



Número especial
50 anos do
Reactor Português de Investigação

Índice

- artigo geral
2 **Breves notas de introdução à sessão comemorativa do 50^o**
Aniversário da inauguração do Reactor Português de Investigação
Frederico Carvalho
- artigo geral
4 **A Pré-História do**
Reactor Português de Investigação
Júlio Pistachini Galvão
- artigo geral
8 **Transcrição da Intervenção**
do Dr. António Ramalho e do Prof. Cândido Marciano da Silva
- artigo geral
14 **Meio século de estudos de reactores nucleares em Portugal.**
Que estratégias?
Jaime da Costa Oliveira
- galeria
22 **Momentos da pré-história**
e história do RPI
- entrevista
24 **Entrevista:** James Kakalios
Gonçalo Figueira
- gazeta ao laboratório
26 **Pêndulo** Mundial
Horácio Fernandes
- sala de professores
29 **Utilização do Faulkes Telescope Project** na escola
Miguel Neta
- notícias
31 **Notícias**
- crónicas
32 **O Reactor Nuclear** Português
Carlos Fiolhais

No dia 27 de Abril de 1961 foi inaugurado, com grande destaque nacional, o Laboratório de Física e Engenharia Nucleares (LFEN) da Junta de Energia Nuclear, cuja construção tinha sido iniciada em Julho de 1957 num terreno de dez hectares junto da Estrada Nacional 10, a cerca de dois quilómetros de Sacavém. Três dias antes da inauguração, um grupo de jovens físicos e engenheiros, liderados por António Ramalho, começou a longa tarefa de alcançar a primeira criticidade do Reactor Português de Investigação (RPI), com a ajuda de David Anderson da firma AMF Atomics, fabricante do reactor.

Cinquenta anos depois da inauguração do LFEN, a 27 de Abril de 2011, reuniram-se numa pequena cerimónia no Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN) alguns dos que tornaram possível a construção do RPI e a sua operação em segurança desde 1961. Na primeira sessão, intervieram Frederico Gama Carvalho, que presidiu, Júlio Pistacchini Galvão, António Gonçalves Ramalho, Cândido Marciano da Silva, e Jaime da Costa Oliveira. Os seus testemunhos são reproduzidos neste número temático da Gazeta de Física. Atrevo-me a dizer que as ausências mais sentidas nesta primeira sessão foram as do Dr. Carlos Cacho, primeiro Director-Geral do LFEN, falecido em 1976, e do Eng. João Baptista Menezes, responsável pela operação do RPI durante mais de 30 anos, falecido em 1997.

Aos participantes da cerimónia do 50º aniversário do RPI foram distribuídos estojos com pequenos discos de grafite da coluna térmica do reactor. Não sendo uma ideia original, pois o Argonne National Laboratory fez, há alguns anos, estojos semelhantes



com grafite do reactor CP-1 de Enrico Fermi, representa que para nós o RPI não é menos importante que o primeiro reactor construído pelo Homem.

As circunstâncias ditaram que este número da Gazeta de Física apenas seja editado já depois da integração do ITN no Instituto Superior Técnico (IST), da Universidade Técnica de Lisboa, ocorrida em Março de 2012.

Por ocasião da inauguração do novo núcleo de baixo enriquecimento do RPI, em 2007, tive ocasião de dizer que, ao ser responsável pela operação e exploração do RPI, sentia ter herdado um sonho. Hoje, esse sonho continua bem vivo, com novas perspectivas abertas pelo enquadramento numa instituição de ensino superior com a dimensão e o prestígio do IST.

José Marques,
Responsável pela Operação e Exploração do RPI

Ficha Técnica

Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 45 – 3º Esq.
1050-187 Lisboa
Telefone: 217 993 665

Equipa

Gonçalo Figueira (Director Editorial)
Carlos Herdeiro (Editor)
Filipe Moura (Editor)

Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais, Constança Providência

Colaboraram também neste número

Frederico Carvalho, Horácio Fernandes, Jaime da Costa Oliveira,
José Marques (Editor convidado), Júlio Pistacchini Galvão, Miguel Neta

Design / Produção Gráfica

Dossier, Comunicação e Imagem
www.dossier.com.pt
NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.800 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

Breves notas de introdução à sessão comemorativa do 50^o Aniversário da inauguração do Reactor Português de Investigação

Frederico Carvalho

Muito boas tardes, caros amigos e colegas. Em primeiro lugar, a minha satisfação por estar aqui hoje, convosco, e por me ter sido dada esta oportunidade para orientar, digamos assim, esta primeira sessão, que é uma sessão que nos vai levar de alguma maneira a fazer uma viagem pelo passado, o que é sempre positivo, porque o passado encerra muitas lições que será bom não esquecer quando se olha para o futuro.

O Reactor Português de Investigação é a infraestrutura científico-técnica de maior dimensão existente no País. É parte de um laboratório público cujo lançamento constituiu a seu tempo uma decisão de investimento em instalações e equipamentos num único polo técnico-científico, tomada de uma assentada, que não tem porventura paralelo entre nós. Acresce que o processo, diga-se, simbolicamente, do gabinete ao estirador e do estirador ao terreno, foi concretizado num intervalo de tempo anormalmente curto se comparado com o que parece ser hoje habitual. Acresce que o empreendimento foi delineado à partida com a competência de quem sabe exactamente o que importava fazer nascer e para quê.

À cabeça do projecto e na sua concretização encontrava-se ao leme um homem, de seu nome, Carlos Madeira Cacho, primeiro e único dirigente do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares, alguém que soube levar o barco a bom porto, manobrando habilmente entre escolhos, escolhos físicos mas também escolhos humanos, de carne e osso, perigosos, por vezes, e duros de roer, escolhos que os mais velhos de entre nós conheceram e sabem avaliar. Presto-lhe uma homenagem sentida.

Gostaria de fazer uma breve referência a alguns factos passados que se prendem com as origens do nosso reactor de investigação já que admito poderem não ser conhecidos de alguns dos elementos mais jovens, aqui presentes, presença que saúdo com especial carinho. Representam o futuro em que tenho sólida esperança.

Em Dezembro de 1953, o Presidente dos EUA, Dwight Eisenhower, pronunciou na Assembleia Geral das Nações Unidas um discurso que ficou conhecido como o discurso dos “Átomos para a Paz”. Aí anunciou a decisão de promover as aplicações pacíficas da energia nuclear através de um programa de transferência de conhecimento tecnológico especializado na área nuclear que incluía o apoio à aquisição de reactores nucleares de investigação, programa esse alargado a países menos evoluídos no plano das ciências e tecnologias nucleares, aliás ainda incipientes, e abrangendo também países do então chamado “terceiro mundo”. Portugal foi um dos países contemplados. A contribuição financeira não foi substancial mas o apoio técnico foi-o. Os reactores então em causa eram de um mesmo modelo e é por essa razão que se encontram hoje ainda em vários países, instalações basicamente idênticas ao nosso RPI. Na Grécia, outro dos países contemplados, a potência do seu reactor foi aumentada para 5 MW (era inicialmente 1 MW, como o RPI). Noto de passagem que dois tubos de extracção de feixe instalados no reactor grego, foram projectados aqui e construídos por uma empresa portuguesa.

É curioso saber que os primeiros reactores nucleares construídos no Irão e no Paquistão, foram-no ao abrigo do programa “Átomos para a Paz”. Vejam as voltas que o mundo dá! Ambos foram fornecidos, tal como o RPI e o reactor grego “Demócritos” pela companhia American Machinery and Foundry, que nos anos 50 fabricava bicicletas, e hoje em dia se dedica ao fabrico de bolas de *bowling*.

Termino recordando um pequeno volume de divulgação científica que tem o título “Energia Nuclear” da autoria de Rómulo de Carvalho, publicado em 1962, na sua colecção “Ciência para Gente Nova”. Quase no fim do livrinho, encontra-se um capítulo



Fotografia da mesa. Da esquerda para direita:
Jaime da Costa Oliveira, Júlio Pistachini Galvão, Frederico Gama Carvalho, António Gonçalves Ramalho, Cândido Marciano da Silva.

intitulado “O reactor nuclear português instalado em Sacavém”. Daí respigo a seguinte passagem, marcada por uma sobriedade que faz ressaltar a importância do que transmite: “O reactor foi posto a funcionar pela primeira vez no dia 25 de Abril de 1961 depois de um trabalho fatigante que ocupou todo o dia e toda a noite da véspera, 24, e a madrugada de 25, numa sucessão de vinte e tantas horas. No dia 26 foi o reactor visitado pelos representantes da Imprensa, da Rádio e da Televisão e no dia 27, pelas 10 horas da manhã, foi inaugurado oficialmente,” (fim de citação).

Agradeço a vossa atenção.

Frederico Gama Carvalho
27 de Abril de 2011

Júlio Pistachini Galvão, alguém que desde muito cedo, integrou o pequeno grupo de homens, que deve ser visto como pioneiro da implantação do LFEN no terreno onde veio a nascer e que como tal, ainda muito jovem, partilhou a pesada responsabilidade de transformar o sonho em realidade.

António Gonçalves Ramalho esteve à frente da equipa que naquela primeira noite viu surgir e permanecer ao fundo da piscina do reactor, a luz, encantatória, de um belíssimo azul, que anuncia a estabilidade do fluxo neutrónico vital banhando o coração do reactor. Nessa primeira noite ele teve alguns ajudantes, menor pela parte que me toca mas emocionado. Um deles chama-se **Cândido Marciano da Silva** e dir-nos-á certamente como viveu essa noite.

Apresentações dos membros da Mesa

Jaime da Costa Oliveira, protagonista muito especial ao longo de quase meio século (desde Abril de 1963) do empreendimento singular que hoje assinalamos aqui, alguém cujo percurso profissional se funde e identifica por inteiro com a vida, e as transformações que ao longo do tempo foram acontecendo no campus nuclear de Sacavém, nem todas positivas a meu ver, mas que ele quis e ninguém como ele soube registar, em obra escrita, de forma rigorosa, isenta e completa. Obra que é herança preciosa para os que vieram – e para os que virão – depois de nós.

A Pré-História do Reactor Português de Investigação

Júlio Pistachini Galvão

Investigador-Coordenador aposentado, ex-Director do DPSR/INETI e do INTE/INETI

jpistacchinigalvao@gmail.com

As minhas primeiras palavras são de agradecimento pelo convite para participar na Sessão Comemorativa do Cinquentenário do Reactor Português de Investigação (RPI).

Convite que muito me sensibiliza por me permitir o convívio com os colegas do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), sucessor do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares (LFEN), a que pertenci, e com eles festejar um passado, ainda na esperança de um futuro desejado.

Hoje, com 86 anos de idade, ainda me é grato recordar os anos da criação do LFEN, pelo que irei limitar-me ao período anterior a 1961, a que chamarei de Pré-História do RPI, dando o meu testemunho de acontecimentos em que participei.

A Pré-História do RPI inicia-se, sem dúvida, pela acção do Prof. Francisco de Paula Leite Pinto, que, com a sua vastíssima cultura, consegue impulsionar, decisivamente, a investigação científica no nosso País, em particular no âmbito da energia nuclear, contribuindo, deste modo, para o despacho do ministro da Educação Nacional, de 11 de Outubro de 1952, que cria a Comissão de Estudos de Energia Nuclear do Instituto de Alta Cultura (CEEN/IAC), cuja presidência lhe é confiada. Assim se desenvolve, entre nós, a investigação sistemática no domínio das novas ciências, ditas nucleares, e a formação de bolseiros para um futuro organismo oficial de estudo e de desenvolvimento das utilizações pacíficas da energia nuclear.

Com este objectivo, são rapidamente constituídos centros de estudos especializados da CEEN/IAC, nas Universidades

de Coimbra, Lisboa e Porto, bem como no Instituto Superior Técnico e no Instituto Português de Oncologia. Neste, é criado o Centro de Estudos de Física Nuclear de Lisboa, onde eu iniciei a minha carreira de investigador como bolseiro do IAC. Resulta, igualmente, da acção do Prof. Leite Pinto a publicação do Decreto-Lei n.º 39 580, de 20 de Março de 1954, que cria a Junta de Energia Nuclear (JEN) e oficializa a existência da CEEN/IAC.

A 5 de Abril de 1954, o Eng. José Frederico do Casal Ribeiro Ulrich, que até essa data exercia as funções de ministro das Obras Públicas, toma posse do cargo de presidente da JEN. Personalidade com muito prestígio, o Eng. Ulrich depressa transmite à Junta um dinamismo que a distingue, primeiro no domínio da prospecção e exploração das minas de urânio, depois na definição e desenvolvimento de estruturas vocacionadas para as aplicações pacíficas de energia nuclear, em conformidade com o referido Decreto-Lei em que se especificava, como principais objectivos do novo organismo:

- promover e acompanhar as investigações e realizações no domínio da energia nuclear, por forma a propor ao País o aproveitamento das suas aplicações;
- assegurar a preparação do pessoal científico e técnico necessário à produção e aproveitamento dos combustíveis nucleares em todas as suas aplicações;
- estabelecer relações e fomentar o intercâmbio com serviços e organismos estrangeiros afins.

Paralelamente, em Agosto do ano da criação da JEN (1954), o Congresso dos Estados Unidos da América (EUA) aprova uma nova Lei da Energia Atómica, que permite o arranque do programa "Átomos para a Paz". Este programa tem início em 1955, dando lugar à celebração de acordos de cooperação bilateral entre os EUA e cerca de 40 nações, em que se previa, em particular, o auxílio financeiro



Logotipo da Junta de Energia Nuclear

e técnico na aquisição de reactores experimentais de pequena potência. Desta forma, procurava-se pôr em prática o espírito da proposta de criação da Agência Internacional de Energia Atómica, sob a égide da Organização das Nações Unidas, formulada pelo Presidente Eisenhower num memorável discurso que proferira na Assembleia Geral desta Organização, em 8 de Dezembro de 1953.

Em Julho de 1955, é celebrado um Acordo de Cooperação entre Portugal e os EUA relativo às aplicações pacíficas da energia nuclear. Neste Acordo, previa-se a eventual aquisição de um reactor nuclear experimental para treino dos técnicos portugueses e produção de alguns isótopos radioactivos de pequeno período.

Três meses mais tarde, é constituída na JEN uma comissão para se pronunciar sobre o equipamento base necessário ao futuro Laboratório da Junta. A comissão propõe a aquisição de dois aceleradores de partículas carregadas e de um reactor nuclear de investigação, do tipo piscina, com 1 MW de potência. A proposta é aprovada pelo plenário da JEN e, em 30 de Dezembro de 1955, é homologada pelo Presidente do Conselho de Ministros.

Em Outubro desse mesmo ano, tinha regressado dos EUA o Eng. Ricardo Cabrita, primeiro bolsai-

ro da CEEN/IAC a frequentar um curso de engenharia de reactores nucleares a expensas da JEN, passando a prestar assistência técnica ao presidente da Junta.

Em Janeiro de 1956, coube-me ser o segundo bolsai-ro da CEEN/IAC designado para frequentar um curso de engenharia de reactores nucleares a expensas da JEN. No meu regresso, foi-me proporcionado ficar na sede da JEN a colaborar com o Eng. Ricardo Cabrita na preparação do caderno de encargos para o concurso de aquisição do reactor nuclear de investigação, bem como a estudar um terreno adequado para construção do reactor, na proximidade de Lisboa.

Em Agosto de 1956, enviámos consultas a 36 firmas indicadas pela CEA/EUA, tendo a JEN recebido propostas da AMF Atomic Inc., AMF International, Bendix International, Blaw-Knox Company, The Babcock & Wilcox Company e International General Electric Company.

Analizadas cuidadosamente as propostas, recorrendo a especialistas estrangeiros e a informações complementares de técnicos das firmas concorrentes, a escolha recaiu sobre a proposta da firma AMF Atomic Inc. Além desta firma ter apresentado o preço mais baixo, possuía maior experiência na construção de reactores do tipo referido (pois já tinha instalado 14).

