanto gestores tenham de prestar contas das suas opções. É esta aliás o sentido da Lei da Autonomia das Universidades recentemente aprovada, cujo espírito urge aplicar e não subverter.

Analiseemos então as tarefas a executar.

A Investigação em Astronomia

A estruturação da investigação em Astronomia em Portugal, como foi reconhecido pelo Programa de Desenvolvimento da JNICT, deverá estabelecer áreas prioritárias, tanto no domínio teórico como de observação. Propõe-se que ela seja conduzida a curto prazo preferencialmente nos Departamentos de Física, ou alternativamente nos de Matemática Aplicada, e a longo prazo em Departamentos de Astronomia a criar, no quadro da Política Científica e de Ensino das Universidades a definir, e que absorverão os Observatórios existentes. A investigação a promover, sem prejuízo da que está em curso e que deverá mesmo ser desenvolvida, deverá ser:

1) A compreensão da evolução do Universo até ao momento da formação de galáxias (Cosmologia do Universo Primitivo);

2) O estudo dos fenómenos altamente energéticos do Universo, dentro e fora das galáxias e da organização concomitante da matéria em corpos altamente condensados, massivos e supermassivos;

3) A caracterização da estrutura do Universo, dos corpos que contém e da sua agregação, bem como do relacionamento entre si e da fenomenologia que provocam tanto a nível da Astronomia Extragaláctica, como da Astronomia Galáctica, com especial incidência neste caso na Evolução estelar, e muito especialmente da sua fase terminal;

4) Em suma, a assunção de que a Astronomia contemporânea constitui um desenvolvimento da Geometrodinâmica nas suas duas

vertentes, Clássica e Quântica, sem a qual não haverá progresso significativo do conhecimento astronómico.

Esta actividade implica o reforço dos Departamentos de Física em duas grandes áreas de Docência-Investigação:

- Física de Gases e Plasmas;
- Física das Altas Energias.

No que diz respeito ao trabalho de observação há que procurar a cooperação no âmbito internacional em projectos integrados de observação e programas de Agências Internacionais, e.g. CAC, ESA, ESO e EVN, pois eles encontram-se na vanguarda do desenvolvimento tecnológico, garantindo a nossa individualidade própria, através das nossas contribuições na esfera técnico-científica, e.g. a nível de equipamento.

No domínio da radiofrequência, as características do nosso país permitem a construção de uma rede nacional de Radio-interferometria cobrindo o Continente e as Regiões Autónomas (o Projecto MAGRIÇO—Multi Array Grid Radio Interferometer Collective Operation), em articulação com a EVN e a VLBA. O desenvolvimento deste projecto com 4 estações numa primeira fase, Évora, Funchal, S. Miguel, Flores, teria implicações importantes no desenvolvimento do País, e seria um poderoso veículo no desenvolvimento da Astronomia.

As características dos Departamentos de Física da área de Lisboa, apontam para um plano de actividades de âmbito teórico na Capital, desenvolvendo estudos de Cosmologia Física e Astrofísica das Altas Energias, que deveria ter como contrapartida actividades de âmbito mais de observação no Porto e actividades de características mistas em Coimbra.

O Ensino da Astronomia

A caracterização da Astronomia feita, mostra que o seu estudo privilegia os objectos subordinando-lhes os fenómenos físicos de que

eles são sede. Este facto introduz uma diferença de paradigma entre a Cosmofísica e a Física. Esta procura a análise dos fenómenos e reduzi-los a uma sucessão de processos elementares indivisíveis. Porém no caso da Cosmofísica o que se procura é a síntese dos fenómenos. Confrontando com um determinado objecto, o cosmofísico tenta estabelecer a sua estrutura, procurando estabelecer modelos globais e cenários de desenvolvimento de processos físicos em competição uns com os outros, em diferentes escalas de espaço-tempo-movimento. Daqui resulta que a Cosmofísica é mais do que um domínio fortemente interdisciplinar, para ser de facto um domínio transdisciplinar, e o seu desenvolvimento um enriquecimento da própria Física.

Esta situação aponta claramente para uma revisão global dos cursos de Física, pois há que garantir que os físicos estão cientes da diferença de paradigma. Esta diferença é ainda mais notória quando se tem em conta que:

a) A Astronomia é uma Ciência de Observação enquanto que a Física é uma Ciência de experimentação, embora nos estudos planetários esta seja já possível;

b) As propriedades dos objectos definem-nos, pois os objectos individualizam-se pela análise das propriedades que os singularizam e só posteriormente se caracterizam pelo seu modelo físico. Como exemplo temos os quasares, núcleos galácticos activos de estrutura desconhecida.

Assim é necessário proceder a vários ajustes. Sem prejuízo da programação a longo prazo de cursos de Física Aplicada que respondam ao carácter transdisciplinar da Cosmofísica e não sejam simplesmente interdisciplinares, é necessário: criar uma disciplina no primeiro ano dos cursos actuais de Física que dê notícia da diferença de paradigma, e apresente uma visão global dos estudos astronómicos, enquanto aplicações da Física; criar opções de Cosmofísica nos currícula actuais; e rever os currícula das várias disciplinas onde se estudam processos relevantes em Cosmofísica, e.g.

fenómenos de transporte, transferência radioactiva, fusão, física de plasmas, física das partículas, de modo a incluir os seus casos. Este esforço é particularmente necessário nos cursos de formação de professores para o Ensino Secundário, para poderem cumprir cabalmente as suas funções formativas da juventude, e responder às suas interrogações.

É necessário desenvolver também a pós-graduação. As actividades de Mestrado e Doutoramento deverão ser estruturadas com base nas áreas de investigação em curso, e tendo em atenção os objectivos estratégicos atrás definidos.

Necessidades em recursos humanos e outros

O desenvolvimento da Astronomia em Portugal passa pela criação de um Instituto de Cosmofísica nacional, que coordene as actividades de formação de recursos humanos nesta área, seja instrumento dinamizador de actividades de Docência/Investigação, e represente internacionalmente o país. Só assim será possível alterar de forma significativa a situação actual. Mas esta estrutura tem de ser de facto nacional e não propriedade de uma Universidade a quem as outras como um todo, ou os respectivos docentes, têm de ir prestar vassalagem. Uma tal situação não se coaduna com a noção de autonomia universitária que urge levar às suas últimas consequências, nem com a perspectiva de que as necessidades do todo nacional deverão ser satisfeitas pelo todo e não por uma das suas partes.

A formação de recursos humanos é prioritária nesta área. Mas simultaneamente há que criar os espaços onde eles se vão integrar. Como esta é uma actividade eminentemente universitária, cabe às Universidades definir os espaços de integração permanente de astrónomos no seu seio, e não sob a forma precária de bolseiros. Em suma, as Universidades têm de dizer o que pretendem fazer nesta área, cabendo ao Estado incentivá-las nesse sentido. É possível e desejável ter uma estrutura operacional no ano 2001, o que implica o recurso a Universidades estrangeiras para rapidamente

diminuirmos o nosso atraso, formando novos doutores.

