

ENERGIA NUCLEAR

HISTÓRIA DA ENERGIA NUCLEAR

OS PRIMEIROS CINQUENTA ANOS

- 1896 — Início das descobertas fundamentais da RADIOACTIVIDADE por BECQUEREL e os esposos CURIE. Prova-se que é uma propriedade «atómica» o que implica uma certa *estrutura* para o átomo.
- 1900 — Descoberta, por PLANCK, da teoria dos QUANTA DE ENERGIA.
- 1905 — EINSTEIN estabelece a lei da interdependência da massa relativista e da energia, sob a forma $E = mc^2$, da qual se pode concluir que a energia total de um sistema é proporcional à sua massa.
- 1912 — Descoberta do NÚCLEO por RUTHERFORD e enunciado das regras de *quantificação* por BOHR.
- 1925 — Fundação da MECÂNICA ONDULATÓRIA por DE BROGLIE, SCHRÖDINGER, BORN, HEISENBERG e DIRAC.
- 1928 — Descoberta do tubo contador de GEIGER-MÜLLER.
- 1932 — Descoberta do NEUTRÃO por CHADWICK no seguimento das experiências decisivas de BOTHE e BECKER e de JOLIO e I. CURIE e do POSITÃO por ANDERSON.
- 1934 — Descoberta da RADIOACTIVIDADE ARTIFICIAL pelos esposos JOLIO-CURIE.
- 1936 — Hipótese teórica da existência do MESÃO, de YUKAWA e sua descoberta na radiação cósmica por ANDERSON.
- 1937 — Aplicação sistemática, por FERMI, dos neutrões no bombardeamento de todos os núcleos e início do estudo dos *transurânicos* ou elementos resultantes do bombardeamento do urânio por neutrões.
- 1938 — Descoberta da CISÃO NUCLEAR, por LISE MEITNER, FRISCH, HAHN e STRASSMANN, e hipótese da REACÇÃO EM CADEIA e das suas consequências posta por F. PERRIN e F. JOLIO.
- 1939 — 2 de Agosto: carta de EINSTEIN a ROOSEVELT recomendando a construção da bomba atômica.
- 1942 — Em 2 de Dezembro começa a funcionar a primeira PILHA ATÓMICA, criada sob a orientação de FERMI, em Chicago.
- 1945 — Hiroshima e Nagasaki...
- 1946 — 50 ANOS DEPOIS DA DESCOBERTA DA RADIOACTIVIDADE funda-se, na Suécia, a primeira sociedade privada destinada à exploração do valor económico da energia nuclear — a ATOMENERGI, A. B..
- 1956 — Dez anos depois, apenas, já existem, só nos Estados Unidos da América do Norte, cerca de 1.200 firmas que se dedicam, directa ou indirectamente, à ENERGIA NUCLEAR.

ENSAIOS

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA POSIÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR NA ECONOMIA NACIONAL

ARMANDO GIBERT

Doutor em Física (E T H, Zürich)

1. Há quem pense que a criação de um complexo nuclear no nosso País, terá um alcance económico, fora de comparação com o de qualquer outra nova actividade. Haverá, também, quem pense o contrário.

É objectivo do presente artigo, expor algumas das razões que podem levar a fortificar aquele pensamento e, principalmente, contribuir para que os industriais, financeiros e economistas portugueses se deem conta da extensão do problema.

É que, sem dúvida, nas suas mãos recairá, um dia, em grande parte, a responsabilidade de estruturar a articulação do novo factor com os restantes factores da nossa actividade produtora.

2. A designação de *complexo nuclear*, usada aqui, foi escolhida com o propósito de acentuar o carácter múltiplo que apresenta o problema criado no mundo pelo valor económico da energia nuclear.

Antes de abordar este problema propriamente, convirá elucidar alguns leitores menos prevenidos a respeito dos fundamentos físicos da questão.

Pode dizer-se, muito sumariamente, que os núcleos dos átomos são formados por protões, neutrões e energia.¹

Quando, por qualquer razão, um núcleo se «quebra» em dois ou mais núcleos, estes podem encerrar em si energias cuja soma seja *inferior* à energia contida no núcleo «quebrado». Se assim fôr, há *libertação* de energia. Pode suceder que, além dum excesso de energia, a quebra resulte também, num *excesso de neutrões*, porque os núcleos de

¹ Esta descrição simples não deve levar à errada conclusão de que a energia é qualquer coisa que pode existir fora da matéria. A energia é uma propriedade da matéria e a relação de EINSTEIN mostra que, num dado sistema, a energia total é proporcional à massa do sistema.

menor massa têm, proporcionalmente aos prótons, menos neutrões que os núcleos de maior massa.

Estes factos podem suceder e sucedem na realidade, designadamente no caso do urânio. O acontecimento que provoca a quebra, que se chama «cisão», é a entrada de um neutrão suplementar no núcleo do urânio. Este cindir-se então em núcleos de menor massa. Libertam-se energia e libertam-se neutrões. É evidente que se algum ou alguns destes neutrões penetrarem em novos núcleos de urânio estes também se cindirão, libertando, portanto, mais energia e mais neutrões.

Uma pilha atómica, ou um reactor nuclear, é uma máquina onde se produzem reacções daquele tipo, denominadas *reacções em cadeia*, na qual a libertação da energia é *controlada*, podendo ser aproveitada em usos convencionais.

Os reactores nucleares são, pois, máquinas em que a energia nuclear é libertada e de onde pode ser retirada sob a forma de calor.

Estes factos são muito simples de enunciar.

A complexidade do problema económico, relacionado com o aproveitamento destas novas fontes de energia, resulta, 1º) — de as circunstâncias obrigarem a utilizar, nos reactores nucleares, materiais possuindo propriedades que até aqui não eram significativas; 2º) — de só raras substâncias servirem como combustível nuclear; 3º) — de os produtos da combustão nuclear constituírem fontes de radiações extremamente perigosas ainda que, em parte, valiosas também; 4º) — de os reactores nucleares serem a única fonte de energia conhecida capaz de suprir as fontes clássicas cujo esgotamento, relativamente próximo, poderia pôr em causa a nossa civilização.

Tais factos representam aspectos gerais do problema. Este toma ainda, em cada País, uma forma particular, correspondente às suas condições próprias, mas, em todo o mundo, aquelas razões determinaram um surto industrial que parece não ter paralelo na história, em particular na intensidade do ritmo, e que, embora muito mais rapidamente, poderá ter na economia mundial um efeito não inferior, ao que tiveram, na sua lenta aplicação, descobertas como a do ferro, da tracção a vapor, da electricidade.

Para compreender as limitações dos reactores nucleares, determinantes afinal da magnitude do problema industrial aludido, é indispensável dizer algo mais acerca das propriedades nucleares da matéria.

3. Como se sabe, a cisão nuclear foi descoberta no urânio natural bombardeado com neutrões.

O urânio encontra-se na natureza sob a forma de dois isótopos (elementos quimicamente iguais mas cujos núcleos contêm número diferente de neutrões). O U-238 é 140 vezes mais abundante que o U-235.

Os neutrões distinguem-se uns dos outros pela sua energia cinética; uns são *rápidos*, outros são *lentos*, passando os primeiros ao estado dos segundos por simples perda de energia, resultante de choques com diversos núcleos. No extremo limite das baixas energias, existe a categoria dos neutrões *térmicos*, neutrões lentos cuja energia é equivalente à energia de agitação térmica das moléculas de um gás, conforme se define na teoria cinética dos gases.

Ora sucede que estes neutrões térmicos são os mais convenientes para produzir cisões nucleares e, por outro lado, é o U-235 — o menos abundante — o isótopo do urânio natural que mais facilmente se deixa cindir.

Finalmente, é ainda de assinalar, entre os dados básicos do problema, um terceiro factor: os neutrões resul-

tantes da cisão do U-235 não são térmicos, nem lentos (são rápidos) e o U-238, embora não se deixando cindir por eles, apresenta a inconveniente propriedade de absorver os neutrões lentos.²

Sente-se, assim, mesmo sem aprofundar mais estas questões, que não bastam neutrões e urânio para que se possa dar uma reacção em cadeia. Falta o componente cuja função seja transformar os neutrões rápidos, provenientes de cada cisão, em neutrões térmicos, capazes de provocar novas cisões. Um tal componente chama-se *moderador*.

Um reactor nuclear será então constituído por um combustível cindível e um moderador. Deverá ter naturalmente sistemas destinados a remover as «cinzas», a renovar o combustível, a proteger contra as radiações, a extrair do seu interior o calor produzido e a controlar a reacção em cadeia.

Para que um reactor nuclear funcione, é indispensável que no seu interior o balanço em neutrões térmicos seja positivo, isto é, que o número de neutrões térmicos produzido em cada geração seja superior ao número de neutrões consumidos. O controle do reactor consistirá em evitar que aquele excesso aumente além de um certo limite.

Finalmente, todos estes componentes carecem de uma *estrutura*.

Pode agora avaliar-se das dificuldades encontradas na fabricação de reactores se se pensar que todos os materiais de construção vulgares, quer por eles próprios, quer pelas impurezas que geralmente contêm, intervêm no atrás citado balanço neutrónico, ainda que em graus muito diferentes. Alguns materiais, muito interessantes, não podem servir porque absorvem tanto os neutrões que, na sua presença, é impossível manter uma reacção em cadeia. Outros materiais, sem este inconveniente, são extremamente dispendiosos; outros, ainda, não resistem à acção das radiações intensíssimas encontradas no interior do reactor. Devem considerar-se, também, as propriedades convencionais da resistência mecânica, transferência térmica, e muitas outras.

Um outro aspecto da complexidade deste mundo nuclear é o que se encontra nos produtos das cisões. Estes são isótopos radioactivos de cerca de 30 elementos «leves» e de uma meia dúzia de elementos «pesados» (dos quais o mais importante é o plutónio). Estes produtos devem ser separados para se recuperarem os que têm valor e para se isolarem os que representam um perigo muito grande. Todos estes trabalhos devem ser feitos em presença de uma intensidade de radiação mortal. Por outro lado,

² Esta propriedade tem, contudo, as suas vantagens também. Com efeito, quando um átomo de U-238 absorve um neutrão (e não se cindir) forma-se um átomo radioactivo o qual por duas desintegrações sucessivas, cada uma com emissão de um electrão, se transforma num átomo dum novo elemento, de grande valor, o plutónio, Pu-239. Este novo elemento é muito semelhante ao U-235 pelo que diz respeito às propriedades de cisão.

Existe ainda na natureza um outro elemento que tem, a este respeito, propriedades semelhantes às que acabamos de referir para o U-238. É o tório 232 o qual, depois de absorver um neutrão se transforma sucessivamente até se estabilizar num outro isótopo do urânio, o U-233, também semelhante ao U-235.

Aos elementos que podem sofrer directamente a cisão nuclear com neutrões térmicos, dá-se a qualificação de *cindíveis*. São o U-235, o Pu-239 e o U-233. Os elementos U-238 e Th-232 que, não sendo cindíveis, se transformaram em elementos cindíveis, quando absorvem um neutrão, dizem-se *fértiles*.

alguns daqueles elementos são imensamente tóxicos, independentemente da sua radioactividade.