Em Janeiro de 1957, uma comissão - constituída pelo vicepresidente da JEN, Eng. Manuel Rocha, pelos vogais da

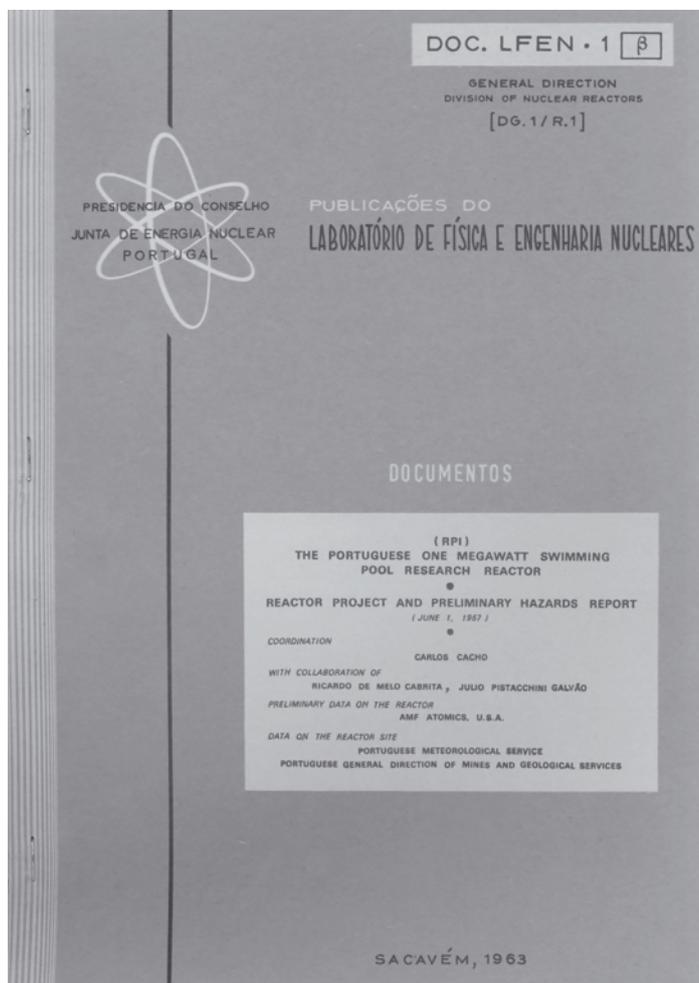
Aquisição do terreno	5 500 000
Despejo de uma casa	10 000
Aquisição de dois aceleradores	5 000 000
Transporte de dois aceleradores	57 134,4
Aquisição de um reactor nuclear	11 700 000
Seguro do reactor	55 500
Aquisição de uma instalação piloto para produção de urânio metálico	4 327 128
Estudo geológico do terreno	25 000
Trabalhos de sondagem	53 500
Reforço de sondagens	3 825
Projecto de terraplanagens e arruamentos	26 400
Terraplanagens e arruamentos	469 000
Instalação de água e esgotos	421 850
Arq. António Lino e Eng. Evangelista	123 400
Eng. Camacho Simões	265 000
Elaboração do caderno de encargos do Pavilhão de Administração	3 000
Construção do Pavilhão de Administração	1 322 472,4
Fiscalização	7 129,4
Elaboração do caderno de encargos do Pavilhão de Física	3 000
Construção do Pavilhão de Física	1 837 700
Fiscalização	11 960
TOTAL	31 222 999,7

Encargos com a instalação do LFEN em 1957-1958 (em escudos)

JEN, Prof. Herculano de Carvalho, Prof. Carlos Braga e Prof. Luís Almeida Alves, e por Dr. Carlos Cacho, Eng. Ricardo Cabrita e Dr. Júlio Galvão - propõe a aquisição do reactor à firma AMF Atomics Inc., por 399 800 dólares. Uma vez concluída a montagem do reactor, Portugal beneficiaria de um subsídio correspondente a 50 por cento do custo total, incluindo o edifício e o equipamento de investigação, até ao limite de 350 000 dólares.

Em Maio daquele ano, é submetido a parecer da CEA/EUA o relatório de segurança do RPI elaborado por Carlos Cacho com a colaboração de Ricardo Cabrita e Júlio Galvão (Doc. 1 do LFEN), que é aprovado na sua totalidade sem necessidade de qualquer informação adicional. O contrato de fornecimento do reactor é assinado em 3 de Julho.

Em meados de 1957, inicia-se a construção do LFEN com a terraplanagem do terreno, a abertura das valas de urbanização e das redes de água e de esgotos, bem como o começo da construção dos edifícios da Administração e do Serviço de Investigação de Física.



Capa do primeiro documento do LFEN, o relatório de segurança do RPI.

Anteriormente, no ano de 1956, seleccionámos os terrenos, nas proximidades de Lisboa, cuja localização, área e preço eram adequados para a construção do LFEN.

Neste estudo, teve-se em atenção factores de ponderação

tais como: não existência de populações, características geológicas compatíveis, proximidade de meios de comunicação e de redes de electricidade, água e esgotos.

Analisados os terrenos possíveis - próximos da Auto-Estrada n.º 5, da estrada que liga Queluz à Amadora e a Algés, e da Estrada Nacional n.º 10 (no troço entre Lisboa e Vila Franca de Xira) - e aplicados factores de ponderação, foi possível elaborar um quadro comparativo para justificação da proposta de aquisição de duas parcelas contíguas de igual dimensão, com uma área total de cerca de 10 hectares, a 15 km de Lisboa e a 2 km de Sacavém, ficando com a maior frente possível sobre a Estrada Nacional n.º 10, permitindo assim um mais fácil desenvolvimento posterior do LFEN.

Procedi, igualmente, ao estudo das consequências ambientais do “acidente máximo crível” num reactor do tipo do RPI, no local seleccionado, estudo em que se fundamentou o diploma legal que definiu as zonas de protecção do LFEN.

Neste contexto, foi também tomada a iniciativa de contactar representantes da Junta de Freguesia da Bobadela para os informar da localização do RPI e dos eventuais riscos do seu funcionamento e para lhes prestar todos os esclarecimentos adicionais julgados necessários.

Relembro, ainda, dois outros acontecimentos importantes, em cuja organização participei, e que se integram na Pré-História do RPI. São eles:

- A Exposição “Átomos para a Paz”, organizada pela JEN com a colaboração da Embaixada dos EUA, que teve lugar no Instituto Superior Técnico e foi inaugurada, em 6 de Outubro de 1956, com a presença do Presidente da República;
- A Primeira Reunião dos Técnicos Portugueses de Energia Nuclear, organizada pela JEN, que teve lugar no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de 20 a 22 de Janeiro de 1958.

A Exposição “Átomos para a Paz” esteve aberta ao público durante dois meses e foi visitada por milhares de pessoas.

Além do numeroso equipamento americano exposto na “Primeira Conferência de Genebra” (1955), de que se salientava um modelo parcial de um reactor nuclear, existia também uma exposição das actividades portuguesas no domínio da energia nuclear, nomeadamente da Direcção-Geral de Prospekção e Exploração Mineira da JEN, bem como equipamento de detecção de radiações e de manipulação de materiais radioactivos dos laboratórios da CEEN/IAC.

A Primeira Reunião dos Técnicos Portugueses de Energia Nuclear congregou cerca de 200 participantes das Universidades, CEEN, JEN e Indústria. Nela foram apresentadas 35 comunicações, entre as

quais teve grande impacto a apresentada pelo Dr. Carlos Cacho sobre o programa de construção e a organização do LFEN.

Na sessão de abertura, discursaram o Prof. Leite Pinto, ministro da Educação Nacional, o Eng. José Frederico Ulrich, presidente da JEN, e o Prof. Herculano de Carvalho, presidente da CEEN/IAC.

Na sessão de encerramento, o Eng. Manuel Rocha, director do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, agradeceu ao presidente da JEN e aos organizadores da Reunião - salientando que tinham sido atingidos, mesmo ultrapassados, os objectivos previstos -, e terminou dizendo: "apresentamos os mais ardentes votos para que o movimento de interesses existente em torno dos problemas da energia nuclear concorra para o País compreender essa verdade, hoje condição essencial de sobrevivência, de que a Ciência e a Técnica estão na base da melhoria das condições de vida do Homem."

Relembro também a minha participação, como delegado português nas reuniões do Comité de Protecção e Segurança Radiológica da OCDE que elaborou as Normas de Base de Protecção Contra Radiações para adopção obrigatória em todos os países desta Organização Internacional. Participei em todas estas reuniões, a partir de 1956, e colaborei na redacção do Decreto-Lei n.º 44 060, de 25 de Novembro de 1961, que oficializou, em Portugal, as

Normas de Base e criou a Comissão de Protecção Contra Radiações Ionizantes (CPCRI) de que passei a fazer parte.

Com este meu novo currículo e com a obrigatoriedade - imposta pela CEA/EUA para aprovação do fornecimento do RPI - de a JEN dispor de capacidade própria no domínio da protecção contra radiações, aconteceu-me ter sido nomeado responsável pelo Serviço de Protecção Contra Radiações (SPCR) do LFEN, que criei e, posteriormente, desenvolvi para apoiar a CPCRI. Terminou assim a minha actividade de físico de reactores nucleares, passando a ter uma ligação diferente ao RPI.

Aliás, a relação do SPCR com o Grupo de Exploração do RPI foi sempre fácil e eficiente, dadas as qualidades humanas e a competência dos respectivos responsáveis, Dr. António Ramalho e Eng. João Menezes.

Termino com a convicção de que, ao relembrar a Pré-História do RPI, prestei justa homenagem à memória do Dr. Carlos Cacho, primeiro director-geral do LFEN.

Tendo interrompido o seu estágio de doutoramento, em Oxford, em Abril de 1956, para prestar a colaboração solicitada pelo presidente da JEN na criação do LFEN, veio partilhar o mesmo gabinete da Junta com o Eng. Ricardo Cabrita e comigo. Fui, por isso, testemunha diária do entusiasmo e dedicação com que dirigiu as obras das infra-estruturas do Laboratório e, em particular, a montagem do RPI. Muitos problemas teve que resolver. Fê-lo sempre com enorme competência.



Carlos Cacho observa a zona de implantação da piscina do RPI no dia 11 de Março de 1960.

Transcrição da intervenção

do Dr. António Ramalho e do Prof. Cândido Marciano da Silva

A. Ramalho (AR) – Eu quero agradecer a todos os presentes nesta reunião que vão ter a infelicidade de me ouvir, visto que eu não tenho nada para dizer, o resultado é que espero não vos mace muito.

Pedi-me o meu amigo José Marques para recordar a primeira experiência crítica (ver anexo). Recordar a primeira experiência crítica, é, de facto, voltar a 25 de Abril de 1961. Por razões diversas não foi possível realizá-la mais cedo como tinha sido meu interesse uma vez que sempre parti do princípio que as coisas podiam correr mal quando chegasse a altura de se tentar pôr o reactor em operação.

A experiência acabou por ser planeada para 24 de Abril e para termos tempo de a realizar durante esse dia tínhamos que a começar cedo e decidimo-nos pelas 7:30 da manhã. Não começámos todos ao mesmo tempo, porque havia a preparação do equipamento, que implicava um desfasamento entre aqueles indivíduos em que eu e aquele jovem que está ali de cabelos brancos chamado Fernando de Almeida, nos encontrávamos e os restantes. Chegámos às 7:30 da manhã e começámos a ligar o sistema de comando, o resto da equipa da qual faziam parte estes dois parceiros que estão aqui ao meu lado [Frederico Carvalho, Cândido Marciano] chegou ligeiramente mais tarde.

A equipa total envolvida na experiência compreende três grupos que estavam localizados, um na sala de comando, os outros dois no recinto do reactor. Destes grupos um era constituído pelo Dr. Cândido Marciano e pelo Eng. Frederico de Carvalho, e tinha como tarefas fazer as medições com o sistema de detecção auxiliar e manter actualizados os registos das previsões da massa crítica que iam sendo lançados no quadro negro localizado no 3º piso, junto ao quadro de carga; o outro grupo era constituído pelo Eng. Magalhães e pelo Fernando Almeida, e

tinha como função proceder ao carregamento do combustível e manter actualizado o quadro de carga.

J. Galvão – Eu também pus um elemento de combustível ...

AR – Ah! Também puseste – foi um em nove. Na sala de comando estavam o Eng. Cordeiro Lopes que fazia de operador, o Eng. Andreson, eu, e o Eng. Menezes, que era responsável pelo canal de arranque do reactor, onde nós seguíamos a evolução da contagem na aproximação da massa crítica e, portanto, da criticalidade do reactor. Bom, ainda entro em conflito com alguém, porque nunca gostei da criticidade, e toda a minha vida disse criticalidade.

Nós planeámos, como referido, o início dos trabalhos para as 7:30 da manhã, como diz o excerto do livro de comando no qual eu pretendia que fosse escrito tudo o que acontecia com o reactor a todo o tempo, para que se criasse uma história para que pudéssemos aproveitar dessa experiência. É que, como é sabido, as avarias têm uma certa tendência a repetir-se e as acções a serem necessárias têm uma certa tendência a serem as mesmas, mais uns pontos para aqui, mais uns pontos para ali, mas as coisas tendem a ser semelhantes, por isso eu queria que ficasse tudo escrito. Porém, o parceiro que estava na mesa de comando achou que era muito trabalho e não escreveu, de modo que para esse dia 24 de Abril, que era o dia inicial da experiência, o que consta é que começámos às 7:30 da manhã e, depois, com a avaria do sistema dos registadores e dos amplificadores ficámos por ali, não posso dizer dormindo, porque acho que nós não dormimos, andámos por ali sempre ocupados. A comida não sei como é que foi, já não me lembro como aconteceu, porque os trabalhos acabaram por se prolongar todo o dia e os registadores e os amplificadores só ficaram a funcionar por volta de uma hora da manhã do dia 25, e é pois nessa altura que se inicia a experiência crítica.

A experiência crítica fez-se na Secção II da piscina e não na secção I, que era a secção mais normal de funcionamento do reactor. A Secção II tinha sido prevista predominantemente

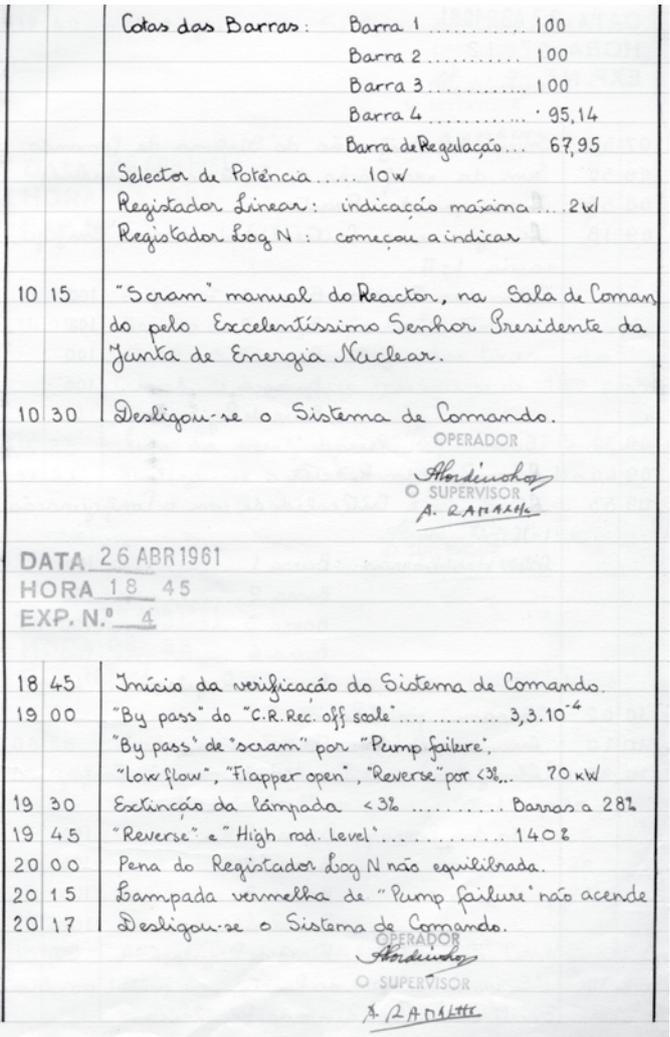


Fig. 1 - Imagem do livro de comando do RPI, com as ações realizadas nos dias 24, 25 e 26 de abril

para experiências de grandes dimensões, como se fizeram a certa altura. Foi porém decidido fazer a experiência crítica na secção II, porque teríamos um núcleo totalmente reflectido por água e evitávamos assim os problemas que a presença de grafite nos pudesse criar, dando lugar a uma massa crítica menor do que a que teria um reactor completamente reflectido a água. Noto que, na altura, não era fácil estimar teoricamente o efeito do reflector parcial (em uma só face) do reactor.