Mas para desenvolver esta área há que abandonar a ideia existente nalguns espíritos de que a Cosmofísica é uma subfísica a ser tutelada por outras áreas mais nobres. Assim a avaliação dos cosmofísicos portugueses visando a sua necessária promoção, não pode ser feita tendo em conta quadros idílicos de oportunidades que não existem, mas sim as condições concretas e difíceis em que exercem a sua profissão e o esforço desenvolvido para alterar este estado de coisas. E como sem essa promoção nunca alteraremos esta situação, há que a fazer no respeito pela dignidade académica, e a necessária individualização das actividades astronómicas.

A formação de recursos humanos não é só na esfera académica. Há que criar quadros técnicos e administrativos, que dêem o apoio indispensável ao desenvolvimento da Astronomia. Estes quadros especializados também com vínculos permanentes e não com contratações precárias, seriam espalhados pelas infraestruturas necessárias e a criar:

— Meios de cálculo com graus diversos de sofisticação;

— Bibliotecas especializadas e uma biblioteca central de referência;

— Oficinas para darem apoio à criação de equipamento para a nossa participação em projectos internacionais de observação e para a implementação do projecto MAGRIÇO;

— Laboratórios para a condução de experiências necessárias à compreensão dos fenómenos cósmicos;

— Estrutura administrativa adequada;

— Espaços físicos absolutamente necessários e sem os quais não é possível pôr investigadores a trabalhar, e.g. a necessidade de edifícios com gabinetes para se poder trabalhar em descanso e proficuamente.

Uma questão da maior importância é o financiamento das actividades astronómicas. Há que garantir os financiamentos adequados. A situação presente exige medidas de excepção, e financiamentos generosos. Uma das áreas a

contemplar com urgência é a do intercâmbio com o estrangeiro, pois esta ausência de verbas não permite minimizar o isolamento científico do país neste domínio, e aqui deverá necessariamente ser incluído: as deslocações ao estrangeiro para acções de vários tipos, e.g. a formação de novos doutores em Universidades estrangeiras, pois tal formação é quase impossível em Portugal; e a contratação de docentes e investigadores estrangeiros que nos ajudem nos nossos propósitos. Neste contexto, o Projecto MAGRIÇO deveria ser assumido como um grande projecto nacional e ser considerado como uma actividade mobilizadora para em conjunto com o desenvolvimento do Instituto Nacional de Cosmofísica modificar de forma determinante a situação da Astronomia em Portugal.

Considerações finais

Chegamos assim ao fim deste trabalho, bastante longo aliás. Falta, no entanto, tratar da extensão cultural, e do apoio a actividades de formação no Ensino Secundário.

No que diz respeito à extensão cultural, ela tem de se processar a dois níveis: reciclagem de professores do Ensino Secundário e divulgação científica. O primeiro aspecto será satisfeito dispondo-se os Departamentos a cooperar com todas as entidades que operam neste campo. A satisfação do segundo aspecto será conseguida se os Departamentos cooperarem a níveis razoáveis com as instituições de astrónomos amadores e promoverem cursos livres de divulgação para o público em geral. Para actividades de formação no Ensino Secundário, será útil que os docentes Universitários se disponham a cooperar com os seus colegas desse grau de Ensino, no sentido de ajudar à formação dos jovens.

Entretanto uma instituição existe particularmente vocacionada para estas actividades, o Planetário Calouste Gulbenkian. Esta instituição não universitária do Ministério da Marinha dedica-se à extensão Cultural e ao apoio à acção formativa das Escolas. No ano de 1988 visitaram-no mais de 2000 professores e 62000 alunos em 100000 visitantes. Ela deveria dis-

por dos meios que lhe permitam uma mais eficaz actuação na formação dos jovens. Assim o seu pessoal deveria ser constituído por professores do ensino secundário de Física a tempo completo, com a missão de receber não só escolas e dar aos alunos formação de Cosmografia Física, mas também o público em geral. O Planetário deveria ainda ter adstrito um Instituto de Investigação Astronómica cujos investigadores seriam em tudo semelhantes aos restantes desta área, e poderiam dar formação aos estudantes do Ensino Superior, e ajudar à reciclagem de professores dos Ensino Básico e Secundário. Desta forma o Planetário estaria muito melhor habilitado a cumprir a sua missão.

Com este plano de acção poder-se-ia dar um forte impulso ao desenvolvimento da Astronomia em Portugal. Necessário se torna criar as condições para que ele seja implementado.

Agradecimentos

A reflexão contida neste trabalho não seria possível sem a colaboração dos colegas que fizeram parte do Grupo de Trabalho da JNICT, em especial o Prof. Paulo Macedo com quem houve uma intensa troca de opiniões em 1985.

Agradeço ainda ao Prof. G. Efstathiou, director do Departamento de Astrofísica da Universidade de Oxford, e à Dr.^a Judith Perry do Instituto de Astronomia da Universidade de Cambridge as valiosas trocas de opiniões em Fevereiro deste ano, numa visita a Inglaterra financiada pelo Projecto ERASMUS.

Uma referência especial de agradecimento ao Prof. A. L. Videira, por comentários críticos.

À SPF agradeço a confiança que em mim depositou ao atribuir-me esta grata tarefa.

Siglas

CAC Clube Astronómico das Canárias;
ESA European Space Agency;
ESO European Southern Observatory;
EVN European VLBI Network;
VLBA Very Large Baseline Array (USA);
VLBI Very Long Baseline Interferometry.

7.^a Conferência Nacional de Física — FÍSICA 90 —

Realiza-se de 24 a 27 de Setembro de 1990, a 7.^a Conferência de Física — FÍSICA 90, em Lisboa. A Conferência decorrerá nas instalações do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa e do Museu Nacional de História Natural, ambos situados no edifício da antiga Escola Politécnica, rua da Escola Politécnica, 56, 1200 Lisboa.

A responsabilidade desta Conferência é da Direcção da Delegação Regional de Lisboa, que tem a seguinte constituição:

Maria Fernanda Cristóvão da Silva, *Presidente*
António Moreira Gonçalves, *Secretário*
Sérgio Costa Ramos, *Tesoureiro*
Teresa Santos Faria, *Vogal*
Ana Maria Freire, *Vogal*

Na organização da Conferência colaboram também os seguintes membros:

Alda Pereira, Eduardo Alves, João Joia da Silva, Jorge Valadares, Luís Rebouta, Luís Teixeira, Maria da Visitação Barbosa, Miguel Reis, Odete Valente, Rui Coelho da Silva, Teresa Peña, Vera Craveira, Vítor Teodoro.