Como é evidente, não se fez mais do que tocar ao de leve nalgumas questões mais significativas mas julga-se inoportuno alargar mais esta introdução. Supõe-se que nela se encerram os elementos essenciais do problema.

4. O que precede faz prever que o intenso desenvolvimento do aproveitamento da energia nuclear a que temos assistido, tem exigido e continuará a exigir um esforço tecnológico e industrial excepcional.

Para que se compreenda este carácter de excepção, há que admitir que se conjugam, para isso, factores excepcionais também. E, de facto, assim é, pois, por um lado, aquele aproveitamento é de importância decisiva para manter o ritmo de progresso industrial da Europa e, por outro lado, deduz-se do que se observa que se espera um desenvolvimento industrial que compensará satisfatoriamente os enormes investimentos exigidos pelos estudos tecnológicos actuais.

Destes dois factos tira-se facilmente uma conclusão muito provável: que, num futuro próximo, os países sem indústria nuclear poderão estar mais atrasados, em relação aos que a tiverem, do que o estão hoje os países de economia agrícola, relativamente aos países industriais.

O problema português é este também, como o de qualquer outro país.

Mas, tem as suas características nacionais, que são as seguintes:

- 1º) Possuímos jazigos de urânio.
- 2º) Não temos combustíveis clássicos.
- 3º) A taxa anual do aumento do consumo de electricidade nos últimos anos tem sido elevada (11 %) e é de reaar:
 - a) que a partir de 1965/68 a economia dos aproveitamentos hidroeléctricos seja cada vez menos favorável;
 - b) que cerca de 1975 se esteja muito próximo, economicamente pelo menos, de atingir o esgotamento das reservas hídricas;
 - c) que a carência mundial dos combustíveis clássicos torne a importação destes ainda mais dispendiosa, além de ser aleatória a organização industrial que dependa de tal importação.

Olhando apenas estas características nacionais e ignorando a incidência, na posição do nosso País, do surto industrial mundial, a que atrás aludimos, poderia encarar-se uma atitude económica portuguesa, frente ao problema da energia nuclear, que se traduzisse:

- a) em tirar partido da nossa riqueza em urânio, vendendo-o ao estrangeiro ainda que, eventualmente, acautelando a garantia do abastecimento dos nossos reactores em combustível nuclear;
- b) na instalação de centrais nucleares, adquiridas na sua quase totalidade no estrangeiro.

Um tal programa, mesmo que fosse exequível — e não o seria provavelmente — corresponderia a subtrair o nosso País aos progressos *específicos* da energia nuclear e a ignorar a pesada hipoteca que seria assim feita sobre a nossa futura expansão industrial.

Com efeito, a nossa economia não se poderia alterar essencialmente por exportarmos uma matéria prima como o nosso minério de urânio, mesmo concentrado, visto que o valor do urânio é bastante artificial, que o custo do transporte onera as exportações e que — e é o principal — praticamente todos os países importantes já encontraram os seus jazigos nacionais. É mesmo possível que,

no futuro, o valor de possuir urânio esteja, principalmente, na independência que essa posse poderá conferir ao programa nuclear de cada país.

Tão pouco se alteraria essencialmente a nossa economia pelo facto de uma certa percentagem da energia eléctrica fornecida ser de origem nuclear.

Felizmente, estes factos são manifestamente reconhecidos superiormente, como se infere de algumas afirmações públicas de personalidades políticas do maior relevo, entre as quais salientaremos:

De Sua Excelência o MINISTRO DA PRESIDÊNCIA (Diário de Notícias de 24/4/56)

...Até lá (1959) entrará em pleno funcionamento o Banco de Fomento Nacional que o Governo vai instituir para financiar, sobretudo, os grandes empreendimentos industriais da Metrópole e do Ultramar.

Que papel virá a desempenhar nesta obra a energia atómica?

...Possuidores de combustível é natural que tão depressa quanto possa ser procuremos produzir, ao lado da electricidade obtida pelos recursos clássicos, a energia termo-nuclear.

...Não me é possível dizer quando disporemos da nova energia; mas estamos a fazer tudo para que na hora oportuna nos encontremos a postos. Desde o início da revolução industrial Portugal nunca dispôs de energia abundante. Esperemos que possa agora tê-la em quantidade que afaste quaisquer preocupações.

Do Ex.^{mo} Senhor Prof. Eng.^o DANIEL BARBOSA (Diário de Notícias de 1/6/56)

Dentro das nossas necessidades e de acordo com as possibilidades que, neste campo, a natureza não nos regalou, atendendo à carência que temos de carvões e às limitações que na Metrópole existem para a produção de energia hidroeléctrica com vista a um longo plano de reconstrução económica, implicando uma satisfatória regularidade de fornecimento a baixo preço, deparamos-nos condições de particular importância para o enquadramento económico da instalação de centrais atómicas na electrificação do País.

Do Ex.^{mo} Senhor PRESIDENTE DA JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR (Diário Popular de 6/6/56)

...Podemos desde já afirmar que as condições do nosso País são, realmente, promotoras. Entretanto os trabalhos de prospecção continuarão através de sucessivas campanhas, no resto do País — e só depois da sua conclusão nos podemos pronunciar em definitivo.

De Sua Excelência o MINISTRO DAS FINANÇAS na proposta da Lei de Meios para 1957 (Diário de Notícias de 15/11/56)

Seria agora o momento de referir a importância vital que para o progresso do País podem ter as disponibilidades de energia. Que dessa importância o Governo sempre teve exacta noção prova-o a primazia que tem dado ao integral aproveitamento das possibilidades energéticas dos nossos rios. Sabe-se no entanto que em futuro próximo a nossa capacidade de produção de energia eléctrica não será suficiente para ocorrer às exigências do trabalho nacional e não se ignora o custo e a dependência em que nos voltaria a colocar a necessidade de recurso a vultuosas importações de carvão.

No entanto este problema não constituirá no futuro um obstáculo ao nosso progresso económico: por sermos produtores de urânio e por ser já realidade a utilização da energia nuclear para fins industriais abrem-se-nos, neste campo, todas as perspectivas.

Do Ex.^{mo} Senhor Eng.^o JOSÉ FERREIRA DIAS JUNIOR
(*Electricidade*, N.º 1, Janeiro-Março, 1957)

...Não é portanto, pela via da concorrência que se justifica o êxito da energia nuclear, que é descoberta de incalculável valor, mas com outros títulos de superior linhagem.

Independentemente do preço, da discutida aplicação militar e do crescente emprego dos radioisótopos em usos clínicos e industriais, a energia nuclear é factor precioso para a vida da humanidade; e chegou em momento que parece apontado pelo dedo de Deus.

...O nosso País, felizmente, pode e deve esperar...

...O período de espera é, aliás, tão curto que quase não dá tempo de tomar consciência da novidade; dentro de 5 a 6 anos estaremos em 1962 a encomendar o terceiro grupo da Tupada do Ouleiro — porventura o primeiro da nossa série nuclear; e 8 anos depois, por 1970, é provável que aude em discussão o projecto da futura central (nuclear) — postas então no átomo as nossas últimas esperanças.

Mas, independentemente daqueles factos, o aludido programa hipotético não parece exequível — e não apenas pela dificuldade de valorizar o minério de urânio como artigo de exportação...

Com efeito, suponha-se que entre 1975³ e 1985, se devem instalar em Portugal 2 000 megawatts de potência eléctrica de origem nuclear. A um preço limite máximo de 10 000 contos cada MW, aquela potência representaria 20 milhões de contos. Se se admitisse que só a construção civil, limitada a talvez não mais de 25 % daquele valor, seria contribuição nacional, o País teria que dispendir em divisas cerca de 15 milhões de contos em 10 anos, o que é muito. Por outro lado, pense-se no risco que correria um investimento tão elevado se o seu aproveitamento se encontrasse na total dependência do abastecimento estrangeiro em combustível e outros materiais de consumo, também essenciais. Finalmente, o custo destas importações, os prejuízos resultantes do não aproveitamento integral dos combustíveis e os encargos da exploração eléctrica, sem apoio de uma indústria nuclear nacional, conduziriam aparentemente a uma situação económica desastrosa. Ao contrário, com a participação da indústria nacional, um investimento suplementar, rendável, de cerca de 15 a 20 milhões de contos, poderá evitar a saída de talvez mais de metade daquelas divisas e representar a melhor oportunidade de industrialização que se tem deparado ao nosso País.

O problema português é principalmente, salvo melhor opinião, e à semelhança de muitos outros países, o da independência da sua indústria nuclear relativamente ao estrangeiro.

Não quer isto dizer que se esteja presumidamente a supor que poderemos actuar como elemento criador das técnicas nucleares, numa extensão apreciável. Mas significa que deveremos ser capazes de realizar aquilo que os outros poderão chamar os seus originais, logo que, dum modo ou doutro, ponham à nossa disposição os «segredos» que não podemos pensar em descobrir sozinhos.

E, como é evidente, deveremos, em primeiro lugar, habilitar-nos a saber escolher, entre um manancial de soluções possíveis, os pormenores tecnológicos das centrais nucleares que melhor se adaptem às possibilidades reais das nossas indústrias.

O Senhor Prof. OTERO, Vice-Presidente da J. E. N. espanhola, comparando recentemente a indústria nuclear com a indústria naval, dizia: «sem indústria naval não poderíamos ter marinha de guerra nem marinha mer-

cante, e sem indústria nuclear nenhum país pode satisfazer as suas necessidades energéticas recorrendo ao aproveitamento da energia nuclear».

Pode talvez dizer-se, no nosso caso, mais precisamente ainda, que o problema da energia nuclear existe, em Portugal, por quatro razões:

1º) Porque necessitamos de centrais nucleares.

2º) Porque devemos tirar o máximo proveito do nosso urânio.

3º) Porque as actividades precedentes só podem concretizar-se, com independência, se a sua exploração se apoiar numa indústria nacional especializada.

4º) Porque o mercado nacional para reactores atingirá, presumivelmente, um nível até hoje desconhecido da nossa indústria, representando, pois, perspectivas únicas de expansão económica.

5. As bases primárias de todo o problema são duas: o inventário da nossa riqueza em materiais civis ou férteis; a formação dos quadros técnicos especializados.

O passo decisivo para a resolução destes requisitos já foi dado, com a criação da Junta de Energia Nuclear.

As bases secundárias são múltiplas. Há quem pense que só uma colaboração íntima da indústria nacional e das Companhias Produtoras de Electricidade, sob a orientação superior do Governo, poderá defini-las — na prática — e assentá-las — no pormenor — em termos de o complexo nuclear português se construir sobre alicerces sólidos que lhe permitam fazer beneficiar a economia nacional do seu pleno valor.

Entre aquelas bases secundárias, aliás quase todas interdependentes, podem salientar-se, pelo que diz respeito aos reactores, as seguintes:

- a) a diversidade de reactores a considerar
- b) a natureza do combustível e o seu aproveitamento
- c) a preparação dos elementos combustíveis
- d) a escolha e a fabricação dos materiais moderadores
- e) os sistemas de controle e os comandos
- f) o tipo de arrefecimento e o fluido térmico.