Iniciamos a experiência, partindo com nove elementos (ver Figura 1), que era pouco mais que um terço dos elementos esperados como necessários. A configuração foi escolhida de maneira a poder ser transplantada depois para a Secção I. Teríamos então que retirar alguns elementos e colocar outros mas o genérico da configuração era mantido. Foi então quase às duas horas da manhã que nós começámos a carregar o combustível no reactor e dessa função estavam encarregados o Fernando Almeida e o Eng. Magalhães.

C. Marciano (CM) – Essa parte passou-se lá na sala da mesa de comando; o que eu sei é que eu estava quase dentro do reactor, mas já lá vamos a isso. Eles é que estavam lá.

AR – Eles é que estavam lá e tinham que ir à pesca dos ele-

mentos às grades de armazenamento, A, B, C onde os elementos estavam armazenados. Eles tinham que os ir lá buscar e colocar nos sítios próprios pre-determinados que lhes eram indicados da sala de comando e eles conferiam pelas notas que tinham. Noto que esta localização do reactor dificultava o acesso ao combustível localizado nas grades.

CM – Só para esclarecer a audiência, eu ainda hoje não sei porque é que fui convocado para aquela sessão; talvez porque tinha algum jeito para brincar com as máquinas de calcular e era preciso alguém a medir o fluxo de neutrões junto à piscina, e eu sabia fazer contas. Mas colocaram-me debaixo da escada que dá acesso ao reactor; se eu estivesse num barril de pólvora não estava melhor, mas estava lá, a medir o fluxo de neutrões e a transformar aqueles números em coisas inteligíveis para a mesa de comando; quer dizer, tinha que fazer umas contas sobre os valores observados e depois ia apontar na ardósia (Figura 2), que já desapareceu, o nosso quadro preto que como vocês vêm é de alta tecnologia da época.

AR – Na figura agora projectada (Figura 1) está indicada a configuração final e também a carga

ADICÃO	CANAL	\bar{C}	$\frac{C_1}{C_N}$	MASSA CRÍTICA
89,35	56136	56643	00263	4,35
P1	57150	56643	00262	4,38
TOTAL	CANAL	\bar{C}	$\frac{C_1}{C_N}$	MASSA CRÍTICA
359288	46304	46575	2,5 ⁻⁵	4,57
	46846	46575	2,5 ⁻⁵	4,43

Fig. 2 - Ardósia onde se registavam os resultados da experiência emitida.

inicial do reactor. No quadro preto (Figura 2), que seria uma peça de museu, figuram os resultados das estimativas da massa crítica obtidos a partir das contagens.

CM – Como podem imaginar a alta tecnologia é o que melhor satisfaz as necessidades da altura, e esta satisfaz perfeitamente porque a maior parte dos problemas estavam todos na cabeça aqui do nosso amigo Ramalho e conseqüentemente aquele quadro preto serviu perfeitamente para registar, passo a passo, a evolução do modelo de carga inicialmente concebido.

Mas eu permito-me interromper aqui, porque eu acho que é preciso pôr um pouquinho de perspectiva nesta conversa e há duas questões que eu gostava de apontar, muito embora o destino e as circunstâncias tenham ditado que só estamos aqui os dois a falar, embora haja mais pessoas presentes que estiveram nessa operação.

Uma das questões de perspectiva é a de que é preciso ver o aparecimento do reactor no contexto político-científico nacional e essa não é uma tarefa simples; é uma tarefa que está cometida nesta altura aí aos historiadores da ciência e para a qual o Jaime de Oliveira tem contribuído com muitos elementos, que já são úteis por si e serão úteis para quem pegar neles e os estudar mais aprofundadamente; e a outra questão de perspectiva é a dos membros da equipa que foram escolhidos para falar hoje aqui. Não se podia ter escolhido pessoas mais afastadas no espectro científico. Eu era um caloiro na altura acabado de se licenciar, e o Ramalho já era um técnico encartado.

AR – Até tinha de facto um diploma de operador, passado após um exame feito pela Comissão de Energia Atómica dos Estados Unidos.

CM – Mas tinha mais do que isso. Há duas memórias que eu tenho e que têm que ver com esta

segunda circunstância e vou deixar para o fim a questão da posição político-científica.

Eu espero que o Ramalho não me leve a mal eu ir falar em desastres, mas o primeiro desastre que tem que ver com esta noção que eu vos quero transmitir decorre da explosão do *Space Shuttle Challenger*. O Richard Feynman foi designado na altura para integrar a comissão Rogers, que investigou o acidente. Na sua atitude de sempre, muito autónoma, borrifou-se para a comissão que estava enredada em burocracias, meteu-se no comboio e foi falar com os engenheiros da NASA para saber qual era a razão porque o Shuttle tinha explodido. Chegou à conclusão, com as explicações que eles deram, de que tinha sido um *o-ring* que tinha partido por ter congelado em contacto com o azoto líquido. Moral da história (Feynman disse-o claramente nas suas memórias): “Quem sabe são os engenheiros”. É esta a imagem, do engenheiro competente, que nos tínhamos habituado a reconhecer no Ramalho, nesta altura da criticidade. Competência essa que depois continuará a ser demonstrada na excelente carreira que realizou na Agência Internacional de Energia Atómica, em Viena.

Outra memória está associada a um filme, não sei se algum de vocês se lembrará dele, que se chama “O Síndrome da China”, que surgiu na altura do acidente nuclear de Three Mile Island. Este filme explora a possibilidade teórica de um núcleo fundido, por exemplo, um *meltdown* de um reactor americano, atravessar a Terra e ir parar à China. Se falo nisto, é só para dizer que o Ramalho está magistralmente interpretado pelo Jack Lemmon nesse filme. Se alguma vez tiverem oportunidade de ver o filme, podem admirar o personagem a que nos tínhamos já habituado.

Quanto a mim, no meu caso eu já disse que nunca percebi porque fui designado para estar lá naquela operação crítica.

AR – Era necessário reunir uma equipa, tal como constava do plano oportunamente apresentado ao Director-Geral.

CM – Exactamente.

AR – Como era necessário arranjar uma equipa, a sugestão foi recorrer ao pessoal na área da física.

CM – E daí, também lá estar, como sábio da Electrónica, aqui o Frederico de Carvalho.

AR – Era necessário ter dois sistemas de detecção a funcionar e eu tinha pessoal do reactor para um, mas para o segundo já não arranjava. Para além disso precisava de mais alguém que estivesse a movimentar os elementos de combustível, de maneira que quando elaborei o plano fui ter com o Dr. Carlos Cacho, que é uma pessoa com quem eu sempre tive uma relação excelente e a quem presto a minha homenagem, embora ele nesta casa tenha sido mal tratado, uma coisa que eu lamento profundamente, porque não mereceu, foi um bocado o ser chefe que o castigou não foi mais nenhuma coisa, mas ele era um homem extraordinário com quem tive sempre uma relação maravilhosa, de maneira que eu fui ter com ele, e disse-lhe: eu preciso de mais gente, o pessoal do reactor não chega, preciso de ter pelo menos dois canais a funcionar, infelizmente nós não temos equipamento extra, o único equipamento que nós temos

é o equipamento de reserva do sistema de comando, de maneira com esse equipamento de reserva do sistema de comando nós podemos montar outro canal, porém precisamos de ter gente para operar esse canal; então ele como era o patrão da casa, julgo que falou convosco e disse-me assim: “Olhe! Você vai ao Cândido Marciano, vai ao Frederico de Carvalho e eles dão-lhe umas dicas de com quem é que pode contar”; eu não fiz mais nada, obedeci e ele por seu turno também falou convosco.

CM – Deixe-me dizer o seguinte, eu lá estava junto às escadas do reactor, sentado ali com uma máquina de calcular daquelas que só não se dava à manivela porque já era electrificada, estava longe da sala de controlo, portanto eu não sabia muito bem o que se passava; ouviam-se imensos barulhos, e vocês imaginam que algo não corria bem, numa operação que estava prevista começar logo de manhã para atingir a criticalidade por volta da hora do jantar. Por volta da hora do jantar realmente apareceram as individualidades políticas que vinham presenciar o evento mas durante o dia tinha havido ali uma série de avarias que motivavam um frenesim e de tal maneira que a palavra que se ouvia mais correntemente, em voz alta, era a palavra *scram*¹. As pessoas do reactor sabem o que quer dizer a palavra *scram* mas as que não são do reactor se calhar não sabem; é um daqueles termos de “calão técnico” que corresponde a uma acção de paragem rápida (com queda automática das barras de segurança), por causa de qualquer coisa que não está a funcionar bem.

Os políticos, como percebem muito bem como e quando é que se exerce o poder, sabem que o poder passa por assimilar o jargão técnico, e portanto não foi grande surpresa para mim quando o próprio Eng. Frederico Ulrich, naquela visita por volta da hora de jantar, quando ocorreu um *scram* na altura em que ele se passeava com o Dr. Carlos Cacho, junto à piscina, com o resto da comitiva, se voltou para trás exclamando em voz alta: *scram!* Como quem diz: “eu sei o que é um *scram*, o que é que vocês estão aí a falar”? Enfim, isto era só para transmitir um pouco do ambiente que ali se vivia nessa altura, visto e sentido por mim perto da escada da ponte da piscina, ...

AR – Só por causa da questão do *scram*: uma das razões porque muitas vezes se ouvia *scram*, era porque os registadores, devido a avaria, levavam a um *scram* do reactor. Por isso tínhamos de ter a certeza que os registadores estavam efectivamente a funcionar, pois no caso de haver uma pseudo-excursão de potência durante a experiência crítica, eles actuariam mais rapidamente que o operador. Teoricamente isso podia acontecer. Nós tínhamos os detectores numa posição muito sensível, o mais sensível possível, mas isto tem que ser feito por etapas. Há uma etapa em que se determina que o sistema funciona, outra em que se garante que todo o equipamento responde da maneira que nós esperamos e depois se pode continuar.

CM – E já está tudo a funcionar! Para além dos registadores o problema maior ainda foi um amplificador que decidiu não funcionar e aqui o nosso amigo Frederico de Carvalho assumiu que era responsabilidade sua reparar aquele amplificador. Isto era no tempo que reparávamos os equipamentos *on-line*, digamos assim. É um facto! Era preciso identificar qual era a válvula, ou a resistência ou o condensador da parte do circuito que tinha falhado e substituí-lo, soldando aquilo com o tradicional ferro de soldar; tirar o velho e por o novo. Como tal, aquela operação não estava pronta a horas de jantar por causa principalmente do amplificador e o Frederico de Carvalho, numa certa altura, já depois das dez horas da noite, resolve a questão conseguindo identificar a causa da avaria e repor o amplificador a trabalhar. Mas entretanto o homem da AMF, o engenheiro Anderson, tinha arranjado uma outra solução “canibalizando”² outros equipamentos. Deste modo, eu nunca cheguei a saber se o facto de ter havido sucesso ao conseguir-se iniciar a essa hora o caminho para atingir a criticalidade se deveu ao Frederico de Carvalho ou se deveu ao americano. Enfim, hoje já é tarde para se conseguir apurar essas circunstâncias, mas o que é um facto é que isto dá uma ideia não só do ambiente que decorreu durante todo o dia com estas peripécias. Já nem sei se o pessoal envolvido chegou a comer (julgo que não, à parte alguma sanduíche). O que é um facto é que cada um permaneceu no seu posto de trabalho todo o tempo até estar tudo em ordem e começar-se a fazer o registo da subida de potência, na “pedra” de ardósia, à medida que a experiência prosseguia.

Muito bem! A outra questão que eu tinha pensado referir aqui é a que respeita à atitude político-científica em 1960, era outra muito diferente daquela que vocês estão habituados a ouvir hoje. Estou principalmente a falar para os mais jovens que não presenciaram nada disto. Mas tenho que dizer o seguinte: que de facto, no passado, a intervenção do Estado na investigação sempre se caracterizou por critérios mais políticos do que realmente científicos. Diria mesmo que neste caso, da Física Nuclear, levaria quase a apagar completamente o esforço de investigação que havia no país e a rede de contactos existentes no final da década de quarenta. A maior parte das pessoas presentes provavelmente não sabe que nós tínhamos, nos anos 1930-40, um excelente grupo de Física Nuclear a trabalhar em competição internacional com bons resultados, com boa colaboração, com boa internacionalização como hoje se diz. Com bons contactos com Paris e com Itália, que não foram indiferentes à passagem

¹ Termo inglês para a paragem de emergência de um reactor nuclear (N. Ed.)

² *Canibalizar*, em contexto técnico, significa resolver temporariamente uma avaria num equipamento essencial através da reutilização de peças ou sub-sistemas compatíveis, retirados de equipamentos que não estão a ser utilizados (N. Ed.).

por Portugal de alguns físicos bem conhecidos, por exemplo Rosenblum, Benedetti e Guido Beck, que aqui passaram algum tempo, refugiados da guerra, aguardando boa oportunidade para viajarem para a América. Todo esse grupo de investigadores portugueses foi expulso do país, das universidades portuguesas, por decreto, e as universidades viram-se privadas de uma contribuição importante para a ciência, o que veio a dar os seus maus resultados. Passados anos, o Governo apercebe-se que não pode ignorar a necessidade de ter um programa na área nuclear. De facto nessa altura tinham-se constituído no mundo ocidental várias Comissões: o CEA (Comissariado de Energia Atómica) em França, a AEC (*Atomic Energy Commission*) nos EUA, Harwell no Reino Unido, etc. Percebia-se que quem queria acompanhar o desenvolvimento do nuclear tinha que criar uma comissão de energia atómica, e em Portugal criou-se a Junta de Energia Nuclear e um programa de actividade. Como parte desse programa, era preciso preparar gente para trabalhar nesse ambiente, como disse há pouco o Dr. Pistacchini Galvão. Foram assim criados junto das universidades centros de estudos de energia nuclear, cuja missão era proporcionar condições de trabalho para preparar as pessoas que haviam de transitar para os Laboratórios da Junta de Energia Nuclear. Muitas transitaram, mas algumas universidades agarraram-se avidamente a uma coisa que nunca tinham tido, que era um centro de investigação financiado, e algumas não quiseram vir para Sacavém. Alguns desses centros de investigação permaneceram e desenvolveram-se depois nas universidades, e deram origem àquilo que foram mais tarde os centros do Instituto Nacional de Investigação Científica (INIC). Algumas pessoas aqui presentes ainda se lembrarão que houve uma instituição do Ministério da Educação chamada INIC que era responsável por financiar a investigação nas universidades, e tinha centros de investigação que emanavam dos que haviam sido originalmente criados para apoiar a Junta de Energia Nuclear. Entretanto fora criada por Leite Pinto a Junta Nacional de Investigação Científica Tecnológica (JNICT), com a finalidade diferente de promover a investigação na indústria e de aproximar esta da investigação em curso nas universidades. Provavelmente, na altura em que o INIC foi integrado na JNICT, já esta, na realidade, concentrava todos os esforços de financiamento da investigação mediante contrato. Quando o próprio INIC é integrado na JNICT, a junção dá origem àquilo que hoje é a Fundação para a Ciência e a Tecnologia, com o ambiente que todos conhecemos. Portanto, reparem bem que as raízes são longínquas, embora se tenha passado por um período difícil. A Ciência, desde que de boa qualidade e internacionalização, pode sofrer revezes, mas depois acaba por recuperar e por se desenvolver.