★

Olimpiadas Nacionais de Física - 1990

Decorrerão em Lisboa, em coincidência com a 7.^a Conferência Nacional de Física, de 24 a 27 de Setembro próximo.

Contribuição para o estudo da situação das Ciências Geofísicas em Portugal

JOÃO A. M. CORTE-REAL

Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa

INTRODUÇÃO

Pretendeu a Sociedade Portuguesa de Física (SPF), numa louvável iniciativa, fazer o ponto da situação da Física em Portugal em diversas áreas, incluindo a das Ciências Geofísicas, com base em relatórios aprofundados dessas situações, feitos por personalidades nelas envolvidas e delas, consequentemente, conhecedoras.

O trabalho agora apresentado não deve ser considerado um relatório aprofundado; a execução de um tal relatório teria pressuposto uma disponibilidade de tempo por parte do relator, que se revelou incompatível com as tarefas que tem a seu cargo.

No entanto, pensa-se que este pequeno relatório constitui uma contribuição válida, ainda que modesta, para o apuramento da situação das Ciências Geofísicas em Portugal, no que respeita ao Ensino e Investigação, capaz de corresponder às intenções da SPF de vir a promover um diálogo responsável com os órgãos de poder, tendo em vista a definição de uma política científica, a curto e médio prazos, no domínio em referência.

O trabalho encontra-se organizado da seguinte forma:

1) As instituições consultadas por escrito estão mencionadas no Quadro I; das dezasseis a quem foi solicitada uma resposta a diferentes tópicos versando temas de investigação e de ensino no domínio das ciências geofísicas e suas aplicações, só nove responderam.

2) Os Quadros II e III referem-se à componente investigação; no Quadro II mencionam-se, para cada instituição, as áreas de investigação onde existem projectos, o número de investigadores por área e a sua qualificação i.e. se se tratar de investigadores inseridos na carreira docente universitária ou na carreira

de investigação, ou apenas de simples licenciados; no Quadro III indicam-se (sempre que esses elementos foram fornecidos), por instituição e por área de investigação os projectos em curso, as fontes de financiamento, os montantes de financiamento, a colaboração internacional e o número de publicações em revistas internacionais (incluindo proceedings de Simpósios ou conferências).

Relativamente a algumas das instituições que não responderam à consulta já referida, tentou obter-se informação, ainda que parcial, por forma a completar tanto quanto possível os Quadros II e III; nestes Quadros, constam ainda elementos relativos a Institutos ou Departamentos que não foram objecto de consulta escrita.

3) O Quadro IV procura dar uma panorâmica do Ensino Superior em Ciências Geofísicas em Portugal, incluindo áreas de ensino relevantes para aquelas ciências. Neste Quadro só se referem universidades.

SIMBOLOS UTILIZADOS

| | |
|--------|---|
| BC | British Council |
| CGUL | Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa |
| CIEMAT | Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas |
| CCE | Comissão das Comunidades Europeias |
| DFUL | Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa |
| DGQA | Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente |
| EDP | Electricidade de Portugal |
| ESF | European Science Foundation |
| FCG | Fundação Calouste Gulbenkian |
| IGIDL | Instituto Geofísico do Infante D. Luís |
| IGUP | Instituto Geofísico da Universidade do Porto |
| IH | Instituto Hidrográfico |
| INIC | Instituto Nacional de Investigação Científica |

| | |
|--------|---|
| INIP | Instituto Nacional de Investigação das Pescas |
| ISA | Instituto Superior de Agronomia |
| IST | Instituto Superior Técnico |
| JNICT | Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica |
| LNEC | Laboratório Nacional de Engenharia Civil |
| NATO | Organização do Tratado do Atlântico Norte |
| OE | Orçamento de Estado |
| PIDDAC | Plano de Despesas de Desenvolvimento da Administração Central |
| SEARN | Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais |
| SEES | Secretaria de Estado do Ensino Superior |
| SNPC | Serviço Nacional de Protecção Civil |
| SEVC | Secretaria de Estado das Vias de Comunicação |
| UAlg. | Universidade do Algarve |
| UAv. | Universidade de Aveiro |
| UE | Universidade de Évora |
| UM | Universidade do Minho |
| UNL | Universidade Nova de Lisboa |
| UP | Universidade do Porto |
| UTAD | Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro |

QUADRO I

| Instituições Consultadas | Abrevia-turas | Data da Resposta |
|---|---------------|------------------|
| Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa | CGUL | — |
| Universidade do Minho | UM | — |
| Instituto Superior Técnico | IST | — |
| Universidade Nova de Lisboa | UNL | — |
| Universidade do Porto (Instituto Geofísico) | UP(IGUP) | 89.04.27 |
| Universidade de Évora | UE | 89.05.31 |
| Instituto Superior de Agronomia | ISA | 89.04.13 |
| Departamento de Mineralogia e Geologia da Universidade de Coimbra | DMGUC | — |
| Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro | UTAD | 89.05.08 |
| Universidade de Aveiro | UAv. | 89.05.09 |
| Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa | DGFCUL | — |
| Universidade do Algarve | UAlg. | 89.04.27 |
| Instituto Nacional de Investigação das Pescas | INIP | 89.04.04 |
| Laboratório Nacional de Engenharia Civil | LNEC | 89.04.24 |
| Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente | DGQA | — |
| Instituto Hidrográfico | IH | 89.04.24 |

Não foram explicitamente consultados o Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (DFUL) e o Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) em virtude do conhecimento que de ambas as instituições o relator possui.

INVESTIGAÇÃO — COMENTÁRIOS

Um primeiro aspecto a salientar no que se refere a investigação no domínio das Ciências Geofísicas é a ausência de Programas Nacionais que fixem as áreas de investigação consideradas fundamentais, os temas a bordar em cada uma, e os montantes a disponibilizar para financiamento. Reconhece-se a existência de sinais de mudança no sentido de modificar para melhor esta situação; é preciso no entanto ter em atenção que Programas de Investigação em Ciências Geofísicas não se identificam necessariamente a Programas de Investigação no domínio do Ambiente (caso, por exemplo, da climatologia).

Apesar disso, a comunidade científica no domínio em apreço é activa e, como o mostram os Quadros II e III, quer nas Universidades quer nos Laboratórios de Estado, as áreas de investigação presentemente contempladas, bem como os projectos nelas inseridas, revelam bem como os investigadores portugueses acompanham o esforço de investigação que tem lugar em países bem mais desenvolvidos que o nosso, com os quais, aliás, é mantida estreita colaboração, quer a nível individual quer através da inserção portuguesa nos grandes Programas Comunitários.