Estes problemas não se podem dissociar de outros, tais como:

- g) a economia da exploração mineira
- h) o tratamento químico do minério
- i) a preparação metalúrgica do urânio puro
- j) o processamento dos resíduos dos reactores.

Finalmente, no plano da utilização, podem antever-se os problemas essenciais seguintes:

- k) definição jurídica das centrais nucleares
- l) planeamento da integração das centrais nucleares na rede de centrais hidroeléctricas e térmicas, quanto à oportunidade, tipo de produção e localização
- m) definição técnica do tipo ou tipos de centrais nucleares mais convenientes à economia nacional e do seu modo de funcionamento
- n) estruturação de uma política de financiamento apropriada aos investimentos necessários.⁴

³ Note-se que nesta data (1975) se prevê que na maioria das grandes nações da Europa a produção nuclear represente cerca de 30% da produção total de energia eléctrica. A hipótese do início daquele programa de 2 000 MW deixa-nos ainda muito abaixo daquela média.

⁴ A propósito, convém assinalar que a necessidade de enormes investimentos não está no facto de a energia ser de origem nuclear. Está, sim, no facto de a energia ser indispensável ao País, qualquer que seja a sua origem, em acréscimos anuais sempre crescentes.

Muitos outros exemplos se poderiam citar de problemas igualmente importantes, porventura de mais difícil resolução até. Mas julga-se que aqueles bastam para se considerar justificado o pensamento referido no início destas notas.

Após este exame panorâmico, e feito o balanço do que precede, poder-se-á ver agora que o aludido alcance económico estará:

1º) Na garantia de continuidade do abastecimento eléctrico

2º) No pleno aproveitamento dos nossos recursos em urânio

3º) Na prosperidade de diversas indústrias nacionais

4º) Na valorização do nosso património técnico.

Parece, pois, legítimo concluir, que o problema da instalação de um complexo nuclear no nosso País, merece um estudo cuidadoso em que devem colaborar, desapianadamente, todos os interessados, tendo em atenção que as circunstâncias particulares, quer de interesses, quer de oportunidades, não devem perturbar o equilíbrio de uma solução que se repercutirá sobre a quase generalidade da nossa economia e cujas incidências pesarão sobre ela durante muitas dezenas de anos.

ELEMENTOS SOBRE A EXPLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO DAS CENTRAIS NUCLEARES BRITÂNICAS APRESENTADOS AO RECENTE CONGRESSO DE LAUSANNE DA UNIPEDE

F. IVO GONÇALVES

Engenheiro Electrotécnico (I. S. T.)

1 — Origem dos elementos apresentados

Os elementos a que se vai fazer referência constam da comunicação n.º I.1 apresentada ao Congresso da União Internacional dos Produtores e Distribuidores de Energia Eléctrica (UNIPEDE), realizado em Lausanne em Julho de 1958, a qual foi preparada pelos Eng.ºs W. H. C. PILLING e G. T. SHEPHERD, respectivamente adjunto do Eng.º-Chefe de Projectos e Eng.º dos Serviços Nucleares (Exploração) do «Central Electricity Generating Board». O título da comunicação é o seguinte: *Exploração e Conservação das Centrais Nucleares*.

As informações transmitidas pelos autores da comunicação provêm em parte já da experiência resultante da exploração da central de *Calder Hall* e em parte do exame dos projectos das centrais de *Berkeley*, *Bradwell* e *Hinkley Point*, todas do «Central Electricity Generating Board», organismo actualmente responsável pela produção e transporte da energia eléctrica em parte da Grã-Bretanha (Inglaterra e País de Gales) em sucessão da recentemente extinta «Central Electricity Authority».

Como é natural, a apresentação desta comunicação despertou muito interesse tendo dado origem no Congresso a várias intervenções¹. De facto, trata-se de elementos já em parte apoiados em exploração real de unidades produtoras nucleares na escala industrial. E embora — como os autores frisam — se trate de elementos válidos apenas para centrais nucleares do tipo de urânio natural, com moderador de grafite e arrefecimento por gás, seguindo a prática britânica, a verdade é que o interesse das informações é mais amplo, porquanto se referem a uma técnica nova, ainda em grande parte sem a comprovação experimental da exploração na escala industrial.

2 — Conclusões gerais da leitura dos elementos apresentados

Da leitura da comunicação — e focando apenas os pontos que parecem revestir maior interesse no nosso caso — parece poder concluir-se o seguinte:

a) Dado o tipo de centrais nucleares em causa — que são de elevados encargos fixos — tem de haver a preocupação constante de obter elevadas utilizações para se chegar a custos razoáveis; mas não só sob o aspecto de

colocação de energia na rede eléctrica; é também importante que a condução e a conservação da central sejam feitas de molde a reduzir ao mínimo as paragens, sem prejuízo da segurança (nelas incluindo as inspecções regulamentares). Quer dizer, tem de existir a constante preocupação do custo da produção para não se ficar longe de valores razoáveis; por outro lado, a grande sensibilidade das centrais do tipo de urânio natural à utilização real constitui evidentemente, pode-se concluir para o nosso caso, um inconveniente a ponderar, quando queira encarar-se a sua integração em redes de produção hidráulica importante.

b) As dificuldades técnicas surgidas na exploração e na conservação real não são de molde a causarem preocupações quanto à expansão dessas centrais; pode mesmo dizer-se que elas não são superiores às previstas, tendo-se em *Calder Hall* designadamente obtido utilizações superiores àquelas com que se contava. Algumas das dificuldades técnicas verificam-se, por exemplo, nos aspectos seguintes: complicação da carga e descarga do combustível; necessidade de inspecção do reactor, canalizações e caldeiras; eliminação das fugas nos circuitos sob pressão; protecção quanto às radiações; etc.

É certo, porém, que, em relação a todos os aspectos em que têm surgido dificuldades, se tem conseguido vencê-las e obter indicações preciosas para melhores resultados em novos projectos. Está-se, portanto, na realidade, perante uma evolução técnica progressiva e sem grandes surpresas.

c) Os métodos de exploração e conservação da central são especiais (em tudo o que não é a instalação subsequente à do vapor) por fazerem apelo a uma técnica nova. É uma circunstância evidente e que quase não interessaria referir, se não valesse a pena frisar que, mesmo na própria colaboração dos processos auxiliares da técnica clássica, a natureza dos métodos é realmente muito diferente por serem exigidos ensaios e medidas frequentes, em geral de muito alta precisão.

d) Quanto ao pessoal das centrais nucleares — e não obstante o que pode depreender-se quanto a especialização

¹ O relato do conjunto das sessões de trabalhos do Congresso da UNIPEDE foi publicado na revista *Electricidade* nos n.ºs 7 e 8

das considerações da alínea anterior — afirmam os autores da comunicação que a sua importância não difere da do pessoal das centrais térmicas clássicas, designadamente em número de funcionários e em encargos globais.

3 — Enumeração dos assuntos tratados na comunicação apresentada, com realce de algumas passagens de maior interesse

a) Despesas de produção

— No tipo de centrais em causa, como já se referiu, as despesas de investimento são muito avultadas, o que exige utilizações elevadas para se chegar a custos razoáveis e tem de ser devidamente ponderado, quer quanto à exploração eléctrica, quer quanto à conservação (sem prejuízo da segurança).

— As despesas de combustível e de mão-de-obra são, relativamente àquelas, pequenas. Em todo o caso, deve-se procurar realizar uma redução na despesa de combustível e para tal é indispensável obter um aproveitamento elevado do urânio. Ora, nas anteriores aplicações dos reactores de urânio natural (para fins militares, ensaios de materiais, etc.) não tinha interessado obter irradiações elevadas. Poderiam pôr-se dúvidas quanto a continuarem a satisfazer as características nucleares e metalúrgicas dos elementos de combustível, anteriormente estudados, para se atingirem mais elevadas irradiações, mas parece que tal não é de recear.

b) Ciclos do combustível

— O estudo dos processos de substituição do combustível, primitivamente só com o reactor parado (o que exigia frequentes interrupções de serviço), está agora sendo orientado no sentido de obter a substituição do combustível em carga, como meio de se obterem mais elevadas utilizações. Os novos processos (que constituem grande melhoria em relação ao primitivo, usado em *Calder Hall*) têm, no entanto, diversas dificuldades de natureza prática que se espera sejam vencidas.

c) Fluxo radial de neutrões

— Como é sabido, trata-se de um problema da maior importância no funcionamento dos reactores nucleares. Sob o aspecto da exploração, interessa agora apenas frisar que é necessário fazer frequentes medidas das temperaturas dos elementos de combustível e da forma do fluxo de neutrões através do reactor. Estas medidas são importantes para fixar os períodos de irradiação dos diferentes elementos de combustível e também para se estar seguro de que nenhum elemento está sobreaquecido (a temperatura máxima admissível das bainhas constitui um dos factores limitativos da produção de energia e é, pois, essencial saber onde as temperaturas máximas se estão verificando e quais são).

d) Avaliação do grau de irradiação do combustível

— É exposto um método prático para a sua determinação aproximada, dado que é impossível obter grande precisão.

e) Comando dos reactores

— É um problema delicado, quer sob o aspecto de qualidade de regulação, quer sob o aspecto de segurança, quer ainda pelas repercussões que pode ter na rede eléctrica. Todavia, no caso dos reactores britânicos (com arrefecimento por circulação de gás), considera-se que o problema está resolvido com grande simplicidade e segurança. Designadamente em *Calder Hall*, a experiência tem provado a existência de uma grande estabilidade na regulação,

sendo praticamente a produção de energia regulada apenas por variação do caudal do gás.

— Também tem sido dada a maior importância ao problema do efeito dos coeficientes de temperatura sobre o combustível e o moderador.

f) Conservação

— A conservação da sala das máquinas duma central nuclear é praticamente a mesma que para uma central clássica, assim como a referente ao conjunto do material eléctrico.

— A inspecção do material do reactor é evidentemente o problema mais grave visto aquele ser constituído, neste tipo de centrais, por um grande recipiente sob pressão que, todavia, não pode ser verificado da forma habitual, principalmente por motivo da elevada radioactividade. Confia-se na sua segurança (a partir dos cuidados de fabricação e dos ensaios feitos) e nada mais pode fazer-se do que verificações limitadas através dos orifícios de carga do reactor (utilizando câmaras de televisão, periscópios e iluminação interna), sendo também usado o método das «peças-testemunhas» do mesmo aço que o do recipiente e que são submetidas a condições de esforço, irradiação e temperaturas similares à daquele.

— Como se compreende, são também importantes os cuidados a ter quanto às canalizações do gás e quanto às caldeiras — quer quanto à observação do seu estado, quer quanto à realização de trabalhos — para que possam conciliar-se a necessidade de segurança (do material e do pessoal quando tenha de efectuar trabalhos) e a conveniência de evitar interrupções de serviço.