No entanto, eu acho que este hiato que houve,

resultante da expulsão dos professores da Universidade de Lisboa, teve efeitos nefastos. As gerações seguintes de cientistas nasceram órfãs do que podia ter sido os seus grandes mestres, portanto nós quando entramos para o Laboratório de Física e Engenharia Nuclear não tínhamos tido sequer Física Nuclear nas Universidades. Tivemos que vir aqui e começar a aprendê-la. Veio cá o Prof. Veiga Simão ensinar o que era uma reacção nuclear, veio o Prof. Moreira Araújo ensinar Mecânica Quântica, veio o Prof. Sebastião e Silva ensinar-nos as matemáticas modernas, e o Prof. Rogério Nunes a Electrónica, etc. Portanto nós tivemos aqui um primeiro ambiente de Instituto de, como se diz, um *Summer Institute*, mas que durou uns anos.

O resultado disso é que quando ingressámos neste laboratório (eu costumo dizer, que os estudiosos da história da ciência pode ser que algum dia esclareçam melhor estes meandros) o programa de trabalho inseria-se na estratégia do programa “Átomos para a Paz”. Nessa altura parecia haver uma espécie de *kit* que todos os países deviam ter: era um reactor nuclear de investigação de baixa potência, era um acelerador de Cockroft-Walton para produzir neutrões com energias bem definidas e um acelerador de Van de Graaff. Felizmente para mim havia o Van de Graaff, era a máquina de eleição embora na altura já se estivesse na linha descendente da investigação em Física Nuclear, já pouco ou nada se podia fazer com um acelerador de 2 MeV. Toda a gente trabalhava com um Van de Graaff de 5 MeV. Foi para isso que eu fui trabalhar para Manchester e foi isso que depois se tentou criar cá. Chegou a haver nos anos sessenta equipas na Faculdade de Ciências também, com o João Sousa Lopes, que foram avaliar a possibilidade de se programar a instalação de um Van de Graaff de 5 MeV no país. Felizmente, a reorientação do actual Van de Graaff para trabalhos de Física Nuclear aplicada à Física do Estado Sólido permitiu ainda utilizar esse aparelho e produzir significativo trabalho científico de qualidade. Felizmente, já percebi que hoje temos um Tandem e que esse Tandem pode introduzir aqui uma nova perspectiva de trabalho, e estaremos provavelmente numa curva ascendente quando passámos por um mínimo nos anos sessenta.

E eu não queria dizer mais nada; já disse mais do que queria.

AR – Muito obrigado (palmas).

ANEXO

Experiência crítica

a) Configuração do núcleo

Fizeram-se experiências críticas para dois tipos de configuração e nas duas posições de operação do reactor. A experiência crítica inicial foi levada a efeito na Secção II da piscina (núcleo completamente reflectido por água) porquanto nessa Secção a massa crítica não seria essencialmente dependente da existência de qualquer reflector, além da água, nem de influências cuja análise, “a priori”, fosse difícil. Visava-se, também, para essa experiência, uma con-

figuração tal que a massa crítica fosse mínima, isto é, uma configuração próxima da cilíndrica.

Nesta como em todas as experiências críticas, posteriores mantiveram-se instaladas no reactor todas as barras de comando.

b) Aproximação de criticidade

Todas as aproximações de criticidade foram executadas da mesma forma, e, todas elas, também, foram iniciadas só depois de se verificar que o funcionamento de todo o equipamento, a utilizar na experiência, era perfeitamente satisfatório.

Como sistema de detecção de neutrões, durante as experiências críticas, usaram-se o canal de arranque do reactor e um canal auxiliar constituído pelo equipamento de reserva do canal de arranque. Os detectores destes sistemas foram localizados como se mostra na Figura 1 (Indicação CC, junto da posição 61 e na posição 65 da grelha do núcleo).

A marcha seguida nas aproximações de criticidade, sempre a mesma, consistia em:

1. Com o reactor carregado, até à carga inicial (ver Figura 1), subiam-se simultaneamente, todas as barras de segurança até à posição 50 %;
2. Com as barras na posição atrás indicada, e o reactor estabilizado, executavam-se, em cada um dos citados canais de detecção de neutrões, duas contagens de dois minutos;
3. Terminada a etapa precedente subiam-se, simultaneamente, as barras de segurança até à posição 100 %;
4. Com as barras de segurança na posição indicada em 3 e o reactor estabilizado, executaram-se, como em 2, duas contagens de 2 minutos;
5. Feitas as contagens mencionadas em 4, subia-se a barra de regulação até à posição 100 %;
6. Com todas as barras a 100 % e o reactor estabilizado, executavam-se, novamente, duas contagens de 2 minutos;
7. Introduziram-se, simultaneamente, todas as barras, até às posições de 50 % e 0 %, respectivamente, para as de segurança e para a de regulação;
8. Com as barras na situação indicada em 7, procedia-se ao carregamento de um elemento de combustível;
9. Após a estabilização do reactor, executavam-se novamente, duas contagens de 2 minutos;
 - determinava-se o inverso da contagem;
 - efectuava-se o traçado da curva – inverso da contagem “versus” massa de urânio carregada no reactor;
 - fazia-se a estimativa da massa crítica;
10. Terminada a etapa precedente procedia-se à subida simultânea das barras de segurança até à posição 100 %;
11. Com as barras de segurança na posição indicada em 10 e o reactor estabilizado, executavam-se duas contagens

de 2 minutos e obtinham-se as informações indicadas em 9 e, bem assim, o “valor do banco de barras”, expresso em gramas de U-235 (diferença entre as massas críticas correspondentes às situações de barras de segurança a 50 % e 100 %);

12. Mantendo as barras de segurança a 100 % subia-se a barra de regulação até 100 %;

13. Com todas as barras a 100 % e o reactor estabilizado, executavam-se duas contagens de 2 minutos; obtinham-se as informações mencionadas em 9, e bem assim, o “valor da barra de regulação”, expresso em gramas de U-235 (diferença entre as massas críticas correspondentes às situações de barras de segurança a 100 % e de regulação a 0 % e de barras de segurança a 100 % e de regulação a 100 %);

14. Introduziam-se as barras no reactor, pela forma que se descreveu em 7, e repetiram-se as etapas 8 a 14 até atingir a criticidade.

Meio século de estudos de reactores nucleares em Portugal.

Que estratégias?

Jaime da Costa Oliveira

oliveira@itn.pt

O primeiro reactor de cisão nuclear construído pelo Homem – a Pilha de Chicago n.º 1 – começou a funcionar em 2 de Dezembro de 1942, sob a orientação de Enrico Fermi¹. Menos de onze anos e cinco meses mais tarde, em 25 de Abril de 1961, Portugal passa a ser o trigésimo quinto país a dispor de um reactor de cisão nuclear destinado a actividades de I&D e a formação de pessoal². Não fora o atraso verificado na construção do respectivo edifício, aquela posição teria recuado uma dezena de lugares, pelo menos³.

Em meio século de exploração de um reactor de cisão nuclear experimental, é possível identificar muitas realizações em que ele foi encarado como objecto de estudo ou como fonte de radiações. No caso do Reactor Português de Investigação (RPI), essa história está registada em vários documentos e já começou a ser contada em livros^{4,5}. Não sendo viável resumi-la num texto curto, opta-se por pôr em evidência os designios que foram sendo enunciados como linhas de rumo para os serviços públicos responsáveis pela respectiva exploração. Além disso, são evidenciados aspectos susceptíveis de ajudar a contextualizar os altos e baixos da utilização que tem sido feita do RPI.

Instalação da JEN (1954-1961)

A Junta de Energia Nuclear (JEN)⁶ era constituída, inicialmente, por um presidente (José Frederico Ulri-

ch) e dezoito vogais. Entre estes, o Presidente do Conselho designava o vice-presidente: inicialmente, Francisco de Paula Leite Pinto, presidente da Comissão de Estudos de Energia Nuclear do Instituto de Alta Cultura; a partir de 2 de Agosto de 1955, Manuel Coelho Mendes da Rocha, director do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em consequência da nomeação daquele para o cargo de ministro da Educação Nacional.

No discurso da tomada de posse da JEN, em 5 de Abril de 1954, o seu mandato foi sintetizado pelo Presidente do Conselho nos seguintes termos: “mobilização da riqueza potencial [em minérios de urânio e em minérios afins] que os territórios portugueses, continentais e ultramarinos, parecem possuir; acompanhamento do movimento científico mundial no que toca à energia nuclear, em ordem às múltiplas aplicações práticas que possa vir a ter, e em ordem à defesa dos interesses da grei”. No final do discurso, Salazar sublinhava o seguinte: “o Governo espera que, à semelhança do que por toda a parte se estatuiu, o organismo agora criado seja o principal impulsor dos estudos e das actividades e o conselheiro na defesa dos interesses [ligados ao aproveitamento da energia nuclear].”

Em meados de 1955, atinge-se uma fase em que a JEN reconhece ser imperioso criar meios susceptíveis de acelerar a preparação do pessoal científico e técnico necessário. Consequentemente, na reunião de 12 de Outubro daquele ano, decide nomear uma comissão encarregada do estudo da aquisição do equipamento-base para a Junta, a qual

¹ Fermi, Enrico: “Experimental Production of a Divergent Chain Reaction”. American Journal of Physics, Vol. 1, PP. 536-558, 1952.

² Oliveira, Jaime da Costa: “Nuclear Research Reactors in the World”. ITN/RPI-N-96/18, Instituto Tecnológico e Nuclear, Sacavém, 1996.

³ Em Janeiro de 1957, admitia-se que o reactor estivesse crítico em Outubro de 1958, quando arrancou o reactor JEN-1, em Espanha (décimo oitavo país). Em Maio de 1959, aquela data foi revista para Maio de 1960, quando começou a funcionar o reactor R-2, na Suécia (vigésimo quinto país).

⁴ Jorge, Henrique Machado e Costa, Carlos: “O Reactor Português de Investigação no Panorama Científico e Tecnológico Nacional, 1959-1999”. Instituto Tecnológico e Nuclear / Sociedade Portuguesa de Física, Março 2001.

⁵ Oliveira, Jaime da Costa: “O Reactor Nuclear Português. Fonte de Conhecimento”. Editora O Mirante, Santarém, 2005.

⁶ A Junta de Energia Nuclear foi criada pelo Decreto-Lei n.º 39 580, de 29 de Março de 1954, e o seu regime de funcionamento ficou regulado pelo Decreto-Lei n.º 39 581, da mesma data. A constituição da Junta foi definida, inicialmente, por Portaria de 3 de Abril de 1954.

apresenta o seu relatório no mês seguinte⁷. É interessante recordar em que termos a comissão aconselhava a aquisição de um reactor nuclear de investigação: “para que seja possível a formação de técnicos e a continuação da actividade dos já especializados. Com um tal reactor poderá obter-se prática no funcionamento e controlo dos reactores, poderão realizar-se inúmeras experiências e investigação em vários campos e dispor-se de um elemento valioso de ensino.”

Ao advogar a criação de um Laboratório de Física e Engenharia Nucleares (LFEN) na JEN, a comissão afirmava o seguinte: “É importante salientar que o Laboratório de Física e Engenharia Nucleares cuja montagem se propõe constituirá também um serviço prestado às Universidades portuguesas pois criará as condições para que se melhore a preparação de físicos, de químicos e de engenheiros, e constituirá um centro posto à sua disposição no qual será possível a especialização dos licenciados e de membros dos seus corpos docentes.”

Na Primeira Reunião de Técnicos Portugueses de Energia Nuclear, Carlos Cacho apresenta uma comunicação em que, em particular, enuncia os fins principais do LFEN⁸. Depois de descrever o equipamento fundamental e as edificações do futuro Laboratório, assim como o estado dos trabalhos da respectiva construção (no final de 1957), explicita também, em linhas muito gerais, a actividade futura.

O LFEN é criado pelo diploma que opera a primeira revisão da lei orgânica da JEN, com efeitos a partir de 1 de Janeiro de 1959 – data em que inicia funções o seu director-geral, Carlos Cacho –, e é inaugurado em 27 de Abril de 1961. Nesta altura, os seus cinquenta e sete funcionários estavam distribuídos pelas seguintes unidades orgânicas: Serviço de Física, Serviço de Protecção contra Radiações, Serviço de Química e Metalurgia (incluindo a Instalação-piloto de Produção de Urânio Puro), Serviço de Reactores Nucleares (SRN), Serviço Administrativo, Serviço de Documentação, Serviço de Segurança e Serviço Técnico Auxiliar.

Num extenso documento, datado de Dezembro de 1961⁹, Carlos Cacho enumera e analisa os objectivos gerais do Laboratório, apresenta uma ideia geral dos domínios de acção possíveis, evidencia os factores determinantes da programação das actividades e pormenoriza as necessidades em pessoal e em equipamentos, e os respectivos encargos, entre outros assuntos.

Entende-se que, da leitura dos três textos identificados, ressalta o seguinte: **no ano em que o LFEN foi inaugurado, havia um conceito estratégico estruturante** susceptível de mobilizar os investigadores e os técnicos, de conjugar esforços e de ajudar o Laboratório a afirmar-se. Neste aspecto, existe um desacordo total com a opinião,

insuficientemente fundamentada, de quem proclama a **ausência de estratégia**, na fase de arranque do Laboratório.

Consolidação da Junta de Energia Nuclear (1961-1967)

Francisco Leite Pinto sucede a José Frederico Ulrich, em 3 de Novembro de 1961. Na altura, o problema número um do LFEN era a aquisição de equipamento indispensável para a exploração adequada do reactor nuclear e dos aceleradores de partículas nele instalados. O custo desse equipamento estava orçado em 20 milhões de escudos (na actualidade, cerca de 6,7 milhões de euros), sendo necessário que metade estivesse disponível em 1963 e a outra metade em 1964. A JEN tinha, ainda, outras necessidades relacionadas com a exploração mineira.

Em Abril de 1962, a Companhia Portuguesa do Rádio, Lda., deixa de explorar as respectivas concessões de jazigos de urânio e a JEN vê-se privada da taxa complementar de Esc. 241,51 (na actualidade, cerca de € 86,50) por quilograma de concentrado de urânio exportado, que aquela empresa lhe pagava. Para se ter uma ideia da importância desta receita, é de notar que a JEN recebeu cerca de 240 milhões de escudos (na actualidade, cerca de 83 milhões de euros), entre 1955 e Abril de 1962, tendo sido o único organismo dedicado a estudos de energia nuclear, em todo o mundo, que nada custou aos contribuintes, no período referido.

Privada daquela receita e com o País em guerra no Ultramar, a Junta iria enfrentar graves dificuldades financeiras, que atingiriam em cheio o Laboratório de Sacavém. Por isso, entre 30 de Março de 1962 e o final de 1963, Leite Pinto luta, persistentemente, pela concretização de um acordo com o Comissariado de Energia Atómica francês (CEA), visando a troca de concentrados de urânio nacionais por equipamento produzido em França. É neste contexto que o director-geral do LFEN propõe um plano de acção para um período de quatro anos, com uma estimativa dos meios e pessoal necessários¹⁰.

O acordo com o CEA acaba por ser celebrado, em 1964. Dois anos depois, é assinado um segundo acordo. Ambos deram ao LFEN a primeira oportunidade importante de se apetrechar.

Maturidade da JEN (1967-1974)

Kaúlza Oliveira de Arriaga toma posse como presi-

⁷ Rocha, Manuel *et al.*: “Relatório da comissão encarregada do estudo da aquisição de aceleradores de partículas e de reactores”. JEN, Lisboa, Novembro de 1955.

⁸ Cacho, Carlos: “Alguns comentários sobre a origem do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares”. Primeiro Encontro dos Técnicos Portugueses de Energia Nuclear, Lisboa, 20-22 de Janeiro de 1958.

⁹ Cacho, Carlos: “Laboratório de Física e Engenharia Nucleares. Estudo sobre a organização e o desenvolvimento das actividades”. Sacavém, Dezembro de 1961.

¹⁰ Relatório apresentado pelo presidente da Junta de Energia Nuclear à reunião do respectivo Conselho Consultivo, realizada em 14 de Agosto de 1963. Arquivo da JEN.



Mesa de honra na sessão solene de inauguração do LFEN.