Os aspectos mais salientes que os Quadros II e III evidenciam e que decorrem, por vezes, da já referida ausência de Programas Nacionais de Investigação podem sumariar-se como segue:

1) São as instituições que definem a investigação que fazem; se a esta circunstância não estiver associada uma colaboração estreita entre elas, isso poderá significar uma fraca rentabilidade de recursos humanos, materiais e financeiros, o que é tanto mais grave quanto certas actividades de investigação exigem equipamento

QUADRO II

| Instituição | Áreas de investigação | Número de investigadores | Qualificação | | |
|-------------|---|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | | Carreira docente universitária | Carreira de investigação | Licenciatura |
| CGUL/DFUL | Meteorologia/Climatologia | 10 (4 doutorados) | 8 | — | 2 |
| | Oceanografia | 9 (3 doutorados) | 6 | — | 3 |
| | Geofísica Interna | 13 (5 doutorados) | 8 | — | 5 |
| UP-IGUP | Geofísica: Paleomagnetismo e Magnetismo das Rochas | 4 (1 doutorado) | 1 | — | 3 |
| | Áreas de desenvolvimento: | | | | |
| | Sismologia | 2 | — | — | 2 |
| | Meteorologia | 2 | — | — | 2 |
| UE | Teledetecção | 2 | — | — | 2 |
| | Climatologia e Ambiente | 3 (2 doutorados) | 3 | — | — |
| | Física da Energia | 2 (1 doutorado) | 1 | — | 1 (Grau de Mestre) |
| | Geotermia | 2 | 2 | — | — |
| | Sismologia | 1 | 1 | — | — |
| ISA | Micrometeorologia: (Modelação da interacção de culturas florestais com a atmosfera e a radiação) | 1 | 1 | — | — |
| | Agrometeorologia (Clima de Estufas) | 3 (2 doutorados) | 3 | — | — |
| UTAD | Micrometeorologia: (Interacção solo-atmosfera) e Climatologia | 3 (2 doutorados) | 3 | — | — |
| UAv. | Elementos Gasosos e Modelação da Dispersão Atmosférica | 9 (1 doutorado) | 2 | 1 | 6 |
| | Climatologia e Ambiente/Hidrologia | 4 (2 doutorados) | 1 | — | 3 |
| INIP | Hidrologia e Oceanografia | 15 | — | 10 | 5 |
| | Hidroclimatologia | 1 | — | 1 | — |
| | Aplicações da Teledetecção | 5 | — | 3 | 2 |
| LNEC | Hidrologia Urbana | 2 | — | 2 | — |
| | Climatologia | 6 (1 doutorado) | — | 5 | 1 |
| IH | Oceanografia Física | 7 | — | — | 7 |
| | Dinâmica de Costas e Estuários | 30 | — | — | 30 |
| | Química e Poluição | 16 | — | — | 16 |
| | Bases de Dados Oceanográficos | 1 | — | — | 1 |
| INMG | MAR | 12 | — | — | 1 |
| | Micrometeorologia | 9 | — | — | 11 |
| | Climatologia | 9 (1 doutorado) | 1 | — | 10 |
| | Aeronomia | 1 | — | — | 1 |
| | Geotermia | 3 | — | — | 2 |
| | Sismologia | 4 | — | — | 3 |
| | Geomagnetismo | 2 | — | — | 1 |
| | Teledetecção e Aplicações | 3 | — | — | 3 |

QUADRO III

| Instituição | Áreas de investigação | Projectos | Fontes de financiamento | Montante de financiamento (contos) | Colaboração internacional | Publicações em revistas internacionais |
|-------------------|---------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|
| CGUL/DFUL | Meteorologia/Climatologia | Climatologia da Radiação Solar em Portugal | INIC | — | — | — |
| | | Distribuição Espectral (Turvação Atmosférica) | INIC | — | — | — |
| IGIDL | Meteorologia/Climatologia | Energética da Atmosfera à Escala Global | INIC | — | — | — |
| | | Circulações Atmosféricas de Mesoescala | INIC | — | — | — |
| | | Dinâmica do Ciclo Hidrológico | CCE | 8000 | Escola Politécnica, Paris | — |
| | | Varição Interanual e Intranual do Fluxo de Vapor de Água na Área Mediterrânica | DGQA | 6000 | — | — |
| | | Estação Padrão de Climatologia Urbana | DGQA | 4000 | — | — |
| | Oceanografia | Clima Luminoso de Portugal Continental (Coordenação do LNEC) | INIC | — | — | — |
| | | Oceanografia de Estuários | INIC | — | — | — |
| | | Processos Físicos no Afloramento Costeiro de Portugal | INIC | — | — | — |
| | | Estrutura e Dinâmica da Água Mediterrânica ao largo da Costa Portuguesa | NATO | <100000 | — | — |
| | | Oceanografia por Satélite (SATOCEAN) | JNICT | 8990 | — | — |
| Ciências do MAR | | Resposta Dinâmica do Estuário do Tejo às acções forçadoras | JNICT | 11760 | — | — |
| | | Interação corrente de Portugal — Afloramento Costeiro (CORPAC) | JNICT | 4500 | — | — |
| | | Oceanografia e Clima do Atlântico Norte: a ZEE Portuguesa | JNICT | 12100 | — | — |
| Geofísica Interna | | Sistema de Recepção, Processamento e Análise de Dados Oceanográficos obtidos com Satélite | INIC | — | — | — |
| | | Ondas Superficiais | INIC | — | — | — |
| | | Inversão Sísmica | INIC | — | — | — |
| | | Radiação Sísmica | INIC | — | — | — |
| | | Avaliação de Recursos Geotérmicos | INIC | — | — | — |
| | | Modelo Hidrológico Cárstico | INIC | — | — | — |
| | | Estudo Paleomagnético das Ilhas do Atlântico e Portugal Continental | INIC | — | — | — |

QUADRO III (Continuação)

| Instituição | Áreas de investigação | Projectos | Fontes de financiamento | Montante de financiamento (contos) | Colaboração internacional | Publicações em revistas internacionais | |
|-------------|--|--|-------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| UP-IGUP | Paleomagnetismo e Magnetismo das Rochas | Levantamento Aeromagnético de Portugal(Açores) | INIC | — | — | — | |
| | | Fluxo de Calor Terrestre em Portugal (Anomalias Gravimétricas da Orla Sedimentar Algarvia) | INIC | — | — | — | |
| | | Geodinâmica Teórica | INIC | — | — | Instituições Europeias | — |
| | | Avaliação de Recursos Geotérmicos entre Lamego e Vila Verde da Raia | CCE | — | — | Instituições Europeias | — |
| | | ILIHIA (Sub Projecto do European Geotraverse) | CCE | — | — | Dept. ^a Oceanografia Univ. Southampton | 2 |
| UE | Climatologia, Ambiente e Física da Energia | Dinâmica de Movimentos Tectónicos na Península Ibérica | UP | — | — | — | |
| | | Datação comparativa dos maciços eruptivos de Monchique, Sines e Sintra por meios paleomagnéticos | BC | 6500 | Participação no European Geotraverse | — | |
| | | Análise magnética de rochas eruptivas de Monchique, Sines e Sintra | ESF | — | — | — | |
| | | Climatologia de Estufas | UE JNICT FCG | 500 6000 | — | — | |
| | | Termodinâmica dos processos de transferência de energia e massa em meios porosos | UE | 500 | — | — | |
| ISA | Agrometeorologia | Actividade sísmica permanente e determinação da carta de fluxo de calor da zona sul do País | UE | 600 | — | — | |
| | | Clima de Estufas (em colaboração com INMG) | ESF | — | Colaboração no European Geotraverse Project | — | |
| | | Contribuição para o estudo da cobertura biofísica da região norte do País com recurso à teledetecção. Definição de met. de classificação automática. | PIDDAC JNICT | — 3810 | — | — | |
| UTAD | Micrometeorologia e Climatologia | Processos e Mecanismos Físicos de Transf. de Calor e Humidade na Camada Limite Planetária | JNICT | 6600 | — | — | |