— É também da maior importância a vigilância permanente dos circuitos sob pressão para localizar e eliminar quaisquer fugas de gás, não propriamente porque representem um risco de radiação ou um perigo tóxico, mas sim por razões de economia (ao evitar-se a perda de gás) e por razões de segurança do material, porque, em determinados pontos, o seu aumento poderia vir a significar acidentes graves futuros.

g) Libertação da energia que se acumula na grafite do moderador por estar sujeita a elevada irradiação

— Este é um problema técnico importante (efeito de WIGNER) para que de tal não venha a resultar qualquer risco para a exploração; e para a sua resolução a comunicação britânica apresenta dois métodos que foram estudados e já ensaiados.

h) Radiações nucleares

— As únicas radiações com importância para a exploração são, além dos neutrões, os raios γ , sendo difícil a protecção a assegurar quanto a estes, devido à circulação do gás carbónico. Este problema torna-se mais difícil quando a potência das centrais aumenta, sendo necessário — para se assegurar um baixo nível da radioactividade local — uma protecção importante que certamente conduzirá a disposições menos compactas do que seriam desejáveis.

i) Pessoal

— Como já se referiu nesta nota, a importância do pessoal numa central nuclear é — na opinião dos engenheiros britânicos autores da comunicação — semelhante à do pessoal duma central térmica clássica de potência comparável.

— Embora, numa central nuclear, parecesse poder haver menos pessoal (em relação, por ex., a uma central

a carvão com problemas de manutenção de carvão e de cinzas) é certo que há outros trabalhos de manutenção sobre mecanismos complicados, como o das barras de comando e o de carga e descarga de combustível, além da maior importância dos ensaios e medidas e conservação de aparelhagem. Há ainda a contar com um pequeno serviço de saúde.

EXCERDOS DE PUBLICAÇÕES

AS VIZINHANÇAS DA ENERGIA ATÓMICA *

J. R. OPPENHEIMER

TERMOS DE REFERÊNCIA

...O aparecimento de uma nova fonte de energia era, sem dúvida (em 1945), de um grande interesse para a tecnologia e a indústria. Estava aí um combustível largamente espalhado, de um preço moderado, e radicalmente novo pela pequenez do seu peso e do seu volume, alguns milhões de vezes mais concentrado do que todos os combustíveis até então conhecidos.

Não era empresa fácil, tirar todo o partido desse combustível. Uma instalação industrial, substituindo as fornalhas alimentadas pelos combustíveis químicos, devia arrastar uma despesa de dezenas de milhões de dólares. Sabia-se que fábricas-pilotos convenientes seriam dispendiosas e que o desenvolvimento da energia atômica conduziria a riscos, os quais, ainda que não fossem mais graves, eram, pelo menos, mais novos e mais variados do que os habituais. Tornou-se rapidamente claro que havia uma variedade aparentemente infinita de projectos possíveis, de materiais secundários e de arranjos diversos, cujos méritos relativos e rendabilidade não podiam ser facilmente previstos. E contudo, as complicações começavam verdadeiramente para lá desses problemas.

...A energia nuclear revelou-se como o resultado de uma ciência muito nova. Duas das matérias-primas mais prometedoras, o plutónio e o urânio 233, foram descobertas apenas durante a guerra. As suas propriedades tinham sido estudadas, e os próprios elementos tinham sido produzidos pelas aplicações devidas à mão do homem, da física atômica e nuclear. A cisão mesmo, o processo que devia dar à luz a produção de energia nuclear, só tinha sido descoberta seis anos antes, e não tinha mais de vinte anos o neutrão, embora seja um dos dois constituintes fundamentais dos núcleos, o qual foi o agente da cadeia das reacções de cisão. O conhecimento do comportamento dos átomos e dos núcleos, aproveitado durante o período da guerra e que se tornou necessário aplicar à tecnologia e à indústria, era inteiramente novo. Entre os técnicos, só os mais jovens tinham podido adquiri-lo na universidade. O bom senso ignorava habitualmente a sua subtilidade, o seu poder e o seu carácter abstracto. Não havia um corpo de engenheiros ou de «práticos» para quem os conceitos, ou os factos, ou as experiências fossem familiares. É este um elemento notável, mas não único, do crescimento exponencial do nosso conhecimento do mundo. Nem a nossa Sociedade, nem a nossa educação, nem a nossa cultura nos tinham preparado para isso e não estávamos ainda conscientes das suas possibilidades de carácter mundial, dos problemas e das esperanças que ele ia levantar.

— Segundo a comunicação em referência, as novas grandes centrais nucleares de *Berkeley*, *Bradwell* e *Hinkley Point* (com cerca de 300 a 500 MW de potência eléctrica) virão a exigir entre duas a três centenas de funcionários (de todas as categorias, e quer permanentes, quer auxiliares).

...Talvez seja agora a melhor ocasião para propor uma definição e determinar limites: por energia atômica ou, melhor, energia nuclear, entenda-se toda a energia, utilizável sob forma eléctrica ou calorífica, que deriva das reacções nucleares ou das transmutações nucleares empregadas em grande escala.

...Actualmente, a perspectiva das possibilidades não é muito vasta: produção de calor por cisão num reactor e sua conversão em energia eléctrica, à excepção dos raros casos em que o calor pode ser utilizado directamente.

...Duas outras possibilidades de energia nuclear existem ainda. Uma é a produção directa de energia eléctrica pelas reacções de cisão sem conversão da maior parte dessa energia em calor; a segunda é a transmutação em grande escala dos isótopos leves, designadamente o hidrogénio pesado ou o deutério em hélio, mais estável, possibilidade que é o objecto do programa, visando o controle da energia termo-nuclear. Quanto a estes desenvolvimentos, em particular quanto ao segundo, sabe-se publicamente o suficiente para indicar que os problemas são formidáveis mas, em princípio, não absolutamente insolúveis. Contudo, os conhecimentos divulgados não permitiu dar uma estimativa razoável do aspecto desses desenvolvimentos, do tempo necessário para os conduzir a uma solução prática, ou de saber designar, entre as numerosas vantagens que parecem prometer, qual a que, de facto, será realizada. As opiniões competentes parecem estar de acordo para enunciar que esses desenvolvimentos, por mais belas que sejam as suas promessas futuras, não eliminarão a utilidade, a necessidade e a importância da energia nuclear sob a forma de calor desenvolvido pela cisão nos reactores.

O COMPLEXO HISTÓRICO

Os primeiros relatórios a respeito da energia atômica concordavam em a apresentar como um complexo formado de três elementos. ...Esses três elementos são a energia, os explosivos e as ferramentas científicas.

A energia foi prevista sob a forma de grandes reactores, por um lado adaptados de preferência à propulsão de navios, talvez também de grandes aviões, por outro lado, para as necessidades civis das regiões em que o preço dos combustíveis clássicos é elevado.

Além do modo de guerra radiológica, as armas atômicas foram consideradas como explosivos cada vez mais

* Texto transcrito, com a devida autorização da revista *L'Age Nucléaire*, n.º 11, 1958, reproduzindo uma conferência pronunciada em Outubro de 1957, na Universidade de Columbia.

As duas fotografias que ilustram este artigo pertencem à U. S. I. S.

económicos, cada vez mais abundantes, muito mais poderosos, compactos, leves e adaptáveis a uma larga variedade de usos militares. Pensava-se, sem que isso fosse uma certeza, que elas poderiam ser ampliadas pelas reacções termo-nucleares dos elementos mais leves e pelas reacções em cadeia no urânio normal e no tório.

As ferramentas eram de dois tipos: os elementos radioactivos que permitem acompanhar os processos individuais atómicos e moleculares e estudar a cinética das transformações físicas, químicas e biológicas, os isótopos estáveis que podem, com uma dificuldade um pouco maior, servir para os mesmos fins. Dispunha-se, por outro lado, de radiações sob a forma de feixes intensos de neutrões, para a experimentação e para a modificação das propriedades globais da matéria.

O decénio que se seguiu confirmou a maior parte destas previsões. A potência e o peso dos «stocks» aumentou, os indicadores e as radiações começaram a ter um papel importante e precioso para a investigação na indústria, medicina, agricultura e tecnologia. Existem reactores de potência e muitos estão em construção.

...Na realidade, a maioria das declarações calorosas e entusiásticas sobre as esperanças levantadas pela energia atómica, pareceriam ainda mais verdadeiras se se tivesse escrito Ciência e Tecnologia em vez de Energia Atómica, ou se se tivesse apresentado mais modestamente a energia atómica como uma parte da Ciência e da Tecnologia.

ENERGIA E EXPLOSIVOS

Um programa para a energia e um programa de armamento são duas coisas distintas, mas que se recortam num vasto domínio.

Não é inútil ter presentes alguns números aproximados representando a razão entre o número de armas e a energia total produzida. ...Uma bomba corresponde a alguns milhões de quilowatt-dia. Uma potência de 100 milhões de kW (que representa uma proporção interessante da produção mundial) corresponde a alguns milhares de bombas por ano.

...Contudo, a princípio pensou-se que as armas atómicas e a energia nuclear eram mais ou menos inseparáveis. Esta conclusão teve uma grande influência, até nefasta no conjunto, sobre o desenvolvimento da energia nuclear.

ENERGIA E CIÊNCIAS

Entre as armas, por um lado, a energia atómica e as ferramentas da ciência, por outro lado, pareciam impor-se relações técnicas. A reflexão lançou depressa uma dúvida acerca da necessidade dessas relações. Os reactores de investigação são utilizados em todo o mundo em investigações físicas e biológicas. Produzem numerosos indicadores radioactivos, se bem que alguns dos mais importantes devam ser produzidos por outros meios, isto é, por aceleradores de iões positivos. Mesmo durante a guerra, já se empregaram maciçamente as radiações e os indicadores para fins experimentais e, antes dessa época, tinham sido utilizados modestamente, mas com grande êxito durante mais de dez anos.

Qualquer programa de energia nuclear, concebido como tal, levará à produção de indicadores em grande quantidade, bem como de fontes copiosas de radiações. Mas a inversa não é verdadeira. Os reactores cujo nível de actividade é demasiado baixo para que sejam interessantes do ponto de vista da energia, ou que operam a uma temperatura à qual nenhuma energia seja utilizável, dão, contudo, ainda



No Laboratório Científico de LOS-ALAMOS (Estado do Novo México), os cientistas fazem os últimos preparativos num acelerador de Van de Graaff, que acelera as partículas até 7 milhões de volts; é o maior e o mais potente do género em todo o mundo

grandes quantidades de radiações; e reactores destes desenvolvem-se por toda a parte, com a ajuda dos Estados Unidos, do Canadá, da Grã-Bretanha, nos institutos, em universidades, escolas e nos centros de investigação espalhados por todo o mundo.

...Contudo, se bem que a aplicação das ferramentas nucleares possa ser separada, de um modo relativamente fácil, dos problemas militares, existe uma relação diferente e, humanamente falando, talvez muito mais vasta e profunda. A energia atómica tornou-se o símbolo de qualquer coisa que é real: o papel importante, promissor, fundamentalmente inquietante, novo e complexo, que a ciência e a tecnologia desempenham no mundo actual. Ela catalisa um reconhecimento explícito do papel da ciência no bem-estar do nosso país e no seu poderio militar, uma apreciação do valor dos sábios familiarizados com a física atómica, com as propriedades dos núcleos, com as técnicas experimentais, com as ferramentas analíticas e poderosas da física teórica. Lembro-me que, próximo do fim da guerra, o actual presidente da «Companhia Dupont de Nemours» que tinha suportado uma grave responsabilidade — entre outras — pela contribuição da sua Companhia ao projecto MANHATTAN, exprimiu, com seriedade, o seu desejo de voltar à escola para aprender física nuclear. Que isto seja uma esperança para o futuro.