Da esquerda para a direita: José Frederico Ulrich (presidente da JEN), Eduardo Arantes e Oliveira (ministro das Obras Públicas), Pedro Theotónio Pereira (ministro da Presidência), Américo Thomaz (Presidente da República), António Manuel Pinto Barbosa (ministro das Finanças), Gustavo Cordeiro Ramos (representante do ministro da Educação Nacional e presidente do IAC) e Carlos Cacho (director-geral do LFEN).

dente da JEN, em 24 de Julho de 1967, continuando Manuel Rocha a desempenhar as funções de vice-presidente, até 14 de Janeiro de 1969, data em que é substituído por Joaquim Viegas Soeiro de Brito.

Um Despacho Ministerial, de 31 de Julho de 1968, passa a regular o funcionamento do Conselho de Ministros para os Assuntos Económicos no respeitante ao aproveitamento da energia nuclear para a produção de energia eléctrica e de água dessalinizada. E, pela Portaria n.º 23 527, de 9 de Agosto de 1968, é criada a Comissão de Combustíveis e Centrais Nucleares, a funcionar na JEN, a partir de 1 de Outubro do mesmo ano.

Nesta data, entra em vigor o Decreto-Lei n.º 48 567, de 4 de Setembro de 1968, que corresponde à segunda revisão da lei orgânica da JEN. Por este diploma é criada a Direcção-Geral dos Combustíveis e Reactores Nucleares Industriais (DGCRNI), com amplas atribuições relacionadas com combustíveis e outros materiais nucleares, reactores de cisão nuclear industriais, fusão nuclear, segurança nuclear, assim como com a instalação e o funcionamento de centrais nucleares na Metrópole Portuguesa.

A tomada de posse de Marcello Alves Caetano como Presidente do Conselho, em 27 de Setembro de 1968, e a entrada em vigor da nova lei orgânica

da JEN ocorrem no começo do período em que as actividades da Junta atingem o apogeu.

É neste contexto que o LFEN é reorganizado por despacho do presidente da Junta, de 2 de Novembro de 1968 – passando a contar, entre outros, com um Serviço de Reactores Nucleares de Investigação (SRNI), em substituição do anterior SRN –, e que os seus objectivos são redefinidos pelo Despacho n.º 8 do mesmo dirigente, de 30 de Dezembro de 1968¹¹. Nesta data, Kaulza de Arriaga define também os objectivos da DGCRNI, pelo seu Despacho n.º 10. Com a criação desta direcção-geral e a explicitação dos seus objectivos, torna-se patente que ao LFEN ficava reservado um papel menos importante num eventual programa nuclear nacional. Mesmo assim, participa, activamente, nos estudos referidos na Directiva do Conselho de Ministros para os Assuntos Económicos, funcionando em sessões restritas para a Comissão de Combustíveis e Centrais Nucleares.

No discurso proferido, em 14 de Janeiro de 1969, na cerimónia da tomada de posse do novo vice-presidente, Joaquim Soeiro de Brito, e de outros altos funcionários da JEN, o respectivo presidente enuncia as linhas gerais da nova fase das actividades nucleares em Portugal e a estrutura dos organismos – entre os quais figurava obviamente a Junta – que deveriam dar-lhe execução¹².

Em consequência da nomeação de Kaulza de Arriaga para uma comissão de serviço militar no Ultramar, a presidência da JEN passa a ser assegurada pelo vice-presidente a partir de 10 de Agosto de 1969.

¹¹ "Disposições Relativas à Energia Nuclear". Junta de Energia Nuclear, Presidência do Conselho, 1970.

¹² A pormenorização de alguns dos conceitos e acções considerados no referido discurso constam de uma brochura publicada pela Junta de Energia Nuclear, em Fevereiro de 1969, com o título "Algumas Questões Nucleares em Portugal".

No início de 1971, Carlos Cacho individualiza, no SRNI/LFEN, o Grupo de Física de Neutrões e o Grupo de Física dos Reactores Nucleares. Na sequência desta decisão, é revista a orientação das actividades deste Grupo, passando a ser privilegiados temas susceptíveis de proporcionar uma intervenção esclarecida do Estado em algumas facetas de um eventual programa nuclear nacional. Além disso, são retomadas diligências – iniciadas no segundo semestre de 1967 e abortadas pela direcção do Laboratório, no primeiro trimestre de 1968 – no sentido de se estabelecer um acordo de cooperação com o CEA francês na área de actuação do Grupo. Esta iniciativa vem a concretizar-se, anos mais tarde, com enorme efeito no desenvolvimento dos estudos de reactores de cisão nuclear no nosso País.

Na Sessão Comemorativa do X Aniversário do LFEN, Carlos Cacho passa em revista as actividades do Laboratório. Em particular, refere-se à exploração do RPI, “sempre segura e sem dificuldades de maior”, à intenção de alargar o respectivo regime de funcionamento e a alterações em estudo (em particular, a elevação da respectiva potência de 1 MW para 2,5 MW). Salienta, ainda, a importância de “intensificar a actividade de alguns grupos no sentido de aprofundar os nossos conhecimentos no domínio do funcionamento dos reactores nucleares”, assim como a participação de técnicos superiores do Laboratório em estudos de certos aspectos de segurança nuclear, que estavam em curso na DGCRNI/JEN, em obediência à citada Directiva do Conselho de Ministros para os Assuntos Económicos.

Despromoção e desmembramento da JEN (1974-1978)

No Verão de 1972, começa a notar-se um complexo jogo de influências no seio do Governo, tendo, aparentemente, como objectivo entregar a supervisão da Junta ao ministro que tinha a seu cargo a tutela do sector industrial e energético¹³.

Sob a orientação de Soeiro de Brito, inicia-se, então, um conjunto de estudos com vista à revisão da lei orgânica da JEN, actividade que prossegue durante o ano de 1973. Regressado de Moçambique, em Setembro deste ano, Káulza de Arriaga reassume as funções de presidente do organismo e nomeia uma comissão com o mesmo objectivo, cujos trabalhos arrancam em Dezembro.

A despromoção da JEN é operada pelo Decreto-Lei n.º108/74, de 15 de Março, que, em particular, cria o Ministério da Indústria e Energia (MIE), no qual ela é integrada. Após o “25 de Abril”, um Despacho da Junta de Salvação Nacional, datado de 13 de Maio, passa à reserva Káulza de Arriaga e outros oficiais gerais. Surpreendido, o presidente da JEN requer a exoneração do seu cargo, a qual lhe é concedida com efeitos a partir de 31 de Maio do mesmo

ano, passando Carlos Cacho a assumir as responsabilidades pela gestão do organismo, por ser o director-geral mais antigo. Com a exoneração do presidente da Junta termina a intervenção da comissão nomeada no final de 1973.

A partir de Fevereiro de 1975, a Junta vai passar por mais cinco fases de um longo processo de reorientação e reorganização¹³, que culmina no seu desmembramento, em 1 de Junho de 1978.

O I Governo Constitucional é empossado em 23 de Julho de 1976, sendo Mário Soares o primeiro-ministro e Walter Rosa o ministro da Indústria e Energia. Entre as medidas de política para o sector da energia incluídas no Programa do Governo, figurava o “lançamento de um programa nuclear aproveitando o urânio nacional”. No discurso de apresentação daquele Programa na Assembleia da República, Mário Soares anuncia que “o Governo se propõe organizar um livro branco sobre a criação de uma central nuclear para o submeter a esta Assembleia”. O projecto do Livro Branco (em cuja comissão de redacção participam dois investigadores do LFEN)¹⁴ é entregue, em 23 de Dezembro de 1977, à entidade que determinara a sua redacção, mas só é tornado público em 1980¹⁵.

Três semanas após a remodelação do I Governo Constitucional – ocorrida em 25 de Março de 1977 –, o recém-nomeado ministro da Indústria e Tecnologia, Alfredo Nobre da Costa, anuncia que a JEN iria ser repartida por vários serviços do ministério e que o LFEN integraria o “Laboratório Nacional de Tecnologia Industrial”. Assim viria a acontecer, no quadro da nova lei orgânica do Ministério da Indústria e Tecnologia¹⁶, que, em particular, cria o Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (LNETI) e anuncia a extinção da JEN, à data de entrada em vigor da lei orgânica deste Laboratório.

Instalação do LNETI (1978-1985)

A comissão instaladora do LNETI – presidida por José Veiga Simão e empossada em 6 de Abril de 1978 – mantém a organização dos serviços integrados no Laboratório e inicia, imediatamente, o processo de elaboração da respectiva lei orgânica. Esta é promulgada em 8 de Agosto de 1979, é publicada em 1 de Setembro¹⁷ e entra em vigor no primeiro dia do mês seguinte (data da extinção formal da JEN).

O LFEN fica repartido por várias unidades orgânicas do LNETI, entre as quais figurava o Departamento de Energia e Engenharia Nucleares (DEEN) do Instituto de Energia (IdE). A este departamento competia

¹³ Oliveira, Jaime da Costa: “A Energia Nuclear em Portugal. Uma Esquina da História”. Editora O Mirante, Santarém, 2002.

¹⁴ Sousa, Alfredo de, Bettencourt, António Ortins, Oliveira, Jaime da Costa e Sérgio, Rui: “Centrais Nucleares em Portugal. Projecto de Livro Branco”. Ministério da Indústria e Tecnologia, Lisboa, 1978.

¹⁵ Despacho n.º 44/80, de 22 de Julho, do secretário de Estado da Energia e Minas.

¹⁶ Decreto-Lei n.º 548/77, de 31 de Dezembro.

¹⁷ Decreto-Lei n.º 361/79, de 1 de Setembro.



Reinício do funcionamento do RPI, em 18 de Janeiro 1990, após a conclusão das respectivas obras de modernização.

Da esquerda para a direita: José Salgado (sentado), Jaime Oliveira, Júlio Galvão, António Ramalho, António de Oliveira, Fernando de Almeida (sentado), Rui Carvalho, Juan Galán, Fernando Cardeira (encoberto), Albano da Silva, João Menezes e Eduardo Martinho.

“efectuar e promover a investigação e o desenvolvimento no domínio da engenharia nuclear e das diversas formas de obtenção de energia nuclear, assim como a formação e actualização permanente de técnicos para os diversos sectores da produção e utilização da energia nuclear para fins pacíficos”.

Com a entrada em vigor da lei orgânica do LNETI e a publicação de um despacho ministerial de 27 de Janeiro de 1981, que reconhece como esgotado o mandato da respectiva comissão instaladora, não termina a fase de “instalação” do Laboratório. Este primeiro período da sua existência vai prolongar-se, até 1985, com a construção de novos espaços laboratoriais – em particular, a ampliação do edifício do RPI, no primeiro semestre de 1982 – e a formação de equipas especializadas em diversos domínios. Em relação a este último aspecto, é de salientar que, no caso do DEEN, a escassez de recursos humanos era o factor que mais limitava a sua capacidade de actuação, visto que, no final de 1980, o departamento dispunha apenas de cinco investigadores. A partir de 1981, este estrangulamento começa a ser atenuado, graças à admissão de vários investigadores auxiliares e assistentes de investigação.

Merecem, ainda, uma referência breve o Plano Energético Nacional (versão de 1982) da Aliança Democrática e o Plano Energético Nacional (versão de 1984) do Bloco Central, em cuja elaboração participaram investigadores do DEEN. Estes Planos apontavam para programas similares de I&D, atribuindo-se a respectiva liderança ao LNETI. Recordar-se que a versão de 1984 não chega a ser remetida para a

Assembleia da República, à qual – de acordo com o Programa do IX Governo Constitucional – caberia promover uma ampla consulta pública e, posteriormente, deliberar sobre a opção nuclear.

No Programa do X Governo Constitucional, chefiado por Aníbal Cavaco Silva, que toma posse em 6 de Novembro de 1985, e em documentos posteriores sobre política energética, não volta a ser referida a eventual implantação de centrais nucleares em território nacional.

Instituto de Ciência e Engenharia Nucleares do LNETI e INETI (1985-1994)

Em Julho de 1985, por iniciativa de José Veiga Simão, ministro da Indústria e Energia do IX Governo Constitucional, são introduzidos alguns reajustamentos na organização do LNETI¹⁸: é criado o Instituto de Electromecânica e das Tecnologias da Informação, mantém-se o Instituto de Tecnologia Industrial, desdobra-se o Instituto de Energia no Instituto de Ciências e Engenharia Nucleares (ICEN) – com os existentes Departamento de Ciências e Técnicas Nucleares e Departamento de Energia e Engenharia Nucleares – e no Instituto de Novas Tecnologias Energéticas – com os existentes Departamento de Energias Convencionais e Departamento de Energias Renováveis –, e mantém-se o Departamento de Protecção e Segurança Radiológica (DPSR) como departamento autónomo.

José Veiga Simão reassume as funções de presidente do LNETI, após a tomada de posse do X Governo Constitucional, em 6 de Novembro de 1985, e apoia, inequivocamen-

¹⁸ Decreto-Lei n.º 272/85, de 17 de Julho.

te, o relançamento das actividades do ICEN e do DPSR, apesar de a evolução dos acontecimentos não ser favorável à concretização de um programa nuclear nacional.

Uma das mais significativas expressões do apoio de Veiga Simão ao relançamento das actividades do ICEN foi a sua intervenção junto do Governo português e da Agência Internacional de Energia Atómica, no sentido de se obter os recursos financeiros necessários para a realização de importantes obras de modernização do RPI¹⁹. Para a execução destes trabalhos, o reactor esteve parado, entre meados de 1987 e o final de 1989, tendo a sua operação sido retomada em 18 de Janeiro de 1990.

Ainda em 1987, no dia 20 de Maio, o secretário de Estado da Indústria e Energia, Luís Todo-Bom, aprova o Plano Estratégico do LNETI para 1987-1989, para cuja elaboração o director do ICEN preparara diversas contribuições, a partir de meados de 1986.

No início do segundo semestre de 1989, começa a ser preparado o novo programa estratégico do LNETI, em que, mais uma vez, o director do ICEN participa activamente. Em paralelo, as actividades em curso no Laboratório são sujeitas a avaliações independentes – a cargo da empresa britânica General Technology Systems Limited, da Agência Internacional de Energia da OCDE²⁰ e de cientistas de mérito internacional –, cujos resultados também contribuem para a redacção das Bases para o Programa Estratégico para 1992-1996²¹. Os documentos produzidos são tornados públicos num Seminário que tem lugar nas instalações do LNETI, em Lisboa, nos dias 7 e 8 de Maio de 1992.

Uma vez que as divergências com a tutela, a propósito da estratégia do LNETI, se tinham acentuado, Veiga Simão requer que a sua comissão de serviço como presidente da instituição não seja renovada, passando este cargo a ser desempenhado por Manuel Barata Marques, a partir de 3 de Julho de 1992.

Pouco depois, o Decreto-Lei n.º 240/92, de 29 de Outubro, transforma o LNETI no Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI), cuja organização interna é aprovada pelo Decreto Regulamentar n.º 30/92, de 10 de Novembro. Este diploma consagra a decisão do ministro da Indústria e Energia, Luís Mira Amaral, e do Governo chefiado por Aníbal Cavaco Silva de excluir o ICEN da estrutura do INETI.

Instituto Tecnológico e Nuclear (desde 1995)

O Decreto-Lei n.º 324-A/94, de 30 de Dezembro, cria o Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), que entra em regime de instalação, pelo período máximo de um ano, a partir de

1 de Janeiro de 1995, sendo a respectiva comissão instaladora presidida por António Francisco Marques de Carvalho. Este período não se salda por resultados que seria desejável alcançar, após a longa agonia do ICEN. Para isso, poderá ter contribuído o apertado limite temporal imposto pelo Governo e o facto de os membros da comissão instaladora serem representantes de ministros e individualidades muito ocupadas nas suas instituições de origem.

Na tomada de posse do conselho directivo do ITN, no dia 12 de Janeiro de 1996, o respectivo presidente, José Carvalho Soares, profere um discurso em que declara que “o futuro do Instituto dependerá, essencialmente, da viabilização do reactor nuclear”. E enuncia as condições que considerava necessárias para que essa viabilização “tivesse sentido”. Pelo meio, alude a “opções políticas erradas de um passado que temos de classificar, frontalmente, de desastroso”. O carácter vago do discurso – que contrasta com a objectividade do proferido, na mesma ocasião, pelo ministro, José Mariano Gago – põe em evidência a ausência de uma visão estratégica para o ITN e as injustificadas e injustas referências ao passado.