QUADRO III (Continuação)

| Instituição | Áreas de investigação | Projectos | Fontes de financiamento | Montante de financiamento (contos) | Colaboração internacional | Publicações em revistas internacionais |
|-------------|---|--|---|------------------------------------|---|--|
| UAV. | Efluentes Gasosos e Modelação da Dispersão Atmosférica | Modelos Matemáticos da Qualidade do Ar | DGQA DEARN SEVC | 28050 | ENDESA, Espanha EUOTRAC | 2 |
| | | Impacto Atmosférico de torres de refrigeração de Centrais Térmicas Medição de Efluentes Gasosos Dispersão de Gases Tóxicos Resultados de um Acidente Industrial Escoamento Potencial Modificado com Difusão (MODIF) Emissão de Compostos Orgânicos pelas Florestas | JNICT EUOTRAC EDP ENDESA, Espanha; Portugal | | | |
| INIP | Climatologia e Ambiente/ /Hidrologia Ciências do MAR Hidrologia e Oceanografia | Efeitos dos Fogos Florestais sobre a Erosão do Solo e a Dinâmica das Bacias Hidrográficas | UAV. CCE | — | Dept.º de Geografia da Universidade de Swansea U.K. | — |
| | | Ria de Aveiro: Estudo multidisciplinar e desenvolvimento de recursos | JNICT | 25000 | — | — |
| | | Oceanografia das Pescas (Física, Química e Biologia): 8 Projectos | OE PIDDAC JNICT CCE | — | Instituto Espanhol de Oceanografia República da Guiné-Bissau | — |
| | Climatologia Aplicações da Teledeteção | Índices de afloramento e agitação do vento | OE JNICT | — | Instituto Espanhol de Oceanografia | — |
| | | Distribuição de Pigmentos de Fitoplankton (Sub-Projecto 4 do Projecto SATOCEAN) Análises Oceanográficas e Produtos para apoio às Pescas (Sub-Projecto 6 do Projecto SATOCEAN) | NATO | — | NATO, U.K., U.S.A. | — |
| | | Rede Nac. de Inf. Cient. e Téc. das Ciênc. do Mar | JNICT | 8000 | — | — |

QUADRO III (Continuação)

| Instituição | Áreas de investigação | Projectos | Fontes de financiamento | Montante de financiamento (contos) | Colaboração internacional | Publicações em revistas internacionais |
|---|---|---|-------------------------|------------------------------------|--|--|
| LNEC | Hidrologia Urbana | Sistemas de drenagem de água residuais | PIDDAC | 5000/6000/ano | Lab. Hidrologia Matemática, Fac. Ciências, Montpellier | |
| | | Caracterização dos mecanismos de transporte de sedimentos em rios portugueses | JNICT | 10900 | Universidade de Ottawa, Univ. Técnica da Dinamarca, Mouse Center | 10 |
| | | Wave Climatology of the Portuguese Coast | PIDDAC | | Univ. Belgrado, IRTUD Center, Instituto Nacional da Água, Nancy, IAWPRC Task Group on RTCUDS | |
| IH | Oceanografia Física Dinâmica de Costas e Estuários Química e Poluição | Preparação e deformação da agitação marítima | NATO | 270000 | Espanha Holanda | |
| | | Valores Extremos de agitação marítima | PIDDAC | 3000 | | |
| | | Acções em estruturas marítimas | PIDDAC | 5000 | | |
| | | Geração de agitação marítima em modelo por acção do vento | PIDDAC | 2500 | | |
| | | Massas de água e dinâmica no Atlântico NE | JNICT | 2350 | | |
| | | Circulação ao largo de Portugal Continental | IH | 882 | | |
| | | Acesso a Portos | IH | 69000 | | |
| | | Agitação Marítima | IH | 7138 | | |
| | | Processos Costeiros | JNICT | 39559 | | |
| | | Sedimentologia da Plataforma Continental | JNICT | 12371 | | |
| Métodos Geofísicos | IH | 58491 | | | | |
| Intercalibrações | IH, Outros | 46782 | | | | |
| Vigilância da Qualidade do Meio Marinho | IH | 849 | | | | |
| | | IH, Outros | 84079 | | | |

QUADRO III (Continuação)

| Instituição | Áreas de investigação | Projectos | Fontes de financiamento | Montante de financiamento (contos) | Colaboração internacional | Publicações em revistas internacionais |
|-------------|-------------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|
| IST | Bases de Dados Oceanográficos | Desenvolvimento de Técnicas de Análise | IH | 6125 | — | 2 |
| | | Centro Nacional de Dados Oceanográficos | JNICT | 12400 | — | |
| | Ciências do MAR | Estudo de fluxos fluviais de contaminantes no meio costeiro | JNICT | 5500 | — | — |
| | | Ciclos biogeoquímicos em sistemas lagunares costeiros. Aplicação à Ria Formosa e simulação laboratorial | JNICT | 10200 | — | — |
| | Ciências do MAR | Modelo não linear de ondas de superfície para zonas costeiras | JNICT | 5000 | — | — |
| | | Modelo hidrodinâmico tridimensional | JNICT | 5000 | — | — |
| | | Aproveitamento da energia das ondas por dispositivo pneumático | JNICT | 4250 | — | — |
| | | Combustão de resíduos florestais com vista ao desenvolvimento de um modelo de propagação de fogos | JNICT | 1545 | — | — |
| | Ciências Agrárias | Utilização da geofísica na detecção da circulação de águas subterrâneas em meios cársticos | JNICT | 2300 | — | — |
| | | Sismotectónica da margem continental oeste-ibérico | JNICT | 15000 | — | — |
| DGFCUL | Hidráulica | Apoio Meteorológico Estudo Radiopropagação | PIDDAC | 6138 | 1 | — |
| | | Apoio Meteorológico Estudo Propagação radiação Electromagnética | JNICT | 7350 | 2 | — |
| INMG | Aeronomia | Investigação Meteorológica Int. Efeito de Estufa | PIDDAC | 29680 | — | — |
| | | Ciclos Regionais Poluentes Atmosféricos Área Mediterrânica | CCE | — | 3 | — |
| | Ambiente | Medalus (Mediterranean, Desertification and Land use) | CCE (EPOCH) | — | 4 | — |
| | | Clima e Risco de Desertificação no SW da Pen. Ibérica | CCE (EPOCH) | 5400 | 5 | — |
| | Climatologia | Observação e Estudo Anidrido Carbónico na Atmosfera | JNICT | 10300 | — | — |
| | | Estudo Camada Ozono na Atmosfera | JNICT | 47080 | — | — |