Não é só nos Estados-Unidos, mas em diversas partes do mundo, que a energia nuclear deu um impulso ao desenvolvimento da ciência e à educação dos sábios.

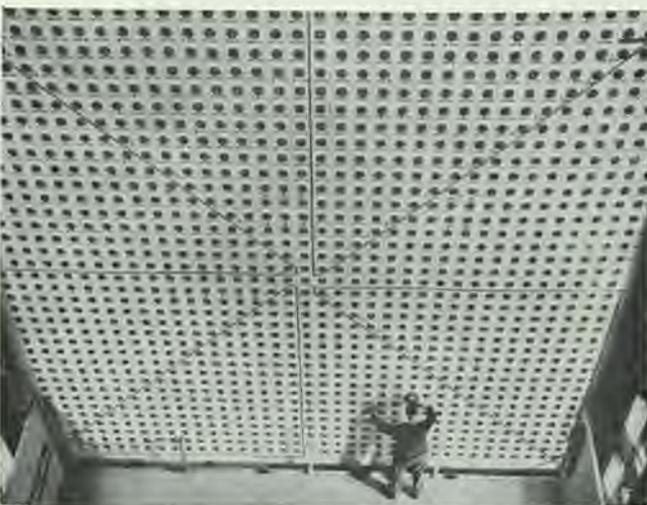
...O espectáculo que nos é assim oferecido é bem mais geral e talvez muito mais significativo que a simples tentativa de produzir economicamente e praticamente quilowatts a partir da energia nuclear. Vemos que em níveis muito diferentes, e, ainda que, por vezes, a coberto de uma má interpretação ou de uma esperança fútil, se toma consciência de um dos traços mais característicos da nossa época para o animar. Os homens que se educam, esses especialistas da biofísica, da medicina, da química dos adubos, da genética, das partículas elementares, da constituição das estrelas, podem ter que ver ou não com os projectos, a aplicação, a invenção de reactores de potência;

é evidente que a maior parte não contribui para isso; integram-se nas várias redes de especialistas. Encontram-se num ponto qualquer da curva incrivelmente abrupta do desenvolvimento da educação. Em consequência disto tudo, temos muito poucos quilowatts, sem que deixe de ser uma grande realidade. Para além destas intersecções da energia atómica com a revolução na condução da guerra e na evolução das ciências, existem muitas outras relações que se entrecruzam, umas derivadas das precedentes, outras, independentes, e estas considerações afectaram, limitaram, promoveram ou deformaram o desenvolvimento da energia nuclear. Algumas parecem ser relações tecnicamente inevitáveis, outras põem de novo velhos problemas, de há muito debatidos, cujas razões se encontram bem longe da energia atómica. Para estes, não tenho sequer competência para abrir uma breve discussão. É possível que a importância de alguns me tenha escapado completamente. De qualquer forma, vemos aqui de que maneira a exploração da cisão para a energia atómica se afastou, direi, do emprego do petróleo ou do gás natural.

O SEGREDO

...Em vista da ligação estreita que parecia existir entre as armas atómicas e a energia atómica, e pelo facto de algumas propriedades, pelo menos, serem comuns aos dois programas, não é para admirar que, de entrada, tudo o que era necessário saber para desenvolver a energia atómica fosse considerado como segredo.

Além dos factos conhecidos, os que não o eram ainda, mas que estavam ligados ao comportamento nuclear dos materiais ou às propriedades dos materiais cindíveis, as teorias que explicavam ou contribuíam para prever o comportamento dos sistemas de reacções em cadeia, tudo isso foi mantido secreto. Não era apenas este ou aquele facto que era considerado como segredo, os planos de um reactor, por exemplo, mas todo o campo do conhecimento necessário ao estabelecimento de projectos de reactores. Na origem, os reactores foram secretos e foram-no durante muito tempo. Alguns são-no hoje ainda. O primeiro grande passo para uma mudança da situação foi certamente a primeira conferência da Energia Atómica em Genebra, no verão de 1955.



Através dos orifícios desta parede de protecção do reactor de Brookhaven (Laboratório Nacional de Brookhaven, Upton, Long Island, N. Y.) são conduzidas toneladas de urânio para o moderador de grafite, antes que os átomos de urânio possam desintegrar-se numa reacção em cadeia

OS RISCOS

...Tendo em conta a sua amplitude, a energia atómica foi uma das indústrias menos perigosas deste país: segundo as normas industriais admitidas, muito poucos acidentes de trabalho se verificaram. É, contudo, desde as suas origens, o desenvolvimento da energia atómica levantou problemas suplementares de riscos físicos radicalmente diferentes daqueles, mais familiares, senão mais formidáveis, apresentados pelas indústrias químicas. É provavelmente verdade que a simplicidade relativa dos fenómenos nucleares comparados aos fenómenos químicos e o grau relativamente elevado de compreensão teórica que possuímos do fenómeno nuclear e das radiações, permitiram prever e controlar os riscos dos reactores das fábricas que deles dependem, mais facilmente do que na maioria dos outros domínios.

MATÉRIAS-PRIMAS

...No fim da guerra, as fontes conhecidas de urânio não teriam chegado para alimentar uma produção de energia nuclear à escala das necessidades mundiais. Seria necessário que os reactores transformassem o urânio 238, relativamente inerte, e o tório em elementos cindíveis mais activos. Geradores desse tipo estão em estudo há muito e alguns já foram construídos. Há pouco ainda, eram mais avançados e dispendiosos, para a mesma potência, do que os reactores tendo uma menos boa economia de combustível.

Tinha-se previsto, naturalmente à base da experiência adquirida com outros minerais, que o preço do urânio provocaria a descoberta de jazigos muito mais importantes. Este fenómeno produziu-se e hoje parece não existir qualquer limitação digna de ser mencionada à quantidade de energia que podem fornecer as matérias-primas disponíveis. A regeneração pode ser economicamente favorável, não é indispensável.

MONOPÓLIO

A obra da energia atómica em tempo de guerra foi naturalmente um monopólio governamental. Esta obra foi levada a cabo, é certo, por empreiteiros civis — na sua maioria empresas industriais — mas também com o auxílio de algumas universidades e institutos de investigação, tudo sob o mais completo controle administrativo e político do Governo dos Estados Unidos. De facto, foi quase uma operação militar confiada a um ramo do corpo de engenheiros dos Estados Unidos. Mas, mesmo durante as hostilidades, abaixo do Presidente e do Secretário da Guerra, as decisões gerais eram tomadas por um *Comité* misto, composto de civis e de militares.

A ENERGIA NUCLEAR NO ESTRANGEIRO

...A tecnologia e não ela apenas, dá, de preferência, àquele que possui, torna o rico mais rico e não o pobre mais rico. Apoia-se sobre uma acumulação de capital, de habilidade, de conhecimento, de educação, de mobilidade social e desabrocha onde já se encontra uma economia forte. Se, na verdade, o átomo deve enriquecer o pobre, será em grande parte porque nós e os nossos amigos da Europa assim o decidimos. O que o átomo dá actualmente aos países subdesenvolvidos é um impulso e um símbolo para o desenvolvimento da educação, do conhecimento, do «savoir-faire» técnico. Essas bases, depois de adquiridas, hão-de tornar possíveis, de diversos modos, as grandes transformações que esses países procuram realizar.

O COMPLEXO EMARANHA-SE

Os problemas que apontámos e muitos outros foram tratados de um modo mais ou menos definitivo em 1946. Na verdade, foram considerados de duas maneiras diferentes. O relatório McMAHON definiu os princípios fundamentais para a condução dos nossos problemas nucleares; por outro lado, o relatório ACHESON-LILIENTHAL esboça uma solução radicalmente diferente e, contudo, compatível com a via precedente.

...A lei McMAHON dá uma forma legal ao emaranhado do complexo histórico a que nos referimos. Liga tão intimamente as três partes desse complexo: armas, energia e ciência que lhes impõe uma direcção comum.

O COMPLEXO DESEMBARAÇA-SE

O monopólio que a lei McMAHON procurou preservar não durou muito. Inocentemente, os Britânicos e os Fran-

ceses mordiscaram-no ao construir os seus próprios institutos de investigações atómicas. Os Britânicos projectaram incorporar a energia nuclear como uma parcela importante dos seus recursos energéticos em electricidade. Três anos após a publicação da lei McMAHON, o monopólio foi destruído pelo nosso adversário mais perigoso. Então a corrida dos armamentos nucleares tomou o aspecto que nos é agora familiar; informações rigorosamente secretas mas numerosas experiências de armas nucleares revelando-as parcialmente ao concorrente.

...Duas coisas são do nosso foro: a lei McMAHON foi modificada de um modo importante de modo a tornar possível e mesmo a facilitar a participação da iniciativa privada, no progresso da energia nuclear. Foi também emendada para tornar possível uma assistência importante, embora ainda limitada, aos programas estrangeiros. Serão as emendas suficientes?...

PORQUE ESCOLHEMOS O REACTOR ARREFECIDO A GÁS PARA AS NOSSAS PRIMEIRAS CENTRAIS NUCLEARES *

GINO MARTINOLI

Director Geral da AGIP Nucleare, Milão

DAIGORO YASUKAWA

Presidente da The Japan Atomic Power Co., Tokio

PRECISAMOS DE ENERGIA. AGORA

GINO MARTINOLI

Durante o período imediatamente após a segunda guerra, a Itália estava absorvida nos seus problemas de reconstrução e impossibilitada de dedicar grande esforço ao estudo dos usos pacíficos da energia nuclear. No entanto, em 1952, o CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) criou o CNRN (Comitato Nazionale Ricerche Nucleari) mas mesmo em 1956 só conseguiu da parte do Governo um auxílio de aproximadamente 3 000 milhões de liras (136 000 contos). Depois da primeira Conferência de Genebra, a indústria italiana começou a interessar-se por estes problemas e considerou que um desenvolvimento inadequado das fontes de energia impediria o progresso económico do país, visto que foi calculado que o consumo duplicaria em 10 anos.

Esperamos construir em Itália, durante o período 1958-1967, centrais com uma capacidade aproximadamente igual ao total das já construídas. Em resumo, temos que realizar em 10 anos o equivalente ao trabalho levado a efeito nos últimos 75.

Até agora, as centrais hidroeléctricas têm sido a maior fonte de potência, satisfazendo até 90 % das nossas necessidades. Infelizmente, agora as fontes de energia estão quase esgotadas, já não sendo, portanto, económico o custo do kW instalado. A Itália não tem minas de carvão apreciáveis e as nossas reservas naturais de gás são industrialmente demasiado valiosas para produzir energia. Os poços de petróleo, embora importantes, não têm possibilidade de contribuir grandemente para as nossas necessidades. Por esta razão, calculou-se que, em 1967, para fazer face às nossas exigências, seria necessário aumentar cerca de 150 000 milhões de liras anuais (6 800 000 contos) ao valor das nossas importações de petróleo.