Infelizmente, a prática dos anos seguintes viria a confirmar a antevisão dos que, entre 1992 e 1994, lutaram, persistentemente, por forma a tornar possível um futuro para o Laboratório de Sacavém: com a criação do ITN ficara satisfeita a condição necessária – mas, não suficiente – para a sua sobrevivência.

Entre Junho de 1996 e Março de 2002, o ITN é avaliado oito vezes por grupos de peritos internacionais, cabendo a iniciativa ao Governo (em Junho de 1996 e Dezembro de 2000), ao conselho directivo (em Março de 1997, de 1998 e de 1999) e à unidade de acompanhamento do Instituto²² (em Setembro de 2000, Março de 2001 e Março de 2002).

Após a nomeação de Júlio Montalvão e Silva, em 27 de Novembro de 2002, para presidir ao conselho directivo do ITN, o Instituto é avaliado mais três vezes: no quadro da Reforma dos Laboratórios do Estado (em Abril de 2006) e pela referida unidade de acompanhamento²³ (em Abril de 2009 e de 2010).

Ou seja, em quinze anos, com início em Junho de 1996, o ITN foi sujeito a onze avaliações, constatando-se que muitas das recomendações de natureza estratégica formuladas pelos avaliadores não tiveram qualquer repercussão na organização e

¹⁹ Oliveira, 2005. *op. cit.* (5) 117-128.

²⁰ “Specialized Energy Technology Review: LNETI-Portugal”. IEA/OECD, Paris, October 1991. (Este relatório merece ser lido.)

²¹ “Bases para o Programa Estratégico 1992-1996”. LNETI, Lisboa, Junho 1992.

²² Este novo órgão do ITN foi criado na sequência da publicação do Decreto-Lei n.º 125/99, de 20 de Abril, que estabelece o quadro normativo aplicável às instituições que se dedicam à investigação científica e ao desenvolvimento tecnológico.

²³ A composição deste órgão do ITN foi revista no final de 2008.

no funcionamento do Instituto. Perante este estado de coisas, há que reconhecer que não basta avaliar, periodicamente e às claras, o desempenho de uma instituição, garantindo a independência dos avaliadores, o realismo dos critérios e o direito de resposta. Para além disso, é indispensável examinar as consequências das avaliações efectuadas, o que pressupõe que haja, de facto, consequências.

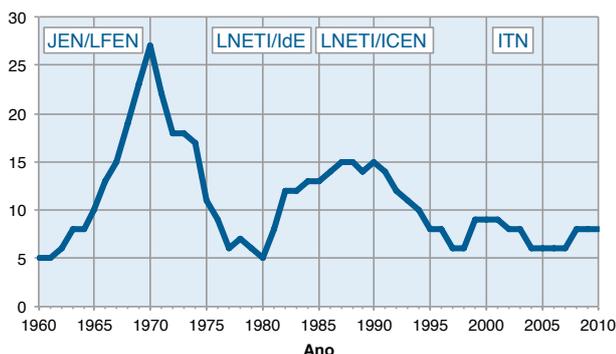
Caso contrário, é legítimo que nos interroguemos: o que justifica avaliações tão frequentes (como aquelas a que tem sido sujeito o ITN) quando se verifica que os respectivos efeitos permanecem aquém do esperado? Respostas possíveis: a avaliação está na moda; a avaliação adia a resolução dos problemas; etc. Porém, este tipo de abordagem reflecte, em regra, uma postura negativa e, por isso, indesejável. O que importa é examinar, atentamente, as recomendações dos avaliadores e pôr em prática as que sejam pertinentes e viáveis ou optar, justificadamente, por outras vias.

Em complemento destas breves alusões às estratégias subjacentes a meio século de estudos de reactores de cisão nuclear em Portugal, justifica-se passar em revista a evolução de dois indicadores: o número de investigadores neles envolvidos e o factor de utilização do RPI.

No que diz respeito ao primeiro indicador, é de salientar que, em 27 de Abril de 1961, o SRN/LFEN dispunha apenas de quatro técnicos licenciados. Outros dois técnicos licenciados, treinados no estrangeiro, tinham deixado a JEN antes da inauguração do Laboratório.

A partir de Outubro de 1961, começam a ser admitidos vários licenciados em ciências e engenharias e o número de investigadores envolvidos em estudos de reactores nucleares atinge o máximo em 1970 (vinte e sete).

A criação da DGCRNI/JEN, em Outubro de 1968, viria a ter reflexos negativos no indicador em apreço. O panorama fica mais sombrio em consequência das agitações pós-revolucionárias e do longo processo de reorientação e reorganização da JEN.

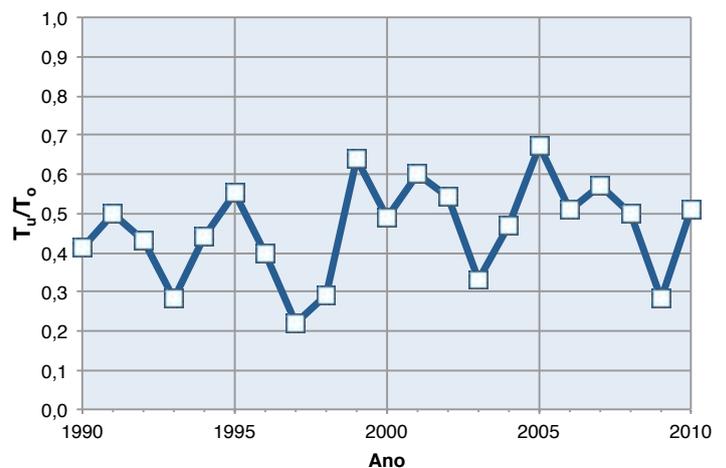


Investigadores envolvidos em estudos de reactores nucleares.

A partir de 1981, são admitidos vários assistentes de investigação e investigadores auxiliares para esta área de actividades. Porém, a ausência de uma decisão quanto à eventual implantação de centrais nucleares em Portugal – acentuada pela exclusão do ICEN da estrutura do INETI – é motivo para que vários investigadores do DEEN abandonem a instituição, não sendo substituídos.

Entre 1998 e 2008, volta a ser possível recrutar pessoal para a operação e para o estudo do RPI: seis investigadores doutorados (alguns dos quais exercem as suas funções apenas em regime de tempo parcial), uma técnica superior, cinco operadores do reactor, um técnico de protecção contra radiações e um técnico de laboratório. No mesmo período, ocorre a aposentação de seis investigadores (cinco dos quais tinham sido admitidos nos anos 1960) e a saída de três operadores seniores e de um operador admitido em 2001.

No que diz respeito ao factor de utilização do RPI, constata-se que, desde as obras de modernização desta infra-estrutura, o tempo de utilização (T_u) tem oscilado em torno de cerca de metade do tempo de operação (T_o). Por conseguinte, a oportuna reformulação de objectivos estratégicos para a exploração do RPI e a afectação dos recursos necessários para os atingir são mais importantes do que a garantia da sua disponibilidade.



Factor de utilização do RPI.

Que futuro?

Olhando para o futuro – tendo presente o ocorrido desde 1961 –, duas observações merecem ser realçadas:

- Desde a proposta da criação do LFEN em Novembro de 1955, os factos evidenciam o firme propósito de colocar o RPI (tal como outros grandes equipamentos do Laboratório) ao serviço de investigadores nacionais e estrangeiros, visando o progresso do conhecimento e aplicações práticas. É verdade que não se concretizou, plenamente, a cooperação desejada e desejável com outras instituições nacionais, nomeadamente com as Universidades. Apesar de tudo, é inegável que houve capacidade para superar condicionaismos inibitórios e circunstâncias adversas, e que sempre se promoveu a utilização do reactor.

2. O RPI encontra-se em boas condições de exploração, graças às importantes obras de modernização a que foi sujeito, há pouco mais de vinte anos, assim como a uma manutenção cuidada e à acção de pessoal competente e empenhado. Além disso, está garantida a disponibilidade de combustível nuclear até 2016, pelo menos.

Tal como os descobrimentos dos nossos antepassados *nam se fizeram* indo a acertar, também o ITN não chegará a bom porto “navegando” desta maneira. Até à criação do Instituto, no final de 1994, é patente – com maior ou menor nitidez – que sempre foi possível saber para onde se caminhava. Nos últimos dezasseis anos, tem-se agido *indo a acertar*. Actuando deste modo, está a atraí-lo as motivações dos fundadores do LFEN e a desbaratar os esforços dos que lhes sucederam e garantiram, em particular, as condições susceptíveis de proporcionar uma exploração regular, segura e fiável do RPI e a realização, no nosso País, de estudos de reactores de cisão nuclear industriais.

O ITN é um Laboratório do Estado. Consequentemente, é legítimo perguntar ao Governo o que pretende que o Instituto faça. E esperar que a resposta não consista em remeter para o enunciado abstracto e generalista das suas atribuições, mas seja a explicitação concreta e precisa das “encomendas” que, num horizonte temporal especificado, o Governo faz e se compromete a pagar – em espécie (recursos humanos e materiais) e em numerário (dotações para investimentos e despesas de desenvolvimento e de funcionamento) –, no quadro da execução de políticas públicas. Obviamente, o recurso a outras fontes de financiamento deve ser promovido pela direcção do Instituto.

Momentos da pré-história e história do RPI



Fig. 1. Aspecto da construção do edifício do RPI (18/12/1959)



Fig. 2. Carregamento do combustível do RPI no Aeroporto de Lisboa (18/04/1961)



Fig. 3. José Frederico Ulrich, Francisco Leite Pinto e Francis Perrin no RPI durante a inauguração do LFEN (27/04/1961)



Fig. 4. Sala de comando do RPI durante a inauguração do LFEN. Na primeira linha estão Cordeiro Lopes (sentado), Kurt Jacobsohn, António Ramalho e João Carrington da Costa (27/04/1961)



Fig. 5. Soldadura de chapas de aço do revestimento da secção I da piscina, instalado no fim da década de 1980.



Fig. 6. Juan Manuel Galán e Rui Carvalho junto ao topo da piscina do RPI durante as obras no fim da década de 1980.



Fig. 7. João Baptista Menezes (1933-1997), Chefe do Grupo de Operação do RPI (1966-1995), Director do Departamento de Engenharia e Energia Nuclear (1989-1995) e Responsável pela Unidade de Exploração do RPI do ITN (1996-1997).



Fig. 8. Sala de comando do RPI no dia da experiência crítica com o núcleo III do RPI, da esquerda para a direita: José Marques, Rogério Santos, Nuno Serrote, Rodolfo Pombo, Carlos Cruz, Júlio Montalvão e Silva, Ana Rita Ramos e Joaquim Ribeiro (06/09/2007).



Fig. 9. António Gonçalves Ramalho e Jaime da Costa Oliveira na inauguração do núcleo III do RPI (08/11/2007)

Entrevista: James Kakalios

Gonçalo Figueira

James Kakalios, professor de Física e autor do famoso livro “The physics of superheroes” (A física dos super-heróis), visitou Portugal no passado dia 9 de Julho para realizar uma apresentação aberta ao grande público. Esta decorreu no Instituto Superior Técnico, em Lisboa, tendo precisamente o título “A física dos super-heróis”.

Professor de física na Universidade do Minnesota, Kakalios é sobretudo conhecido do grande público como autor de livros de divulgação. Entre estes destaca-se “The physics of superheroes” (A física dos super-heróis, de 2006, ainda não editado em Portugal). O livro destacou-se pela forma como utiliza a física para “investigar” a plausibilidade dos superpoderes dos mais conhecidos super-heróis da banda desenhada, e a partir daí chegar a conclusões por vezes surpreendentes, sempre dentro do rigor científico mas com muito humor.

Esta abordagem invulgar nasceu em 1985 de um curso na Universidade do Minnesota, através do qual Kakalios procurou incentivar os estudantes de física para que pensem e raciocinem de um modo diferente do convencional. Fã incondicional de *comics* americanos, Kakalios recorreu às características das diversas personagens e a episódios das histórias como forma de motivar a curiosidade dos alunos. Esta ideia deu origem ao livro, que entretanto teve uma segunda edição aumentada, bem como às diversas palestras que tem proferido em alguns dos mais importantes auditórios mundiais.

A visita contou com os apoios, entre outros, do Instituto Superior Técnico/American Corner, Embaixada dos Estados Unidos em Portugal, Sociedade Portuguesa de Física, e Ciência Viva.

(Gazeta de Física) Como se vê a si mesmo: um físico de matéria condensada que de vez em quando é divulgador de ciência, ou vice-versa?

(Kakalios) É uma excelente pergunta. Eu diria que, no meu dia-a-dia profissional, sou um afável professor de matéria condensada, cujas principais responsabilidades são as minhas aulas e a minha

investigação, e como responsabilidade secundária vem a comunicação com o grande público. Logo, certamente não considero – e o meu patrão também não! – que a divulgação seja a minha principal responsabilidade, mas é também reconhecida como um aspecto importante.

Mas tem conseguido que a Universidade e os seus colegas apoiem o seu interesse pela divulgação?

Bem, quando comecei a fazer estas coisas estava realmente preocupado com essa questão; sabem, receava ouvir comentários do género “se passasses mais tempo no laboratório e menos a ler livros de banda desenhada, talvez conseguisses mais financiamento”.

Mas acabou por não ser esse o caso. Por volta da altura em que dei os primeiros passos na divulgação de ciência, deu-se a feliz coincidência de começar a existir uma percepção crescente entre a comunidade de físicos de que os cientistas têm de melhorar a sua comunicação com o público em geral.

Recentemente, a Sociedade Americana de Física promoveu uma sondagem independente para conhecer a opinião das pessoas sobre a ciência. Acontece que as pessoas adoram a ciência, têm um grande respeito pelos cientistas, mas não pensam que a investigação científica tenha qualquer impacto nas suas vidas. Não se apercebem dessa ligação, e é precisamente essa lacuna que deve ser preenchida; mas nem toda a gente é capaz, ou é necessariamente a pessoa certa para lidar com o público em geral. Tal como nem todos têm o mesmo tipo de aptidões para trabalhar num laboratório: algumas pessoas são muito boas a manejar equipamentos, outras são-no a lidar com teorias, ou a escrever programas de computador. E do mesmo modo que não vamos pegar num físico teórico e pô-lo a trabalhar em física experimental, ou vice-versa, também há quem consiga ser mais hábil a comunicar com o público, e há um reconhecimento crescente de que as pessoas que o conseguem fazer, e são boas nisso, não devem ser impedidos de o fazer, no mínimo. Ainda não chegámos a uma fase em que estejamos a recompensar activamente estas pessoas, mas pelo menos – e é o que dizem aqueles que já se dedicavam à divulgação antes de mim – pode-se falar em progresso, porque já não somos criticados.

Consegue ter uma atitude muito natural quando se fala para o público. É um talento inato, ou teve formação em teatro ou algo do género?

(risos) Bem, a minha família diria que é o trabalho para o qual eu me tenho preparado toda a vida. Desde pequeno que sou um pouco dado a agir de forma teatral. Diverte-me, mas ao mesmo tempo também me esforço para tentar fazer melhor. Quando comecei nisto, faz mais de uma década, costumava escutar as minhas próprias entrevistas, e perguntar a opinião a outras pessoas. Ensina-me que tinha que ser mais resumido e mais objectivo, e isto é algo que procuro sempre aperfeiçoar: escutar o que os outros dizem, evitar uma atitude defensiva, e corrigir-me.

Ao fazer isto repetidamente, começamos a aperceber-nos que há ritmos apropriados, pensamos em termos de tempos, de modo que benefício bastante deste exercício. É o mesmo que fazemos quando nos preparamos para um exame, praticamos resolvendo conjuntos de problemas, e isto foi um processo semelhante.

Na sua opinião, a ciência tal como é retratada nos filmes tem vindo a tornar-se mais verídica, ou mais ficcional?