QUADRO III (Continuação)

| Instituição | Áreas de investigação | Projectos | Fontes de financiamento | Montante de financiamento (contos) | Colaboração internacional | Publicações em revistas internacionais |
|-------------|--------------------------|---|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|
| | Geomagnetismo | Levantamento Geomagnético de Portugal | PIDDAC | 153314 | 6 | — |
| | Geotermia | Est. Anom. Grad. Geot. Med. Fluxos Calor T. Cont. e Açores | PIDDAC | 26162 | 7 | — |
| | Mar | Avaliação Recursos Geométricos entre Lamego e Vila Verde Raia | CCE | | 8 | — |
| | Micrometeorologia | Meteorologia Marítima | PIDDAC | 76389 | 9 | 3 |
| | | Vulcano | PIDDAC | 18400 | 10 | — |
| | | Parâmetros de Risco nos Aeroportos | PIDDAC | 86450 | — | — |
| | | Climatologia Urbana | PIDDAC | 12415 | — | — |
| | | Investigação da Estrutura Termomecânica da Baixa Tropicosa | JNICT | 5600 | — | — |
| | | Investigação Regime Estrutura Brisas Costeiras | PIDDAC | 6000 | — | — |
| | Radar Hidrometeorológico | Estudos Aspectos Hidrom. Previsão Hidrológica | PIDDAC | 168604 | — | — |
| | Recursos Energéticos | Estudo das Potencialidades Anemoenergéticas | PIDDAC | 16365 | — | — |
| | Sismologia | Rede Transferência rápida de Dados Sísmicos além fronteiras | CCE | | 11 | — |
| | | Sismicidade histórica no Golfo de Cádiz | CCE | 4500 | 12 | — |
| | | Homogeneização das Redes Móveis de Registo Sísmico | CCE | | 13 | — |
| | | Ilihia | CCE | 17460 | 14 | — |
| | | Catálogo Sísmico Nacional | PIDDAC | 10163 | — | — |
| | | Risco e Efeitos de Tsunamis na Europa | CCE | | 15 | — |
| | Teledeteção | Classificação dados NOAA/AVHRR segundo Ocupação Solo | CCE | 12000 | — | — |
| | Vulcanologia | Vigilância Vulcanológica dos Açores | PIDDAC | 11812 | — | — |

1 NATO (Agard); CNRS (França); CNET (França); INPE (Brasil); IRMB (Bélgica). 8 Centro Geofísico de Garchy, França.

2 NATO (Agard); CNRS (França); CNET (França); INPE (Brasil); IRMB (Bélgica). 9 Wam Group, Ioc, Projecto Egos.

3 CIEMAT (Espanha); CNR (Itália); CEA (França). 10 Univ. Pavia.

4 Univ. Bristol; Univ. East-Anglia; Univ. Amsterdam; Univ. Múrcia; 11 British Geological Survey e Univ. Europeias.

Univ. Tessalonica.

5 Univ. Bristol.

6 Instituto Física do Globo (Paris).

7 Univ. Montpellier, Univ. Catalunha.

12 Instituto Geofísica Litosfera, Italia; Outras Instituições Europeias.

13 Instituto Geofísico Univ. Karlsruhe e Univ. Europeias.

14 Instituto Geográfico Nacional de Espanha; Outras Instituições Europeias.

15 Instituto Hidrológico de Copenhaga; Outras Instituições Europeias.

caríssimo e somas consideráveis para a sua efectivação; sabe-se que, infelizmente, esta situação não é infrequente.

2) Algumas instituições dedicam-se a uma grande variedade de temas de investigação, os quais ficam à responsabilidade de grupos sem massa crítica e que muito dificilmente conseguirão atingir um bom nível de eficiência na sua actividade.

3) Casos há em que, grupos com reduzido número de investigadores a tempo inteiro, têm a seu cargo um elevado número de projectos, alguns objectos de financiamento considerável, não sendo crível que os objectivos previamente fixados possam, de facto, vir a ser atingidos, e que a utilização dos montantes atribuídos possa ser integralmente justificada.

A este respeito, deve notar-se a quase total ausência de avaliação dos resultados da investigação e da forma como foi gerida.

4) Escassez de pessoal investigador inserido na carreira de investigação e/ou inexistência desta carreira em instituições onde existe actividade de investigação por vezes de bom nível; número reduzido de doutorados.

5) É apenas no CGUL/DFUL e no INMG que se pratica investigação em todas as grandes áreas das ciências geofísicas, a meteorologia, a climatologia, a oceanografia e a geofísica interna e externa, sendo que, em cada área são cobertos diferentes temas de reconhecida importância.

Cabe ainda referir:

a) a DGOA, como entidade financiadora de investigação no domínio do Ambiente;

b) a Secção Autónoma de Mecânica de Fluidos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, que tem vindo a desenvolver um esforço de investigação muito meritório sobre a temática dos fogos selvagens (incêndios florestais);

c) o Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores do qual se espera contribuição científica de bom nível;

d) o LNETI, onde existe investigação no domínio da teledeteção.

ENSINO SUPERIOR

Da análise do Quadro IV e seus Anexos pode concluir-se que, relativamente ao Ensino no domínio da Geofísica, a situação é a seguinte:

1) Apenas no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa existe uma licenciatura em Ciências Geofísicas; esta licenciatura engloba as seguintes áreas de especialização: Meteorologia, Oceanografia e Geofísica Interna.

É, em Portugal, a única licenciatura em que o Ensino no domínio da Geofísica se processa de forma sistematizada e encadeada e que é assegurada por um corpo docente de especialistas nas três áreas referidas.

Convém salientar que o número de licenciados/ano é escasso e de forma alguma satisfatório para as necessidades do país.

Além disso, nem mesmo no DFUL se encontra a funcionar um curso de mestrado em Ciências Geofísicas, embora a sua criação tenha sido proposta, aprovada e publicada no Diário da República há já alguns anos.

Esta total ausência de estudos graduados em ciências geofísicas é um dos aspectos mais preocupantes da situação actual, que se reflecte no escassíssimo número de doutores que saem das universidades portuguesas por ano.

2) Na Universidade de Aveiro existe uma licenciatura em Física da Atmosfera à qual, no entanto, quer pelo conteúdo das disciplinas que a integram quer pela natureza do corpo docente que a serve, quer ainda pelo número de licenciados que dela provêm, não pode ser atribuído o mesmo valor e impacto formativos que à primeira.

3) Nos restantes estabelecimentos de Ensino Superior existem apenas cadeiras isoladas com relevância ou pertencentes à área da Geofísica, as quais integram diferentes tipos de licenciaturas e exigem, em maior ou menor grau formação prévia em Física e Matemática.

Neste grupo, deve também incluir-se o Instituto Superior Técnico, em virtude de nele se ministrarem disciplinas ligadas à Hidrologia e à Mecânica de Fluidos, área em que existe mestrado.

QUADRO IV

| Instituição | Licenciatura em Ciências Geofísicas | Outras Licenciaturas possuindo Disciplinas Isoladas c/ relevância em Geofísica | N.º de Licenciados (últimos 5 anos) | Pós-Graduação | Número de Mestres ou Doutores (últimos 5 anos) |
|-------------|--|--|-------------------------------------|---------------|--|
| DFUL | Licenciatura em Ciências Geofísica com 3 áreas: Meteorologia, Oceanografia, Geofísica Interna (Ver Anexo IV.1) | — | | | |
| UP | — | <ul style="list-style-type: none"> —Licenciatura em Geologia e Engenharia Geográfica: Disciplina de Elementos de Geofísica —Licenciatura em Física e Matemática Aplicada: Disciplina de Geofísica —Licenciatura em Geografia: Disciplina de Climatologia Física (clima urbano) | 28 | — | 4 Doutores |
| UF | — | <ul style="list-style-type: none"> —Licenciatura em Ensino da Física e Química: Disciplinas de Física do Meio Ambiente —Licenciatura em Engenharia Biofísica: Disciplina de Climatologia —Departamento de Geociências: Disciplina de Mesologia | — | — | 1 Mestre |
| UAv. | — | <ul style="list-style-type: none"> —Licenciatura em Física: Ramo Atmosfera (Ver Anexo IV.2) —Licenciatura em Eng. do Ambiente (Ver Anexo IV.2) —Licenciatura em Engenharia Geológica: Disciplina de Fotogeologia e Detecção Remota | 6 | — | — |
| UNL | — | <ul style="list-style-type: none"> —Licenciatura em Engenharia do Ambiente: Disciplinas de Climatologia e Ciências da Terra I —Licenciatura em Geografia e Planeamento Regional: Disciplinas de Geografia Física, que inclui tópicos em Climatologia e Meteorologia, e Quadro Físico e Planeamento, que inclui tópicos em Hidrologia e Riscos Naturais | 53 | — | — |
| | | | 6 | — | — |
| | | | — | — | — |

ANEXO IV.1

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS GEOFÍSICAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

| Nome das Disciplinas | Tipo | Créditos | Coefficiente de Ponderação |
|---|--------------|----------|----------------------------|
| 1.º Ano | | | |
| História das Ideias em Física | Anual | 6,5 | 6,5 |
| Matemáticas Gerais I | 1.º semestre | 4 | 4 |
| Álgebra Linear | 1.º semestre | 4 | 4 |
| Introdução à Física Experimental | 1.º semestre | 3 | 3 |
| Matemáticas Gerais II | 2.º semestre | 4 | 4 |
| Análise Matemática I | 2.º semestre | 4 | 4 |
| Mecânica I | 2.º semestre | 5,5 | 5,5 |
| 2.º Ano | | | |
| Análise Matemática II | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Probabilidades e Estatística | 1.º semestre | 2,5 | 2,5 |
| Mecânica II | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Electromagnetismo I | 1.º semestre | 5 | 5 |
| Física Experimental I | 1.º semestre | 1,5 | 3 |
| Programação e Análise Numérica | 2.º semestre | 2,5 | 2,5 |
| Termodinâmica e Teoria Cinética | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Introdução à Física Moderna | 2.º semestre | 4,5 | 4,5 |
| Electromagnetismo II | 2.º semestre | 4 | 4 |
| Física Experimental II | 2.º semestre | 1,5 | 3 |
| 3.º Ano | | | |
| Electrónica | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Técnicas Matemáticas da Física I | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Geofísica I | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Oceanografia I | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Meteorologia I | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Técnicas Matemáticas da Física II | 2.º semestre | 3 | 3 |
| Geofísica II | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Oceanografia II | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Meteorologia II | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Mecânica dos Meios Contínuos | 2.º semestre | 3 | 3 |
| 4.º Ano | | | |
| Geologia Geral | 1.º semestre | 4 | 4 |
| Complementos de Análise Numérica | 1.º semestre | 2,5 | 2,5 |
| Física dos Recursos Hídricos I | 1.º semestre | 3 | 3 |

ANEXO IV.1 (Continuação)

| Nome das Disciplinas | Tipo | Créditos | Coefficiente de Ponderação |
|---|--------------|----------|----------------------------|
| Opção A (a): | | | |
| 1) Meteorologia Sinóptica e Previsão do Tempo | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 2) Dinâmica Avançada dos Flúidos | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Opção B (a): | | | |
| 1) Oceanografia Dinâmica I | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 2) Dinâmica Avançada dos Flúidos | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Opção C (a): | | | |
| 1) Prospecção Geofísica I | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 2) Complementos de Electromagnetismo | 1.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Elementos de Química Física | 2.º semestre | 3 | 3 |
| Física dos Recursos Hídricos II | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| Opção A (a): | | | |
| 1) Meteorologia Dinâmica | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 2) Teorias do Clima | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 3) Dinâmica da Atmosfera | 2.º semestre | 3 | 3 |
| Opção B (a): | | | |
| 1) Oceanografia Dinâmica II | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 2) Oceanografia Costeira | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 3) Interação Oceano-Atmosfera | 2.º semestre | 3 | 3 |
| Opção C (a): | | | |
| 1) Prospecção Geofísica II | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 2) Elasticidade e Plasticidade | 2.º semestre | 3 | 3 |
| 3) Ciência dos Materiais I | 2.º semestre | 3,5 | 3,5 |
| 5.º Ano | | | |
| Estágio profissionalizante | Anual | | |

(a) Escolher a mesma opção (A, B ou C) em cada semestre.

4) Não sendo embora estabelecimentos de Ensino Superior, merecem no entanto ser referidos como relevantes para a formação avançada nos domínios da Meteorologia e Oceanografia, respectivamente o Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) e o Instituto Hidrográfico (IH).