Problemas a resolver

Exactamente como na Grã-Bretanha e no Japão, a energia nuclear despertou em breve a atenção dos directores responsáveis italianos. Temos, no entanto, que admitir que a energia eléctrica produzida por centrais nucleares, ainda apresenta grandes problemas a resolver. Os comerciantes americanos afirmam que os problemas industriais económicos estão resolvidos e que as mesmas garantias tanto podem ser concedidas a uma central nuclear, como a outra qualquer. No entanto, parece ainda muito difícil para um industrial de electricidade decidir entre a produção de energia por métodos nucleares ou pelos convencionais.

Na Grã-Bretanha, foi escolhido para construção um único tipo de reactor, de entre os muitos possíveis e quatro grandes consórcios elaboraram os seus projectos a partir do famoso e único protótipo: *Calder Hall*.

Por outro lado, a indústria americana adoptou uma medida mais ampla, dispersando os seus esforços em muitas direcções, o que significa talvez uma obtenção mais lenta de resultados positivos mas, em compensação, a vasta experiência adquirida será posteriormente muito valiosa. Nessa altura, já a energia nuclear não terá de enfrentar comparações económicas com as fontes baratas de energia já existentes; a substituição de fontes naturais sempre decrescentes tornar-se-á um problema vital.

Devido à situação que deservei, não possuímos laboratórios suficientes, nem facilidades de pesquisas, nem pessoal técnico para empreender um tal projecto e assumir responsabilidades de construção como os principais consórcios britânicos e americanos. Portanto, se quisermos centrais nucleares, teremos que nos entregar a um desses

* Texto transcrito com a devida autorização da revista *Nuclear Power*, Vol. III, n.º 29, Setembro de 1958.

grupos para um negócio de «chave na mão». Mesmo assim, é necessário fazer uma selecção entre as diferentes propostas e temos que admitir que não temos experiência suficiente para fazer uma comparação segura.

Americanos e Ingleses

Nos fins de 1956, o Conselho de Ministros Italiano encarregou o Sr. E. MATTEI, Presidente do ENI (Ente Nazionale Idrocarburi), que controla uma grande parte das fontes de energia italianas, de empreender um estudo preliminar sobre a utilização desta nova fonte de energia. Para isso, o ENI formou a AGIP NUCLEARE, que se associou à SOMIREN, cujo objectivo consiste em pesquisas e exploração de minérios radioactivos. Ao mesmo tempo, a AGIP NUCLEARE, associada ao IRI criou a SIMEA, companhia que tem por fim construir e manter uma central nuclear na Itália Meridional, contribuindo assim para a industrialização desta área subdesenvolvida. A AGIP NUCLEARE começou por estudar os tipos de reactores oferecidos pelos consórcios britânicos, enquanto a SIMEA realizou um estudo semelhante sobre os reactores americanos que apresentavam imediatas possibilidades industriais práticas, nomeadamente os PWR e os BWR. Mais tarde, devido mais à falta de engenheiros especializados que às restrições financeiras, a administração do ENI decidiu dar prioridade a uma só instalação, a ser erigida o mais brevemente possível na área entre Roma e Nápoles.

O exame de propostas submetidas tanto à AGIP NUCLEARE como à SIMEA demonstrou que os reactores com urânio enriquecido estavam a desenvolver-se e a aperfeiçoar-se tão rapidamente que era difícil fazer um contrato definitivo sem haver mais tempo para uma estabilização dos projectos. Mas eles devem ser tomados em consideração para uma futura fase do nosso programa de desenvolvimento. Este programa, esboçado experimentalmente pelo CNRN, prevê geradoras nucleares produzindo cerca de 2 000 MW nos próximos 10 anos.

A primeira geradora nuclear italiana

A escolha entre as propostas dos quatro consórcios nucleares britânicos, semelhantes em muitos aspectos, foi muito difícil e, necessariamente, constituiu um compromisso entre várias considerações técnicas, comerciais e financeiras. Isto teria sido quase impossível se a UKAEA não nos tivesse ajudado duma maneira tão leal e imparcial. Em Maio de 1958, fizemos um acordo de cooperação técnica com a «Nuclear Power Plant Co.» e a 1 de Julho, foram começados os trabalhos para a construção de uma central de 200 MW próximo de Latina. A AGIP NUCLEARE, como exclusiva licenciada da NPPC na Itália, é responsável perante a SIMEA pelo acabamento e pela entrega da central até Julho de 1962.

Por este contrato, a AGIP NUCLEARE, com a cooperação tanto da NPPC como da UKAEA, está autorizada a adaptar os projectos aos requisitos italianos e a tomar a responsabilidade pela construção de centrais nucleares. Os técnicos italianos tomarão parte activa nos projectos e, assim, a nossa quota parte em projectos e construções de instalações nucleares aumentará, pouco a pouco, permitindo-nos formar a necessária experiência e técnica para o futuro. Esta aproximação parece-nos preferível, a ter as nossas exigências satisfeitas com instalações entregues com «a chave na mão». Só assumindo responsabilidades directas e, se for necessário, praticando erros,

poderemos aprender e recuperar o tempo perdido. Esta cooperação entre a indústria britânica e italiana trará muitas vantagens a ambos os países.

TINHAMOS TRÊS RAZÕES

DAIGORO YASUKAWA

As exigências da energia do Japão têm aumentado seriamente com o desenvolvimento das indústrias modernas e com a elevação do nível de vida da população. Do ponto de vista a prazo, as exigências no futuro devem seguir esta tendência de rápido crescimento. Assim, o fornecimento de energia terá de ser, por outro lado, dependente dos países estrangeiros como fontes de matérias-primas, pois que o desenvolvimento dos centros do Japão economicamente vantajosos para a energia hidroeléctrica se está dificultando e, sendo os nossos depósitos muito escassos e as condições de exploração mineira cada vez piores, a produção de carvão para energia térmica está quase a findar. Também não podemos contar com a produção de petróleo por ser fraca a sua potencialidade.

O ano passado, o Governo japonês elaborou o «Programa a longo prazo do desenvolvimento de Reactores de Potência» e vinculou bem a necessidade de um rápido desenvolvimento da geração de energia atómica. Para este fim, apontou a conveniência de importar, em breve, reactores de potência com fins comerciais e apropriados às condições actuais do Japão. Através das valiosas experiências a obter durante a sua construção e actividade, conta-se com a produção doméstica de reactores de potência e, bem assim, com a formação e treino dos engenheiros japoneses. Baseada neste programa do Governo, estabelecem-se, em Novembro de 1957, a «Japan Atomic Power Co.», gozando do total apoio dos grupos industriais, financeiros e didáticos do país.

Depois do profundo estudo das diferentes possibilidades, a Companhia chegou à conclusão de que os reactores a serem importados para uso comercial deviam ser de dois tipos, nomeadamente do tipo de urânio natural arrefecido a gás e do tipo de urânio enriquecido arrefecido a água. A Companhia tenciona construir estes dois tipos de reactores em duas fases. Escolheu-se para a primeira, o tipo de urânio natural arrefecido a gás. As principais razões desta decisão são as seguintes:

1. EXPERIÊNCIA. Na prática, o reactor arrefecido está totalmente ensaiado.

Os reactores de potência com fins práticos estão ainda no primeiro grau de desenvolvimento e não existem muitos em actividade ou em construção. Nestas circunstâncias, se está em vista a importação e a construção neste país dum reactor para fins práticos — principalmente atendendo a que será o primeiro reactor de potência do Japão — é necessário escolher um tipo que tenha realizado excelentes resultados e que prometa bom êxito na produção de energia atómica no Japão.

O tipo *Calder Hall* foi terminado na Grã-Bretanha em Outubro de 1956 com o objectivo de produzir plutónio, bem como energia eléctrica. Deu muito bons resultados e, até agora, não teve nenhuma avaria séria.

O Reino Unido está agora ocupado na construção de reactores do chamado «tipo avançado» de 300-500 MW eléctricos que foram baseados no protótipo dos reactores *Calder Hall*.

Por estes factos, a Companhia considerou o tipo «urânio natural arrefecido a gás» o mais apropriado para

ser importado como o primeiro reactor japonês para uso comercial.

2. COMBUSTÍVEL. O fornecimento do urânio natural é fácil e seguro.

Para prosseguir gradualmente na produção de energia atômica, é muito importante que a aquisição do combustível nuclear não seja interrompida pelas alterações de situação internacional e também que o seu fornecimento seja assegurado sem dificuldade e durante um longo período. O urânio a ser usado nos reactores em questão é produzido em grande escala em todo o mundo e o Japão também espera estar em condições de refinar e produzir urânio num futuro próximo. Além disto, a produção do urânio enriquecido está, presentemente, limitada a certos países e, alterando-se as condições internacionais, o nosso acesso a esse urânio tornar-se-ia difícil. Por esta razão, o tipo de urânio natural arrefecido a gás foi preferido entre os dois.

EDITORIAL DA «NUCLEAR ENGINEERING» *

ABRIL 1958, pág. 137

Em consequência de numerosos relatórios que recebemos, emitindo a opinião de que estavam perdendo ímpeto os esforços britânicos no mercado italiano, a *Nuclear Engineering* resolveu fazer uma prospeção junto das empresas italianas, entrevistando os dirigentes responsáveis pelos desenvolvimentos nucleares e averiguando as suas opiniões a respeito de matérias vitais para o nosso mercado exportador. A posição não é animadora; verifica-se que estamos perdendo terreno em relação ao nosso verdadeiro concorrente — os Estados Unidos.

A Itália é, provavelmente, o mais importante mercado do mundo para reactores de potência. Por volta de 1965 a importação de combustíveis fósseis, para consumo de centrais eléctricas apenas, poderá representar 10 % do valor total da importação; isto representa um custo equivalente a L 80 M (6,4 M de contos). Estão sendo desenvolvidos os recursos em gás natural e o potencial hídrico não está totalmente explorado, mas o aumento de consumo não dá mostras de quebra e um programa de construção de centrais nucleares é de necessidade primordial.

Estamos colhendo os frutos da nossa atitude — insular e de vistas curtas — relativamente à Europa, pelo que diz respeito ao EURATOM e à OEEC. Isto provocou o mais grave ressentimento e desconfiança, ao passo que os EE. UU. são olhados como uma potência exterior benevolente. Em Fevereiro, admirámo-nos do projecto da EUROCHEMIC, mas ignorávamos então que o Reino Unido se tinha desinteressado parcialmente do projecto, o que teve como consequência ter-se resolvido prosseguir com uma instalação piloto, da qual a França é o consultor principal, e, sem dúvida, a indústria francesa o fornecedor principal. É muito provável que esta atitude da nossa parte custará à indústria química do Reino Unido milhões de libras de exportação, porque existe a intenção de construir, anos fora, um grande número de instalações médias de tratamento de combustível, através da Europa.

Numa larga medida, morreu a ideia ingénua de vender unicamente centrais completas, mas é aparente que a absoluta necessidade de ter em conta a associação com

3. ECONOMIA. O reactor arrefecido a gás quase faz concorrência às centrais térmicas convencionais.

Segundo a informação fornecida pelo Reino Unido, o custo da produção de energia eléctrica pelo reactor de urânio natural arrefecido a gás, se for importado da Grã-Bretanha e construído no Japão, será comparável ao das instalações de energia térmica convencional. Além disso, o tipo de reactor de urânio enriquecido arrefecido a água, no actual grau de desenvolvimento, tem ainda muitas incertezas, especialmente no que respeita ao custo do combustível. Embora se espere que, tanto o custo da construção como o do combustível para os reactores de urânio enriquecido arrefecidos a água, desçam num futuro próximo até ao custo das instalações de energia eléctrica convencional, somos de opinião que o primeiro reactor de potência para o Japão seja o de urânio natural arrefecido a gás.

companhias locais é ainda apenas parcialmente compreendida. A Itália e o projecto da S. E. E. N. (central de 150 MW) é um exemplo típico da falência dos consórcios para reconhecerem totalmente aquele ponto. *A extensão da participação italiana poderá bem vir a ser o factor decisivo da adjudicação.* YASUKAWA esclareceu bem a *Nuclear Engineering*, quando da sua recente visita ao Reino Unido, que o custo por kWh é de importância secundária relativamente à proporção do esforço de construção local incluído nas propostas do Japão.

O elevado custo do capital é um importante obstáculo à venda de centrais nucleares. Não há razão para que não se forne o capital, quer pelo Governo, quer pela City, necessário a um financiamento de projectos no estrangeiro. Os juros são em geral mais baixos neste país do que em qualquer outra parte e não é verdade que não se possa arranjar dinheiro por investimentos de particulares.

...É surpreendente que a City, por si própria, não tenha dado qualquer passo neste sentido.

QUANDO SERÃO AS CENTRAIS ATÓMICAS RENDÁVEIS?

W. JUNKERMANN

em *Die Atom Wirtschaft*, Março 1958, pág. 96

A rentabilidade de uma central atômica não depende apenas do tipo de reactor escolhido mas, igualmente, dos capitais que podem ser dedicados ao estudo preliminar e à organização da fabricação industrial dos componentes estruturais necessários. Num programa atômico importante, a concentração dos esforços num tipo único de reactor influi favoravelmente no custo da construção, como o mostra o exemplo do reactor de Calder Hall cujo sistema de arrefecimento por gás foi objecto de estudos profundos.

* A comparação das preocupações aqui expostas com as opiniões expressas na nota anterior mostra a extraordinária evolução que sofreu este problema

INVESTIMENTO DE CAPITAL NECESÁRIO PARA A ENERGIA NUCLEAR

W. KENNETH DAVIS

no livro *The Economics of Nuclear Power* (1956), pág. 225

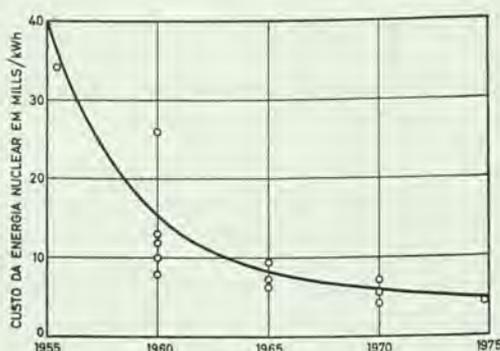
Elementos do Complexo	Investimento em \$/kW (valores máximos)	
Minério, da mina ao concentrado	1	
Purificação e redução	2	
Enriquecimento	80	
Elementos de combustível natural	5	
Elementos de combustível activado	15	
Água pesada	50	
Zircónio	2	
Central nuclear		250
Reserva de combustível	40	
Reservatórios de protecção	20	
Reprocessamento do combustível	60	
Totais	\$ 275	\$ 250

(mas DAVIS afirma que é prudente contar com um investimento total de \$ 350 por cada kW da capacidade).

O MERCADO PARA A ENERGIA ATÓMICA NOS EE. UU. E FORA

KARL M. MAYER

no livro *The Economics of Nuclear Power* (1956), pág. 209



Custo da energia produzida nas centrais nucleares, segundo os valores dados por seis autores diferentes, em milis (milésimos de dólar) por kWh nas barras. Sua variação entre 1955 e 1975. Como se vê, pode prever-se um custo de cerca de 15 centavos por kWh nas barras, a partir de 1975, valor este altamente competitivo

A CONSTRUÇÃO DE CENTRAIS ATÓMICAS — UM NOVO CAMPO DE ACTIVIDADE PARA NUMEROSOS RAMOS INDUSTRIAIS

H. HARDUNG-HARDUNG

Die Atom Wirtschaft, Abril 1958, pág. 143

O custo da construção de uma central atômica (de cerca de 300 MW) pode repartir-se do seguinte modo: 40 % para o reactor incluindo o combustível; 11 % para

o permutador de calor; 27 % para os edifícios e 17 % para os geradores da corrente eléctrica. ...A experiência da Grã-Bretanha mostra que mesmo empresas pequenas podem beneficiar dos negócios decorrentes da construção de centrais atômicas, desde que se caracterizem por serem capazes de ter ideias e imaginação. Isto é especialmente verdade para aquelas importantes partes das instalações em que domina o trabalho de construção convencional ainda que, ao mesmo tempo, se devam satisfazer exigências novas.

OS REACTORES ARREFECIDOS POR GAS AINDA SÃO OS FAVORITOS NO REINO UNIDO

Comentários a uma Conferência de

Sir JOHN COCKCROFT

em *Nucleonics*, Maio 1958, pág. 102

Depois de dois anos de experiência com *Calder Hall...* o próximo desenvolvimento com reactores de potência e de propulsão no Reino Unido será concentrado, principalmente, nos reactores a alta temperatura, com arrefecimento gasoso, moderados com água pesada ou com grafite.

...Os Britânicos prevêem elementos de combustível embañhados em produtos cerâmicos em vez de metálicos. Isto pode permitir uma subida da temperatura de saída do gás para 700 ° C.

FUSÃO E CISAO

Extractos de uma entrevista dada pelo Prof. FRANCIS PERRIN, Alto Comissário do Comissariado da Energia Atômica Francês, ao jornal *Le Monde*, publicados em *Industries Atomiques*, nº 3/4, Maio 1958, pág. 95

...A matéria prima da fusão não é a *agua simplex* mas sim a *agua pesada* a qual é mais cara, a peso igual, do que o urânio.

...Dentro de alguns anos, e certamente bem antes que se tenha domesticado a energia da fusão, o preço do urânio já nem entrará no preço do custo do kWh.

...A principal vantagem da água pesada, como combustível, não é o seu preço mas sim as suas inesgotáveis reservas. Se se tentar um cálculo, acha-se que elas podem satisfazer as necessidades da humanidade, em energia, durante 100 milhões de anos.

...Em conclusão, na utilização industrial da energia atômica, o urânio é, e permanecerá sem dúvida, um melhor combustível do que a água pesada. Os reactores de fusão não farão desaparecer as centrais atômicas clássicas — tanto como estas não fizeram parar a construção de barragens ou de centrais atômicas.

GENERALIDADES

SEGUROS

O «British Insurance (Atomic Energy) Committee», «pool» das companhias de seguros britânicas para cobertura dos riscos nucleares, promoveu uma reunião em Londres, em Março de 1958, com delegados dos seguintes países: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Noruega, Suécia, Suíça e Turquia (note-se a ausência de PORTUGAL). Houve acordo quanto à responsabilidade total, em caso de sinistro, pertencer ao proprietário do reactor. O seguro mínimo deve ser de 400 000 contos e cobrirá simultaneamente os riscos de danos materiais e responsabilidade contra terceiros. (Nuc. 4.58).

COLABORAÇÃO INTERNACIONAL

Já se encontram nomeados todos os dirigentes da Agência Internacional da Energia Atômica (AIEA) com sede em Viena, os quais são:

Director Geral — W. S. COLE (Reino Unido).

Directores de Secções — Dr. P. JOLLES (Suíça); Prof. V. V. MIGULIN (URSS); H. DE LABOULAGE (França); Dr. H. SELIGMAN (Reino Unido); M. E. G. BANCORE (Argentina); J. E. CUMMINS (Austrália); D. FISCHER (África do Sul); Y. FUGIOKA (Japão); A. I. GALAGAN (URSS); U. L. GOSWAMI (União Indiana); K. KRACZKIEWICZ (Polónia); Prof. J. DA COSTA RIBEIRO (BRASIL) — na Secção de Permuta e Formação de Cientistas e Técnicos — Prof. A. ROSTAGNI (Itália); J. SNIZEK (Checoslováquia); D. G. SULLIVAN (ONU); G. D. C. TAIT (Canadá); Dr. J. ESSER (Alemanha); BAAR EL DIN HAMDI (Egipto).

(A. W. 2,4.58).

PIERRE HUET (França) foi nomeado Director da Agência Nuclear da OECE (e. n. 1.58).

Em 20 de Dezembro de 1957 ficou constituída a EUROCHEMIC, sociedade destinada à construção e exploração de uma instalação de processamento de elementos combustíveis irradiados, constituída por 12 países, com a seguinte distribuição, num capital de 20 milhões de dólares (cerca de 600 mil contos): Alemanha, 17 %; França, 17 %; Bélgica, 11 %; Itália, 11 %; Suécia, 8 %; Holanda, 7,5 %; Suíça, 7,5 %; Dinamarca, 5,5 %; Noruega, 5 %; Áustria, 5 %; Turquia, 4 %; PORTUGAL, 1,5 %.

A instalação terá uma capacidade de tratamento de 100 t/ano, de urânio natural ou ligeiramente enriquecido. Prevê-se o seu arranque para 1961.

(A. W. 2.58 e E. N. 1.58)

LOUIS ARMAND (França) foi nomeado, em Janeiro, Presidente da EURATOM.

(E. N. 1.58)

Em Novembro de 1957, inaugurou-se em Paris, no «Palais de la Découverte» uma exposição permanente dos conhecimentos actuais de energia nuclear, organizada com a participação do Canadá, EE, UU., Reino Unido e URSS.

(E. N. 1.58)

Foram enviados 2 409 originais à conferência de Genebra realizada em Setembro de 1958. Destes, só seis tratam da experiência obtida na construção de centrais nucleares. Espera-se que as actas sejam constituídas por 33 volumes que deverão estar concluídos em Fevereiro de 1959. (N. P. 7.58)

ACTIVIDADES PRIVADAS

Constituiu-se na Dinamarca a DANATOM, com a participação da Academia das Ciências Técnicas, das maiores firmas industriais, empresas de electricidade e companhias de navios. Destina-se a fazer investigação aplicada no campo da energia nuclear.

(Nuc. 4.58)

Diversas firmas americanas e uma inglesa fizeram acordos de colaboração no campo atómico com algumas das principais firmas alemãs, cada uma representando certamente um grupo de sub-fornecedores importante. Citam-se as seguintes ligações: GENERAL ELECTRIC — AEG; WESTINGHOUSE — SIEMENS; NORTH AMERICAN AVIATION (AI) — DEMAG; MITCHELL ENGINEERING — BBC.

(A. W. 4.58).

A firma SORIN (sociedade privada italiana constituída pelas firmas FIAT e MONTECATINI) adquiriu nos EE, UU. um reactor nuclear tipo piscina, de 5 MW, para investigação, produção de isótopos e formação de pessoal.

(e. n. 1. 58)

MATERIAIS PARA REACTORES

Em 31.12.57 as reservas de urânio, conhecidas, dos EE, UU. eram de 70 milhões de toneladas.