Penso que está a haver um esforço no sentido correcto. Hollywood realmente percebeu que, apesar de não ter que apresentar filmes que sejam 100 % cientificamente precisos, também não pode insultar a inteligência do público. Ora, quando surge um filme em que fazem algo tão descaradamente errado que até alguém sem formação científica reconhece que é ridículo, as pessoas deixam de prestar atenção à história, começam-se a rir *do* filme, em vez de se rirem *com* o filme. Depois vão para o Twitter, vão para o Facebook, e contam aos amigos como o filme é uma tolice, e isso vai afectar os resultados de bilheteira.

É claro que os realizadores não estão a tentar fazer documentários, o que eles querem é contar histórias divertidas. Mas se conseguirem contar uma história divertida, e ao mesmo tempo conquistar os espectadores, tanto melhor. Assim, a boa ciência nos filmes é uma ferramenta, tal como um bom guarda-roupa, ou bons efeitos especiais, são ferramentas. Se conseguirem incluir boa ciência num filme – não para estarem a ensinar ciência ao público, mas para o manter envolvido – é uma ferramenta que usarão com gosto. Terão todo o gosto em nos utilizar a nós, cientistas, para os ajudar a contar histórias melhores. E nós podemos usá-los a eles, pois podemos aproveitar o interesse que as pessoas têm pelos seus filmes e dizer-lhes, ei, gostaram daquele filme do Homem-Aranha, pois deixem-me contar-vos algumas coisas interessantes sobre a ciência que aquilo envolve e da qual se calhar não se aperceberam. É uma forma de ensinar. Sabem como é, uma mão lava a outra, aquilo que em ciência se chama... lavar as mãos! (risos)

Na sua opinião, qual é o herói de banda desenhada cujas histórias são mais cientificamente correctas?

Normalmente, as pessoas dizem-me que acham que o super-herói mais irrealista seria o Super-homem, porque na primeira aparição do Super-homem a sua força é atribuída ao facto do seu planeta natal, Krypton, ter uma gravida-

de maior que a Terra. Isso explicaria que ele fosse capaz de galgar arranha-céus na Terra só com um salto. É tal e qual como se nós formos à Lua, seremos capazes de levantar carros lunares, pular por cima de edifícios lunares, que é o tipo de coisas que deixa espantados os... habitantes lunares... acho que agora disse mais do que devia!

Bom, e depois disso o Super-homem continua a ganhar todo o tipo de poderes e capacidades, e então disseram, bem, é porque nós temos um sol amarelo, e em Krypton o sol é vermelho, e portanto é óbvio que basta mudar de luz vermelha para luz amarela, uma simples mudança de comprimento de onda, para que sejamos capazes de dobrar a força com as mãos, desafiar a gravidade, e por aí fora... ou seja, o Super-homem é, provavelmente, demasiado irrealista.

Eu diria que o que pode ser considerado o mais realista é – com uma grande excepção – o Homem de Ferro. Eis um super-herói que é um engenheiro. Se pode haver super-heróis engenheiros, então é um desses que eu quero ter. E existem de verdade coisas como exo-esqueletos, armaduras de placas reforçadas, botas a jacto, e carros com motores a jacto. O único que nos falta é uma fonte de energia para pôr isto tudo a funcionar. Nos filmes do Homem de Ferro, ele usa um pequeno disco ao peito que gera a mesma energia que cerca de três centrais nucleares! Se soubéssemos como fazer isso, nem precisávamos de super-heróis. De modo que tirando essa excepção milagrosa, o resto é bastante aceitável.

Em que projetos está actualmente a trabalhar? Talvez a escrever um novo livro ou a ser consultor para um novo filme?

De momento não estou a fazer nenhum tipo de consultoria, mas há vários projectos potenciais a caminho. A única coisa que é concreta e que posso adiantar é que estou a trabalhar noutro livro, que aborda a ciência da vida quotidiana. Para mim, vai ser uma tarefa complicada fazer isso sem falar em livros de banda desenhada. Vamos ver se estou à altura do desafio!



James Kakalios (ao centro) no IST, com o autor e Teresa Peña (presidente da SPF) à direita, Palmira F. Silva e Pedro Brogueira, anfitriões do IST, à direita.

Pêndulo Mundial

Horácio Fernandes

Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Colocar o ensino experimental da física na “rede” empregando os conceitos da Web 2.0 é o objetivo dum projeto do Instituto Superior Técnico (IST) com o apoio da Sociedade Portuguesa de Física e a chancela do Ano de Portugal no Brasil, realizando uma experiência a nível mundial com a participação de várias escolas nas latitudes da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP).

O projeto

Em 2006, a Agência Espacial Europeia (ESA) assinou com a Federação Russa um contrato para o lançamento a partir da Guiana Francesa (5° N) de foguetões Soyuz. O primeiro lançamento ocorreu em outubro de 2011, permitindo à Soyuz colocar em órbita quase o dobro da carga anteriormente transportada e permitindo poupar 140 milhões de euros por lançamento. Neste exemplo, o lançamento para uma órbita

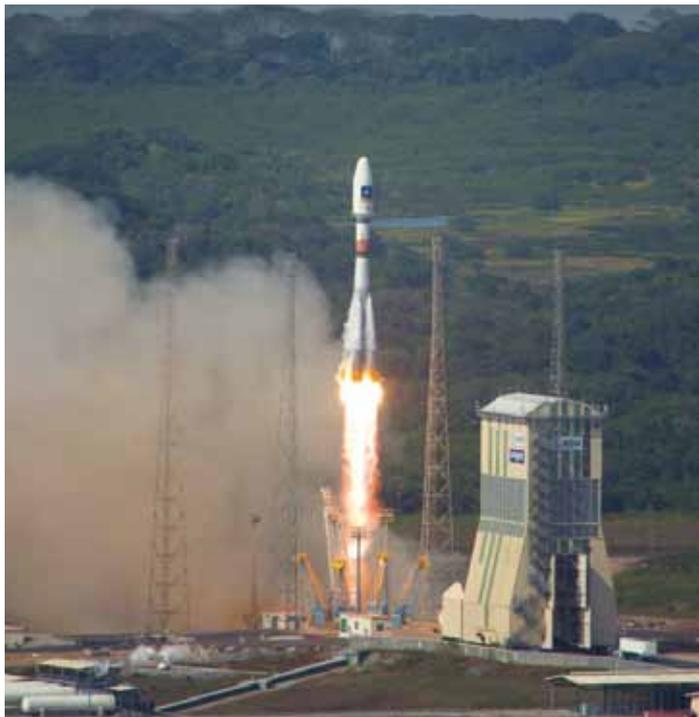


Fig. 1 - Lançamento do foguetão Soyuz na Guiana Francesa (5° a norte do equador). (ESA)

geoestacionária a partir duma latitude no equador permite colocar 3 toneladas (t) em órbita, ao invés das habituais 1,7 t quando o lançamento é efetuado em Baikonur (46° N), no Cazaquistão. Isto deve-se ao facto do peso aparente dos corpos ser gradualmente reduzido desde os polos até o equador, tornando mais fácil, a partir deste, lançar o equipamento para o espaço. Efetivamente sentir-nos-emos mais leves no equador do que nos polos!

É esta diferença de peso sentida pelos corpos em várias latitudes que a experiência do “Pêndulo Mundial” pretende determinar, usando para tal diversos locais em países da CPLP.

O Centro Ciência Viva do Algarve em Faro acolheu a primeira experiência, já acessível a partir do e-lab [1]. Lisboa e Rio de Janeiro, nos seus planetários, e a Universidade de Ilhéus (UESC) serão as próximas cidades a contribuírem para esta constelação de pêndulos controlados remotamente, permitindo efetuar um ajuste dos dados experimentais à equação harmónica estabelecida pela comunidade científica que descreve a variação da gravidade com a latitude.

Hoje em dia, já é comum a existência de grandes experiências científicas mundiais tais como a Organização Europeia da Investigação Nuclear (CERN), o Reator Experimental Termonuclear Internacional (ITER), o Observatório Europeu do Sul (ESO) ou a estação espacial internacional, entre outros. Contudo, o ensino experimental e, em particular, da física, está muito arredado das atividades letivas correntes e sem qualquer prática de cooperação. Este projeto pretende incentivar o ensino experimental e capacitar os alunos para dialogar e cooperar através de redes sociais, criando uma organização informal de professores e discentes ao nível das escolas secundárias da CPLP.

O objetivo final é cartografar para várias latitudes o valor da força local que nos mantém firmes na

A CPLP como “provedor de latitude”

A CPLP cruza latitudes desde o equador a quase metade do globo terrestre, funcionando como um provedor de latitude. Usando um pêndulo especialmente desenhado para o efeito com o apoio do Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica (CENFIM), várias escolas e universidades no seio da CPLP irão cooperar entre si, construindo e operando um conjunto de experiências locais que estarão conectadas em rede. Esta iniciativa obteve a chancela do Ano de Portugal no Brasil.

PORTUGAL
BRASIL
AGORA



superfície da Terra, permitindo aos alunos efetuarem um estudo gravimétrico local, mas permitindo-lhes igualmente aceder a outras experiências remotamente através da internet. Ou seja, cada escola poderá instalar um pêndulo local mas também aceder a outras partes do globo para caracterizar a aceleração da gravidade através dos laboratórios remotos desenvolvidos no IST. Por outro lado, os valores determinados nessa escola serão tabelados no *Google Spreadsheet* e instantaneamente publicados *online*, com a discussão efetuada no fórum “Física e Química em rede” [2].

Aproximações ao modelo experimental

A descrição gravimétrica experimental do nosso globo terrestre obtém-se, como em muitos outros campos da física, através do ajuste duma função harmónica esférica cujos termos são calculados experimentalmente, principalmente com o recurso ao conhecimento exato da rota de satélites.

Nem sempre foi assim. Antes da era espacial, os pêndulos eram os principais agentes da determinação gravimétrica. Aliás ainda o são para a determinação local e estudo do subsolo, onde podem ajudar à descoberta de minério, quer seja sólido, líquido ou gasoso (cavidades ocas).

No entanto, a didática encontrada num pêndulo é imensa [3]. Usado para determinar a gravidade em função da latitude, permite explicar logo de início a importância do movimento circular uniforme e o efeito da aceleração centrípeta.

Mas cedo nos apercebemos, à medida que aumentamos a exatidão do nosso instrumento, de que não existe um ajuste preciso com a teoria, sendo necessário olhar com mais cuidado para a Terra e perceber que esta é um elipsóide cujo raio é menor nos pólos e incrementando por essa via a aceleração da gravidade sentida, compensando em parte o efeito da aceleração centrípeta.

Como se sabe, existem três fatores principais para a modificação da aceleração gravítica na superfície da Terra:

I. A Terra não é uma esfera perfeita, sendo um elipsóide com raio equatorial (6 378 137 m) cerca de 21 km maior que o raio polar (6 356 752 m), produzindo um aumento da gravidade em direção aos polos (menor raio);

II. A Terra está em rotação, com a aceleração centrífuga oposta à aceleração da gravidade sendo nula nos polos e tendo seu valor máximo no equador. Portanto, este efeito produz um aumento de g em direção ao polo;

III. A Terra não é uniforme: há uma concentração maior de massa no equador, o que faz com que o valor de g aumente para latitudes baixas.

No gráfico seguinte (Fig. 3), representamos essas contribuições aplicadas sucessivamente sobre a “gravidade padrão”, representada a verde.

A partir desse valor, soma-se a contribuição devido à diferença dos semi-rais, obtendo-se a linha azul, após o que se adiciona a componente centrípeta resultando a característica a laranja. A gravidade final exata resulta da contribuição derradeira dada pela distribuição de massa.

É interessante notar que, por mera coincidência, estes três

Correções sucessivas à aceleração da gravidade

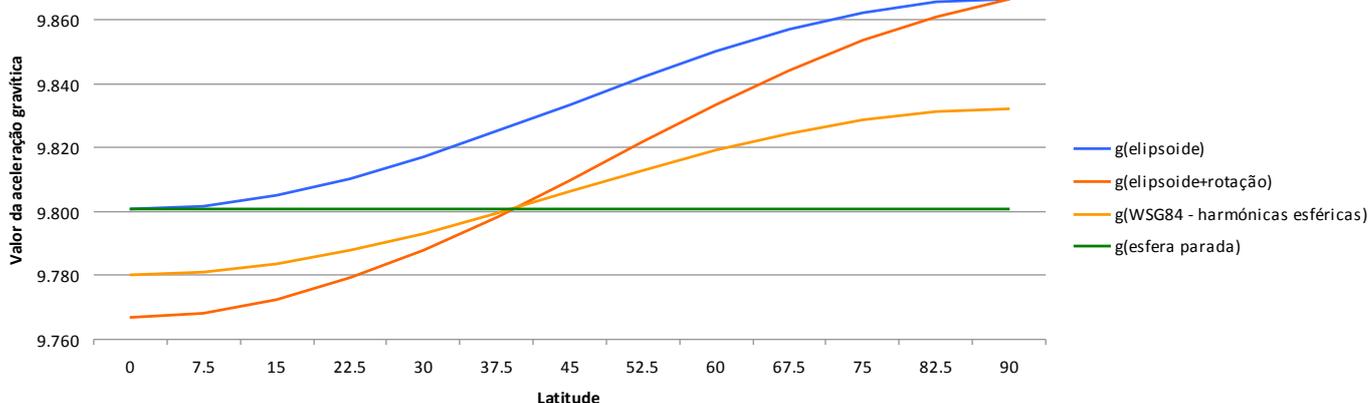


Fig. 3 - As várias contribuições da aceleração gravítica adiciona progressivamente para o valor esperado em função da latitude do lugar.

valores anulam-se na latitude aproximada de Lisboa, cujo valor da gravidade normal é muito próximo da Terra esférica e parada!

Mas os estudos proporcionados por um pêndulo destes não se ficam por aqui. É claro que temporalmente existem fatores importantes que modificam estes valores, nomeadamente o alinhamento celeste dos nossos principais “vizinhas gravíticos”, pelo que se poderá efetuar o estudo das perturbações causadas por corpos celestes como a Lua e/ou o Sol.

Com efeito, usando uma medida em modo diferencial teremos sensibilidade suficiente para detetar a influência destes corpos mais próximos da Terra, já que introduzem uma variação da ordem dos milésimos de m/s^2 , efetuando medições quando estes astros estão alinhados com a Terra, em fases de lua nova ou cheia e na meia-noite e meio-dia solares.

Deste modo, esta experiência possibilita efetuar estudos de geofísica muito interessantes [3], permitindo introduzir conceitos de tratamento de erros experimentais para além de toda a riqueza da física-matemática do movimento harmónico (e amortecido) do pêndulo.

Outros Laboratórios Controlados Remotamente (*Remote Controlled Laboratories*, RCL) disponibilizam em latitudes acima de Lisboa pêndulos semelhantes [5,6].

O Instituto Superior Técnico, com a chancela do Ano de Portugal no Brasil, pretende assim contribuir para a motivação do ensino da física experimental, uma das bases principais da sua oferta educativa em engenharia e física, esperando motivar, atrair e formar cada vez mais alunos do espaço da lusofonia.



Horácio Fernandes

é professor do departamento de física do IST e investigador no Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, onde coordena a atividade do tokamak ISTTOK. Em 1999 criou o e-lab, laboratório remoto do IST, com acesso livre. Mantém igualmente uma regular participação em divulgação científica. É atualmente membro do “Technical Advisor Panel” da agência europeia para o ITER (F4E) e investigador coordenador duma atividade de pesquisa da IAEA.