O INMG assegura a licenciados com formação adequada em Física e Matemática, estágios para meteorologista de Classe I (de acordo com as normas e curricula indicados pela Organização Meteorológica Mundial) que incluem formação geral e especialização.

No IH, Escola de Hidrologia e Oceanografia, é ministrado um Curso de Especialização em Hidrografia com a duração de um ano lectivo, creditado com grau «A» das Normas Internacionais de Competência dos Hidrógrafos, da Federação Internacional de Geómetras e da Organização Hidrográfica Internacional; este curso é completado com o mestrado em Oceanografia, a obter na «Naval Post-Graduate School» em Monterey, Califórnia, com a duração de dois anos e que inclui a apresentação e discussão de uma tese, ao qual se segue um período de 6 meses destinado à

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

Disciplinas relevantes ou pertencentes à área da Geofísica.

A) *Licenciatura em Física — Ramo Atmosfera*

- Química da Atmosfera;
- Termodinâmica da Atmosfera;
- Meteorologia Dinâmica;
- Meteorologia Física;
- Oceanografia;
- Instrumentação e Métodos de Observação;
- Interação Oceano-Atmosfera;
- Climatologia Geral;
- Complementos de Oceanografia;
- Aquisição e Processamento de Dados Atmosféricos;
- Química da Baixa Atmosfera;
- Hidrometeorologia;
- Energia Solar e Eólica;
- Física da Alta Atmosfera.

B) *Licenciatura em Engenharia do Ambiente*

- Física da Atmosfera e Climatologia;
- Poluição Atmosférica I;
- Poluição Atmosférica II.

Outros temas desenvolvidos na licenciatura: Qualidade da Água e Resíduos Sólidos.

execução de um projecto de investigação numa área específica sob a orientação e acompanhamento do IH.

Em qualquer dos casos, o número de formados nos últimos 5 anos é diminuto, da ordem de 4 no IH, e nenhum no INMG, onde decorre presentemente um estágio de Classe I para 7 licenciados.

A terminar esta breve síntese, convém ter em conta que só uma análise cuidada, caso a caso, de curricula, corpo docente e meios disponíveis, poderá permitir uma avaliação realista da situação, no que se refere ao ensino da Geofísica em Portugal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Ciências Geofísicas constituem um difícil e importante ramo do saber e, conseqüentemente, são objecto de intensa investigação fundamental; por outro lado, as implicações que os resultados de investigação podem ter no bem-estar das pessoas e nas actividades sócio-económicas confere-lhes um forte carácter de ciências aplicadas, entrando por vezes no domínio do operacional; ambos os aspectos requerem sistemas sofisticados de observação e tratamento de dados, apoiados por uma tecnologia avançada que englobe os sistemas automáticos, os sistemas informáticos e os sistemas de telecomunicações.

Em Portugal tem-se verificado um progresso considerável, ainda que insuficiente, no desenvolvimento daquelas ciências; no entanto muito há ainda a realizar, através do esforço concertado dos órgãos de poder e da comunidade técnico-científica.

Neste esforço, parece-nos, os dois aspectos essenciais a ter em conta são:

1) Definição de Programas Nacionais de Investigação, que perspectivem correctamente as Ciências Geofísicas, sem as confundir com as Ciências do Ambiente.

2) Necessidade imperiosa de formação avançada de recursos humanos, técnicos e de investigação, que garantam a qualidade do trabalho a desenvolver nas Universidades, nos Laboratórios de Estado e, num futuro já não muito distante nas Empresas, bem como independência em relação ao exterior.

ÓRGÃOS REGIONAIS DA S.P.F.

Em Janeiro de 1990 foram eleitos os membros dos órgãos das Delegações Regionais para o triénio 1990-92.

A Gazeta de Física publicará no próximo número as listas eleitas pelas Delegações de Lisboa, Porto e Coimbra.

Física 90

7ª Conferência Nacional de Física

Lisboa, 24 - 27 Setembro 1990

Organização: Delegação Regional SPF de Lisboa

Comunicações: * Em todas as áreas da Física, e noutras áreas em que a Física tenha um papel relevante.
* Na maior parte apresentadas sob a forma de cartazes, expostos durante toda a conferência.
* Um número limitado de comunicações será seleccionado para apresentação oral.

Exposições: De livros, material e equipamento de interesse científico e didáctico.

Conferências Convidadas: Por cientistas e professores nacionais e estrangeiros.

Actividades dirigidas ao Ensino Secundário:

- * Palestras convidadas, no âmbito do desenvolvimento curricular e extra-curricular, interacção Física/Sociedade e Filosofia da Ciência.
- * Oficinas Pedagógicas.
- * Estações laboratoriais: apresentação de abordagens experimentais inovadoras, desenvolvidas pelos professores.
- * Filmes e vídeos didácticos.

Comissão Científica: Henrique Machado Jorge, Filipe Duarte Santos, Nuno Ayres de Campos, João Bessa e Sousa, Jorge Valadares, José Brochado Oliveira, José Carvalho Soares, Fernando Costa Parente.

Comissão Organizadora: Alda Pereira, Ana Freire, António M. Gonçalves, Eduardo Alves, João Jóia da Silva, Jorge Valadares, Luis Rebouta, Luis Teixeira, M.F. da Silva, M. da Visitação Barbosa, Miguel Reis, Odete Valente, Rui Coelho da Silva, Sérgio Ramos, Teresa Santos Faria, Teresa Peña, Vera Craveiro Reis, Vítor Teodoro.

Aceitação de comunicações: até 31 Maio 1990

Inscrições: até 31 Maio 1990 - 2500 Esc. (sócios SPF, SQP, SPM), 1000 Esc. (estudantes sócios SPF), 2000 Esc. (estudantes não sócios SPF), 4500 Esc. (não-sócios)
após 31 Maio 1990 - agravamento de todos os preços em 1000 Esc.



VOL. 13 • FASC. 1 • JANEIRO 1990

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Editorial | 1 |
| Panorama da Investigação em Física da Matéria Condensada em Portugal | 3 |
| <i>Manuel Amaral Fortes</i> | |
| Física Nuclear em Portugal | 10 |
| <i>José Nuno Dias Urbano</i> | |
| A Física das Altas Energias em Portugal | 16 |
| <i>Jorge Crispim Romão</i> | |
| Física Atómica e Molecular em Portugal — 1989 | 22 |
| <i>Fernando Costa Parente</i> | |
| Óptica em Portugal — 1990 | 27 |
| <i>J. M. Rebordão</i> | |
| Situação actual da Investigação sobre Física dos Plasmas em Portugal | 32 |
| <i>José Artur da Costa Cabral</i> | |
| Astronomia em Portugal : O desenvolvimento necessário | 51 |
| <i>A. A. da Costa</i> | |
| Contribuição para o estudo da situação das Ciências Geofísicas em Portugal | 59 |
| <i>João A. M. Corte-Real</i> | |