(Nuc. 4.58)

São já numerosas as firmas privadas francesas dedicadas activamente à pesquisa de minérios de urânio, as quais muito têm contribuído para o rápido progresso do inventário da França em urânio. Entre elas, citaremos as seguintes: «S. A. des Manufactures de Glaces et de Produits Chimiques de St. Gobain» — SCUMRA, «Société Centrale de l'Uranium et des Minerais et Métaux Radioactifs» — CFMU, «Compagnie Française des Minerais d'Uranium» — PROMECA — «Société Aérienne de Recherches Minières» — «Compagnie Française d'Entreprises», às quais se juntou recentemente na AEF (Gabão) a «Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville».

(A. W. 4.58)

De Itália, o C. N. R. N. comunica que espera produzir até 1962, 350 t de urânio «italiano» e dá a conhecer alguns números relativos às reservas italianas. Espera produzir, só nos Alpes Marítimos, 65 t em 1960 e 130 t em 1961. Em 1962 espera atingir um valor de 12 biliões de liras (cerca de 600 mil contos) satisfazendo 30 % das necessidades italianas de consumo. (A. W. 4.58)

A Itália parece pois susceptível de se tornar um mercado interessante para o urânio de Portugal.

Encontraram-se novos jazigos de urânio no Iraque, no Egipto e no Sudão.
(Nuc. 3.58)

A firma finlandesa «Atomienergie Inc.» propõe-se exportar o rico minério finlandês (cerca de 4 a 10 % de U) a partir de 1959, sob a forma de óxido de urânio, recebendo em troca urânio enriquecido e maquinaria nuclear.
(Nuc. 3.58).

O programa francês de produção de urânio é o seguinte: 1958, 500 t; 1961, 1 000 t; 1975, 3 000 t (como base para uma produção de energia eléctrica de origem nuclear representando cerca de 35 % da produção total francesa).
(e. n. 1.57).

Nos EE.UU., a AEC anuncia que pagará 15 dólares por grama de U-233 (obtido a partir da cisão do Th 232)
(e. n. 1.58).

INDÚSTRIAS NUCLEARES

A fábrica de berílio da firma «Brush Beryllium», em Elmore (Ohio) tem uma capacidade de 5 500 kg de berílio metálico por ano.

A «Société Potasse et Engrais Chimiques (PEC)», uma das firmas que constituem a «S. E. T. U. (Société d'Etudes et de Travaux pour l'Uranium)» anuncia que foi encarregada de «realizar a primeira fábrica de urânio de PORTUGAL».
(e. n. 1.58)

A «G. E.» terminou uma fábrica de elementos de combustível, com uma área de cerca de 3 000 m² cujo custo foi de cerca de 45 000 contos (15 contos/m²).
(Nuc. 3.58)

A «Comissão da Energia Atómica Americana» anunciou que o preço de custo da água pesada era de facto de \$28 por lb com a seguinte divisão: Energia: \$5.56; Custos directos: \$4.19; Custos indirectos: \$4.38; Amortização em 18 anos (\$164 M); \$10.43; Despesas da AEC: \$3.68.

As três instalações de separação do isótopo U 235 do urânio natural, existentes nos EE.UU., consomem 50 000 GWh por ano (25 vezes o actual consumo total de energia eléctrica em PORTUGAL).
(e. n. 1.58)

Constituiu-se na Bélgica, em Agosto, a sociedade «Métallurgie et Mécanique Nucléaires (MMN)» com um capital de 100 milhões de francos belgas, cujos maiores accionistas são a «Société Générale Métallurgique» de Hoboken, a «Fabrique Nationale d'Armes de Guerre», bem como a firma BELGONUCLÉAIRE, análoga belga da CPIN.

O objecto da nova sociedade é o estudo e a fabricação de todas as peças que intervêm na constituição de reactores nucleares, designadamente de todos os tipos de elementos de combustíveis nucleares, sua montagem, bem como a construção de núcleos completos.

Uma tal fabricação exigia a colaboração de uma sociedade altamente especializada no domínio da mecânica de precisão, o que explica a presença da Fábrica Nacional de Armas belga.

REACTORES NUCLEARES

A firma americana «Atomics International» arrancou um reactor experimental cujo moderador é um líquido orgânico.
(e. n. 1.58)

No Reino Unido está em construção um submarino com propulsão por reactor nuclear, designado por *Dreadnought*, de concepção original britânica (e. n. 1.58). O *Nautilus*, americano, 1.º submarino stómico, foi lançado ao mar em 21 de Janeiro de 1954, depois de 6 anos de estudos.

Em Fevereiro, nos Estados Unidos, o «Argonne National Laboratory» anunciou o início da construção do EBR-2 (*Experimental Breeder Reactor*), reactor auto-generador, de 15 MW (el.).
(A. W. 4.58)

O primeiro reactor polaco, EWA, arrancou em 31 de Maio, no centro de estudos nucleares de Swierk, perto de Varsóvia. Usa urânio enriquecido a 10 % e tem uma potência de 2 MW.
(N. P. 7.58)

Em Halden, na Noruega, vai ser explorado o reactor norueguês de 10 MW, do tipo EBWR (*Boiling Water — Agua Ebuliente*), para a execução de um programa de investigações comum aos seguintes países, que dividem entre si os encargos (de cerca de 800 mil contos): os seis países da EURATOMO, Áustria, Dinamarca, Noruega, Reino Unido, Suécia e Suíça. O programa de trabalhos está previsto para três anos. O reactor de Halden é o primeiro reactor de água ebuliente da Europa e o primeiro do mundo que usa água pesada.
(N. P. 7.58)

A firma «Atomic Energy of Canada, Ltd.» comunica que o reactor de investigação NRU (National Research Universal) de 200 MW foi, pela primeira vez no mundo, sujeito à operação de renovação de combustível sem suspensão do seu funcionamento. A máquina de carga do combustível tem 13 metros de altura, pesa 240 t e permite colocar os elementos de combustível com uma precisão de 0,01 polegada.
(A. W. 4.58)

Prevê-se actualmente que a propulsão, por reactor nuclear, de navios de superfície, só seja económica acima de 20 000 t—mais seguramente para cerca de 100 000 t.
(e. n. 1.58).

Segundo um relatório da «The Atomic Industrial Forum» o mercado para equipamento e componentes de reactores nucleares no mundo, para os fornecedores americanos, é de \$4 000 M (cerca de 110 milhões de contos). (N. E. 6.58).

CENTRAIS NUCLEARES

ENERGIA ATÓMICA NO SAARA? — Consta que a EDF (Électricité de France) vai formar uma sociedade com o CEA e uma sociedade de financiamento privada para a construção de uma central nuclear em Fort Lamy. (Nuc. 4.58).

SHIPPINGPORT: A primeira central nuclear americana foi inaugurada em 2 de Dezembro de 1957. Tem uma potência eléctrica total de 60 MW. O seu reactor é do tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*) com um rendimento térmico de 26 %. Trabalha com urânio enriquecido em U 235 (75 kg em 14 toneladas). A água natural constitui tanto o moderador como o refrigerante. A temperatura média deste é cerca de 275°C. (Uma descrição muito pormenorizada é fornecida no número de Abril de 1958 da revista *Nucleonics*).

O governo italiano e o Banco Internacional de Reconstrução fizeram um acordo para a construção no sul de Itália de uma central nuclear de 150 MW (e. n. 1.58). *A exploração será feita pela firma ENSI (Energia Nucleare Sud Italia)*.

As competentes autoridades britânicas escolheram o cabo de Dungeness, no distrito de Kent, para local de construção da 5.^a central atómica britânica, com uma potência instalada de 500/550 MW, a qual será ligada à rede a 275 kV, para uma futura conexão ao sistema francês por meio do projectado cabo através do Canal da Mancha. (N. P. 7.58).

A firma espanhola «Nuclenor (Nucleares del Norte, S. A.)», recentemente constituída, vai construir a primeira central nuclear da Espanha, provavelmente em Sobron, sobre o Ebro. Está prevista uma potência de 220/250 MW e foi escolhida como consultor técnico a firma americana «Internuclear Company (Dr. Marvin Fox)» que também tem contratos em Itália com a SEEN e a ENSI.

(N. P. 7.58).

Foram de cerca de 3 000 contos as despesas com a pesquisa de um local apropriado para a construção de uma central nuclear na Gales do Norte, no Reino Unido. (N. P. 7.58).

Sob o título «Cheaper Nuclear Power in Five Years» publica o *Sunday Times* de 31 de Agosto de 1958 uma entrevista com Sir JOHN COCKROFT, da qual tiramos as seguintes afirmações:

Pergunta: «No seu discurso de 1955, V. Ex.^a afirmou que a energia nuclear não seria mais barata do que a de origem térmica nos próximos 10 anos. Isto ainda é assim?

Resposta: «As previsões de 1955 não estão muito desactualizadas. Alguns factores melhoraram, outros pioraram... Creio que o ponto de cruzamento definindo a competição da energia nuclear e da energia térmica se situará em 1963».

Mais adiante: «Com o nosso actual programa, esperamos que em 1966 já 25 % da nossa potência instalada seja de origem nuclear... A nossa aptidão a realizarmos uma participação nuclear de 50 % do total, já em 1975, depende inteiramente de ser possível conseguir uma redução dos custos de capital do valor actual de £ 110 por kW para £ 80 por kW. Penso que isto será possível...»

PROGRAMAS NUCLEARES

O ministro alemão da energia atómica, SIEGFRIED BALKE, aprovou um encargo total de 2 400 milhões de marcos (cerca de 17 milhões de contos) para o plano de fomento atómico alemão de 7 anos (e. n. 1.58). Só para o ano de 1958 a verba votada foi de cerca de 1 400 milhares de contos para participações no EURATOMO.

(A. W. 4.58).

O Parlamento Suíço votou uma verba de 15 M de frs. (cerca de 100 mil contos) para a investigação científica no campo da energia nuclear, em 1958.

(A. W. 4.58)

A Dinamarca inaugurou em 6 de Junho o seu primeiro centro de investigações nucleares, em Risø, com um reactor experimental de 5 MW. O seu custo foi de cerca de 360 mil contos. Estão previstos, para 1959, mais dois reactores.

(N. P. 7.58)

Os encargos previstos nos EE.UU., até 1961, só para o programa civil de centrais nucleares, elevam-se a cerca de 5 milhões de contos, por ano, dos quais cerca de 3 milhões são do Estado, cerca de 1,5 milhões das companhias de electricidade e apenas 500 mil contos dos fabricantes de reactores ou componentes.

(N. E. 6.58)

Nota — Nesta Secção, publicam-se notícias extraídas de diversas revistas da especialidade, as quais são citadas no final de cada notícia, numa referência constituída pela abreviatura do nome da revista, o número ou o mês e o ano. As abreviaturas adoptadas são:

- A. P. — Atom Praxis
- A. W. — Die Atom Wirtschaft
- e. n. — Énergie Nucléaire
- E. N. — Energia Nucleare
- Nuc. — Nucleonics
- N. E. — Nuclear Engineering
- N. P. — Nuclear Power
- I. A. — Industries Atomiques