Referências

1. www.e-lab.ist.eu, 18/7/2013
2. <http://fqnosecundario.ning.com/>, 18/6/2013
3. Robert A. Nelson, M. G. Olson, “The pendulum – Rich physics from a simple system”, *American Journal of Physics* 54, 112 (1986).
4. Colin Gauld, “Pendulums in the Physics Education Literature: A Bibliography”, em “The Pendulum: Scientific, Historical, Philosophical and Educational Perspectives”, Springer (2004).
5. S. Grober, M. Vetter, B. Eckert e H.-J. Jodl, “World pendulum—a distributed remotely controlled laboratory (RCL) to measure the Earth’s gravitational acceleration depending on geographical latitude”, *European Journal of Physics* 28, 603 (2007).
6. <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de>, 18/6/2013

Utilização do *Faulkes Telescope Project* na escola

Miguel Neta

miguelneta@gmail.com

O *Faulkes Telescope Project*

O *Faulkes Telescope Project* (FT) [1] facilita o acesso de alunos a telescópios remotos, permitindo a captura de imagens do céu. O projeto foi idealizado em 2000, no Reino Unido, mas é atualmente gerido pelo *Las Cumbres Observatory Global Telescope Network* (LCOGT) [2] e em Portugal a sua divulgação é realizada pelo NUCLIO [3].

Apesar de inicialmente o público-alvo ser restrito, atualmente há utilizadores autorizados pelos vários países da Europa. Para se ter acesso ao registo, que é gratuito, é necessário participar numa formação onde seja realizada uma iniciação à utilização dos telescópios deste projeto.

Em junho de 2011, tive a oportunidade de realizar a formação *EU-HOU: Hands-On Universe, Europe. Bringing frontline interactive astronomy in the classroom*¹, que decorreu na Université Pierre et Marie Curie, em Paris, estando esta formação inserida num programa de formação para professores mais vasto chamado *Galileo Teacher Training Program* (GTP) [4]. O FT foi uma das atividades propostas nesta formação EU-HOU, pelo que, desde essa data, tenho a possibilidade de aceder e utilizar este sistema de observação com alunos.

A rede de observação

Atualmente a rede de observação disponível é constituída por apenas dois telescópios: um no Havai e outro na Austrália. Estas localizações (Figura 1) estão relacionadas com dois fatores (para além dos requeridos para uma boa localização de observação astronómica):

1. Durante o horário letivo diurno nas escolas europeias é noite nestes dois locais, pelo que é pos-



Fig. 1



Fig. 2

4096×4096 *pixels*, e estão preparados para obter imagens com diversos filtros.

sível ter uma visão do céu noturno durante o horário de aulas europeu;

2. Cada um dos telescópios está localizado num hemisfério diferente, permitindo observar o céu do hemisfério Norte (a partir do Havai) e o céu do hemisfério Sul (a partir da Austrália).

Estes telescópios (Figura 2) têm um espelho primário de dois metros de diâmetro, captam imagens através de um CCD de 10,5' com

FT na escola

Depois da formação em Paris, realizei algumas sessões de observação sozinho para me ambientar ao processo de controlo e obtenção de imagens. No dia 25 de janeiro de 2012, foi realizada a primeira observação com alguns alunos meus de uma turma do 11º ano da Escola Secundária de Loulé (ESL) [5] e, desde aí, são realizadas sessões mensais de observação, com um número variável de alunos, oriundos de diferentes turmas da escola.

A participação dos alunos nesta atividade é livre e extra horário letivo. Os participantes são alunos da escola que me contactam após conhecerem o projeto e que se preparam para o utilizar em sessões de observação com colegas já hábeis na utilização dos telescópios remotos (Figura 3).

As sessões

Para se realizar uma sessão de observação, é necessário confirmar a disponibilidade de um dos telescópios e reservá-lo, normalmente com duas ou três semanas de antecede-

¹ Socrates project nº 141928-LLP-1-2008-1-FR-COMENIUS-CMP /2008-3371



Fig. 3

dência. Cada sessão deve ser antecipadamente preparada para que possa ser rentabilizada a meia hora disponível.

Para a antevisão do céu a observar na data e hora da sessão marcada, usamos um planetário virtual (normalmente o *Stellarium* [6]) que nos permite confirmar a localização de possíveis objetos interessantes.

Após o início de uma sessão, passamos a controlar, em tempo real, um dos telescópios da rede a partir de um computador ligado à internet. Damos as indicações necessárias ao telescópio, obrigando-o a mover-se na direção do objeto desejado (Figura 4) indicando o tempo de exposição e os filtros a usar para a obtenção de cada imagem.

Todas as imagens obtidas ficam gravadas numa base de dados que é aberta ao público.

O resultado das observações realizadas pelos alunos da ESL (Figs. 5 e 6) pode também ser acompanhado no blogue *Escola Secundária de Loulé com Faulkes Telescope*. [7]

A utilização deste projeto está aberto a outras escolas que desejem conhecer a atividade (bastando contactar-me) e esteve pela primeira vez inserido nas atividades Ciência Viva no Verão 2013, com três sessões abertas ao público (Figura 7).

A partir do ano letivo 2013/2014 irei realizar esta atividade com alunos do Agrupamento de Escolas Dr.^a Laura Ayres [8], em Quarteira.

Referências

1. <http://www.faulkes-telescope.com/>
2. <http://lcogt.net/>
3. <http://nuclio.org/>
4. <http://www.galileoteachers.org/>
5. <https://www.es-loule.edu.pt/>
6. <http://www.stellarium.org/pt/>
7. <http://eslft.wordpress.com/>
8. <http://www.esla.edu.pt/>

Miguel Neta é licenciado em Química, pela Fac. Ciências e Tecnologia da Univ. Coimbra, e mestre em dinamização das Ciências em Contexto Escolar, pela Escola Superior de Educação e Comunicação da Univ. Algarve. Iniciou a sua atividade letiva em 1997 e atualmente leciona no Agrupamento de Escolas Dr.^a Laura Ayres, em Quarteira.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7

notícias

Aconteceu

Actividades da Sociedade Portuguesa de Física

Teresa Peña

Com o objectivo de manter informados os sócios sobre as iniciativas que promove, a Direcção da SPF vem listar as actividades realizadas nos quatro primeiros meses do seu mandato:

- Organização e submissão da candidatura ao FACC (FCT), cujo resultado de apreciação conduziu a financiamento pela FCT, como nos foi comunicado em Julho.

- Constituição, através de processo de candidatura, da SPF como entidade avaliadora e certificadora de manuais escolares, para o 3º Ciclo do Ensino Básico da disciplina de Físico-Química, dos 7º, 8º e 9º anos (anos curriculares para os quais o concurso abriu). A Comissão de Apreciação da Direcção Geral da Educação reconheceu a adequação da nossa candidatura a todos os critérios da grelha de avaliação, nomeadamente dos perfis académicos dos membros das equipas científico-pedagógicas - qualificações, funções e cargos desempenhados.

- Organização das Olimpíadas Regionais e Nacionais da Física.

- Organização, em parceria com Centros de Investigação das Universidades, da Conferência *Nuclear Physics in Astrophysics VI*.

- Preparação de alunos e participação nas Olimpíadas Internacionais de Física, IPhO-2013, que decorreram em Copenhaga, em Julho, nas quais se obteve uma medalha de bronze.

- Renovação da acreditação da SPF enquanto Centro de Formação Contínua de Professores, com validade até 14 de Maio de 2016.

- Realização da acção de formação "Física Experimental Olímpica", destinada aos professores acompanhantes dos alunos pré-seleccionados para participar nas Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física, em sessões com periodicidade mensal, de Fevereiro a Junho, e preparação de acção semelhante, a decorrer no próximo ano.

- Realização da acção de formação "Física Experimental Pré-Olimpica", destinada a professores do ensino secundário, de Novembro a Maio, em seis

sessões que tiveram lugar em Coimbra, entre Novembro e Maio, e preparação de acção semelhante, a decorrer no próximo ano.

- Organização do livro de actas da Conferência Nacional de Física 2012, a ser publicado electronicamente.

- Co-organização com o American Corner do IST do evento "Física dos Super-Heróis", financiado pela Embaixada dos Estados Unidos da América.

- Execução de nova edição do projecto MEDEA, parceria entre a REN e a SPF, planeando-se a atribuição dos prémios numa sessão solene a ter lugar em Novembro.

- Preparação do Encontro de Professores de Física e Química, que decorrerá em Beja, em Setembro.

- Orçamentação e organização da equipa do projecto, proposto pela Fundação PT, de edição em português dos Vídeos de Física da Academia Khan.

Saliente-se que a SPF obteve, através do Ministério da Educação e Ciência, a formalização do compromisso governamental de Portugal ser o País anfitrião e organizador das Olimpíadas Internacionais de 2018. Em 2000, na 31ª edição das Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO), foi entregue ao Presidente da IPhO uma carta do governo português de então, com a candidatura de Portugal à organização de uma futura edição da IPhO.

O secretariado da IPhO outorgou a Portugal a organização da Olimpíada Internacional de Física de 2018, atendendo às manifestações de intenção de outros países. De acordo com os prazos definidos em regulamento internacional, para esta decisão se tornar definitiva, o Governo português actual assumiu agora formalmente o compromisso definitivo de Portugal vir a ser efectivamente o país anfitrião e organizador desta competição em 2018.

4º Encontro de Professores de Física e Química

Decorreu no Instituto Politécnico de Beja nos dias 20 e 21 de Setembro de 2013 a 4ª edição do Encontro de Professores de Física e Química, promovida pela Delegação do Sul e Ilhas da Sociedade Portuguesa de Física, e que contou com 60 participantes.

O Reactor Nuclear Português

Carlos Fiolhais

O primeiro reactor nuclear experimental entrou em actividade crítica em 2 de Dezembro de 1942 debaixo das bancadas de um estádio em Chicago, nos Estados Unidos, e ainda não tinha passado um ano quando entrava em funcionamento em Oak Ridge o primeiro reactor industrial. Se o primeiro tinha a potência de um watt, o segundo tinha de um megawatt. A era nuclear surgiu associada à guerra, mas, em 8 de Dezembro de 1953, o presidente norte-americano Eisenhower fazia um discurso nas Nações Unidas em favor da utilização pacífica da energia nuclear.

Esse programa, denominado *Átomos para a Paz*, encontrou eco em Portugal. Em 1954 o governo de Salazar criava a Junta de Energia Nuclear, querendo iniciar uma grande aposta nacional na ciência e engenharia nucleares. Havia uma boa razão para o interesse português nessa área: existiam quase desde o início do século minas de urânio na Urgeiriça e, no final da Segunda Guerra Mundial, tinham sido descobertos filões de minérios uraníferos em Moçambique. O Laboratório de Física e Engenharia Nuclear (antecessor do actual Instituto Tecnológico e Nuclear) começou a ser construído em Sacavém em 1957, tendo desde o início sido planeado para incluir um reactor de tipo piscina, cujo combustível era urânio altamente enriquecido (entretanto, em 2007, o núcleo do reactor passou a urânio pouco enriquecido por determinação americana), e cujo moderador era a água. O reactor tem uma potência máxima de um megawatt, a mesma de Oak Ridge. O Reactor Português de Investigação entrou em funcionamento em 25 de Abril de 1961 e tem sido desde então uma verdadeira escola de ciência e engenharia nuclear. Deu origem não só a numerosas publicações científicas e técnicas mas também à formação de recursos humanos. O reactor não passa de uma fonte de neutrões, que podem ser usados nas mais variadas experiências.

Discutiui-se, durante muito tempo, a instalação de uma central nuclear em Portugal, sendo nesse quadro o reactor considerado uma escola para o treino de pessoal especializado.



Mas, com a Revolução de 25 de Abril de 1974, essa possibilidade desvaneceu-se – ou quase, uma vez que o tema da energia nuclear regressa esporadicamente à arena da discussão pública. Se o nuclear português começou num 25 de Abril morreu num outro 25 de Abril. Os governos, todos eles, têm fugido do nuclear como o diabo da cruz, principalmente após os infelizes acidentes de Chernobyl, em 1986, e Fukushima, em 2011.

O reactor não serviu, por isso, o fim para que foi construído. Mas existem hoje em todo o mundo cerca de 300 reactores de investigação operacionais com histórias diversas, e Portugal, pese embora as indecisões nesta área, pode orgulhar-se de possuir um reactor com um notável registo de funcionamento que se tem revelado muito útil à ciência.



FORMULÁRIO DE SUBMISSÃO DE ARTIGOS

ÁREA DE AUTOR

Se já está registado efectue login:

Email Password

Ainda não está registado? Preencha o formulário abaixo para criar um registo e submeter o seu artigo:

AUTOR EMAIL

TÍTULO DO ARTIGO NÚMERO DE PÁGINAS

CARREGAR ARTIGO no file selected (FORMATOS ACEITES: DOC, PDF, ODT, DOCX, LAT, TEX, JPEG, JPG, GIF, PNG, TIFF)

CARREGAR DECLARAÇÃO DE DIREITOS DE AUTOR no file selected

[DECLARAÇÃO DE DIREITOS DE AUTOR \(DOCX\)](#) | [GUIA DE ESTILOS PARA AUTOR \(PDF\)](#) | [MODELO DE ARTIGO \(DAT\)](#)

MORADA INSTITUCIONAL

CÓDIGO POSTAL CIDADE PAÍS

Informação para autores: novo sistema de submissão de artigos

A partir de 2013, a submissão de artigos para a Gazeta de Física passa a ser feita através de um novo formulário online. Este dá-lhe acesso a uma Área de Autor personalizada, a partir da qual poderá gerir todas as suas submissões.

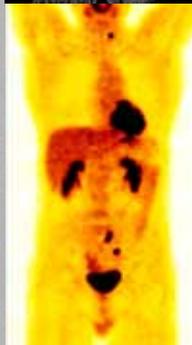
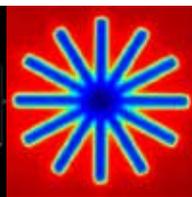
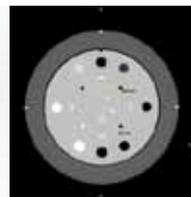
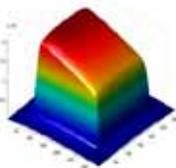
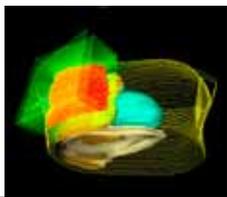
Instruções:

1. Aceder à página web da Gazeta de Física:
<http://www.gazetadefisica.spf.pt>
2. Para aceder ao formulário, seguir a ligação:
"Submeta o seu artigo aqui"
3. Se já está registado, faça login no topo da página para visualizar a sua Área de Autor
4. Se ainda não está registado, o registo é feito em simultâneo com a submissão do artigo
5. Preencher os seus dados de identificação, morada institucional e os dados do artigo
6. Carregar o ficheiro do artigo, tendo atenção aos formatos aceites
7. Carregar declaração de direitos de autor
8. Preencher dados da morada institucional
9. Submeter

Antes de submeter um artigo, tenha atenção aos seguintes pontos:

- Verifique que o seu artigo está de acordo com as recomendações do *Guia de Estilo para Autor*. Pode usar o ficheiro-modelo em Word para facilitar a elaboração do artigo. Ambos estes ficheiros estão disponível para descarregamento nesta página. Caso contrário, o artigo poderá ser devolvido para que efectue as correcções necessárias.
- Além do artigo, deverá submeter a *Declaração de Direitos de Autor* (também disponível nesta página), assinada e digitalizada.

07.11



Dia Internacional da FÍSICA MÉDICA

Por iniciativa da **IOMP** – *International Organization of Medical Physics*, no dia 7 de Novembro, data do aniversário de nascimento de **Marie Curie**, passará a celebrar-se o **Dia Internacional da Física Médica**.

Inserido nas comemorações deste dia decorrerá o **1º ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA MÉDICA E ENGENHARIA BIOMÉDICA**, organizado pela Divisão de Física Médica da Sociedade Portuguesa de Física e pelo Instituto Português de Oncologia de Lisboa de Francisco Gentil, que terá lugar no anfiteatro do IPOLFG, EPE, nos dias 7, 8 e 9 de Novembro de 2013.

A **Sessão de Abertura**, de acesso livre a todos sócios da SPF, terá lugar no dia 7 de Novembro às 15h. Será atribuído o título de Sócio Honorário da SPF aos Doutores António Manuel Baptista, Izolett Amaral e João José Pedroso de Lima, pela sua contribuição pioneira no desenvolvimento da Física Médica em Lisboa, Porto e Coimbra.

Poderá encontrar o programa do encontro e mais informações em:

<https://spf.pt/eventos/ENFMEB2013/pt>

<http://dfm.spf.pt>



Apoios:

