

## SECÇÃO 2 — CENTRAIS TÉRMICAS: EQUIPAMENTO, EXPLORAÇÃO, CUSTOS (BASES ACTUAIS E TENDÊNCIAS)

# INTRODUÇÃO ELEMENTAR AO ESTUDO GERAL DA INTEGRAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES NA RÊDE ELÉCTRICA PORTUGUESA

...erudimini, qui iudicatis...

*Este relatório já estava escrito (concluído em 4 de Fevereiro) quando se deu a dissolução da «Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares» (5 de Março), após seis anos de esforços e lutas, agora sem objectivo.*

*Oxalá se salvasse o remanescente deste passado tão recente, para o que será indispensável ter o sentimento da sua extrema vulnerabilidade ao desgaste do tempo. Estou convencido de que a «Empresa Termoelectrica Portuguesa» procurará preservar a dignidade e a eficiência técnicas dos especialistas que a CPIN formou; há, felizmente, na sua direcção superior quem saiba como proceder para o conseguir.*

*A apresentação deste Relatório, dá-me a oportunidade, que não quero perder, de prestar uma pública homenagem ao trabalho daqueles colaboradores e ao espírito que animou os fundadores da CPIN, numa atitude progressiva que merece ser salientada.*

*Mas a sua força de ânimo e a sua coesão não foram suficientes para resistir ao vendaval das reacções que se opuseram, crescentemente, ao desenvolvimento da sua iniciativa, numa ânsia incompreensível de pôr termo a uma actividade desinteressada, escrupulosa e de incontestável interesse nacional.*

*Numerosos são, certamente, os responsáveis directos por um acto destrutivo no qual não se enxerga qualquer contrapartida vantajosa e tanto mais de estranhar quando se anuncia oficialmente, na América, a encomenda de uma central nuclear (a de Oyster Creek) capaz de produzir um quilowatt-hora ao preço inacreditável (principalmente para aqueles responsáveis, é claro) de 11 centavos!*

*Aos primeiros, fundadores, colaboradores e defensores da CPIN, desejo exprimir todo o meu reconhecimento pela ajuda que me deram e pelos sacrifícios de dinheiro ou de trabalho a que não se pouparam.*

*Aos segundos, aos seus detractores, aos que a destruíram, direi apenas que o futuro se encarregará de nos julgar.*

*Assim, estranhamente, é a uns e a outros que dedico a publicação deste trabalho.*

Lisboa, 9 de Abril de 1964

ARMANDO GIBERT

### 1) INTRODUÇÃO

#### 1.1 — PALAVRAS PRÉVIAS

Foi com certa reserva — que não pode deixar de ser claramente expressa desde já — que aceitámos o papel de Relator do Sub-Tema «Centrais térmicas nucleares».

Por duas razões: primeiro, por não nos julgarmos com competência para o fazer no nível desejado e ser evidente a carência de tempo e de informações para analisar em profundidade e do ponto de vista nacional — único de interesse por agora — «equipamentos, exploração e custos (bases actuais e tendências)»; segundo, por recearmos que a insuficiência de bases concretas e de objectivos definidos possa levar a conclusões parcelares que obscureçam as realidades e contrariem, até, a solução mais conveniente.

Pareceu-nos, no entanto, que seria mais construtivo o esforço que se fez, do que uma cómoda abstenção e que, com as limitações próprias e outras já aludidas, o presente trabalho poderia ainda ser de alguma utilidade.

De qualquer forma, são devidos especiais agradecimentos à Direcção do «Grémio dos Industriais de Electricidade» pelo convite que nos dirigiu e com que muito nos honrou.

Desejamos também agradecer aos Serviços Técnicos da CPIN a preciosa colaboração que nos prestaram, sem a qual este estudo nem sequer poderia ter sido abordado.

## 1.2 — FILOSOFIA DO TRABALHO

De acordo com os princípios da organização deste Colóquio, e a troca de impressões que a Direcção do Grémio dos Industriais de Electricidade houve por bem promover entre os Relatores, fixou-se para o Colóquio um objectivo que pode resumir-se do seguinte modo: «recolher elementos que contribuam para o futuro planeamento do sistema produtor de energia eléctrica, destacando os problemas económicos relacionados com os temas abordados».

Será no espírito desta definição de objectivos que procuraremos enquadrar o nosso trabalho.

Contudo entendemos que nos compete não ignorar que, em torno dos problemas de integração de diversas formas de produção de electricidade, se levantam, como é humano, interesses particulares que podem toldar, por vezes, a clara visão do interesse geral.

A energia nuclear não tem ainda em Portugal quem vele pelos seus interesses específicos, na medida em que o poderão ter as fontes concorrentes; por isso, deveremos neste trabalho, ainda que na defesa de interesses alheios desconhecidos, tomar uma atitude pró-nuclear, que não será certamente de parcialidade mas que procurará criar um certo equilíbrio no jogo de interesses em presença.

Isto porque estamos convencidos de contribuir deste modo para a melhor salvaguarda dos interesses superiores do País, os únicos que, na realidade, procuramos servir.

## 1.3 — POSIÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR EM PORTUGAL

Ainda que curta no tempo, é já de certa densidade a história da energia nuclear em Portugal. Salientam-se, em particular, entre muitos trabalhos e esforços de merecimento, os Estudos promovidos pela CPIN e, mais ainda talvez, o notável Parecer que sobre os mesmos foi votado por maioria na «Comissão de Planeamento dos Novos Centros Produtores de Energia Eléctrica» e de que foi relator o Delegado da «Junta de Energia Nuclear».

Desse documento — com data de 27 de Abril de 1962 — julgamos oportuno transcrever os seguintes trechos (Resumos de Conclusões dos Estudos da CPIN cuja validade é reconhecida no Parecer):

.....  
*«Sobre a localização aproximada da época do esgotamento dos recursos hidroeléctricos de perspectivas económicas*

a) esgotamento dos recursos hidroeléctricos de perspectivas económicas por volta de 1975  $\pm 2$ , se o recurso à energia térmica for só para apoio;

b) necessidade de estudar a conveniência de intercalar energia térmica (não excluindo a hipótese nuclear) em funções mais latas que as de apoio, principalmente a partir de cerca de 1970.

*Sobre as fontes de produção de energia previsíveis para a época seguinte ao esgotamento dos recursos hidroeléctricos económicos*

a) Não existem soluções óptimas economicamente evidentes nem aceitáveis de per si por condicionamento de ordem nacional como até agora aconteceu relativamente ao aproveitamento dos recursos hidroeléctricos; os recursos naturais de combustíveis para centrais térmicas funcionam como elementos não necessariamente preferenciais.

b) O problema da escolha é de natureza complexa e só pode ser resolvido pela ponderação de um conjunto mais lato de factores de ordem nacional (economia, financiamento, industrialização, balança de pagamentos, segurança ou garantia no abastecimento, grau de autarquia energética, etc) abrangendo não só as centrais de produção mas também os complexos industriais respectivos, particularmente importantes no caso da solução nuclear.

É também indispensável que esta análise não se restrinja ao período inicial de funcionamento mas que seja alargada ao longo do período de vida das centrais (20 a 30 anos de vida média global).

*Sobre os reactores nucleares para centrais de potência e sobre a análise económica das alternativas: centrais nucleares — centrais térmicas clássicas*

a) Existem centrais nucleares de potência que na tecnologia actual podem ser industrializadas em Portugal, na década 1962-1971, em condições de produzir energia eléctrica em bases comerciais definíveis.

b) Os reactores que merecem ser considerados numa análise económica prévia com significado na próxima dezena de anos são os seguintes:

— Reactores moderados e arrefecidos por água sob pressão, do tipo PWR;

— Reactores moderados e arrefecidos por água ebuliente, do tipo BWR;

— Reactores moderados a grafite e arrefecidos a gás, do tipo AGCR;

— Reactores moderados por água pesada, do tipo HWR-CANDU;

— Reactores moderados e arrefecidos por líquido orgânico, do tipo OMCR.

c) Devem merecer também atenção especial, pelo interesse potencial do ponto de vista nacional, os seguintes tipos de reactores, que são objecto dum esforço de investigação mundial considerável:

— Reactores reprodutores, nomeadamente reactores-rápidos;

— Reactores moderados a água-pesada e arrefecidos a gás;

— Reactores moderados a grafite e arrefecidos a sódio.

d) Os parâmetros tomados como base para o estudo económico da CPIN podem considerar-se suficientemente válidos e aproximados para tirar conclusões sobre a potencialidade da competitividade das centrais nucleares em relação às centrais térmicas convencionais.

e) Os parâmetros utilizados no estudo económico da CPIN não foram optimizados para o caso português. Esta optimização, que se deve aplicar às centrais nucleares e às clássicas, é essencial para uma comparação mais rigorosa entre os vários tipos de centrais<sup>(1)</sup> e deve utilizar não só o critério do custo mínimo do quilowatt-hora produzido, mas também outros parâmetros condicionantes, tais como o volume de exportação de divisas, as características técnico-económicas da nossa indústria relevantes no complexo industrial nuclear, etc. Este trabalho exige a colaboração de especialistas qualificados e pode envolver um esforço financeiro considerável. Por outro lado, o problema do ciclo do combustível implica o estudo das indústrias com ele relacionadas e a definição das condições comerciais e legais de aprovisionamento, transporte, devolução e crédito do combustível enriquecido.

f) Sob o aspecto do preço de produção de energia, conclui-se, a partir do estudo económico efectuado, e tendo em atenção as características dos parâmetros utilizados, que as centrais nucleares são potencialmente competitivas em relação às centrais convencionais, dentro da década que se segue ao esgotamento das nossas reservas hídricas.

Reconhece-se que, nos primeiros anos desta década, a competitividade das centrais nucleares pode ficar sensivelmente comprometida pela sua reduzida utilização. Espera-se, no entanto, que esta utilização possa aumentar de forma que se atinja um valor médio de 5000 h/ano no período de vida das centrais.

(1) O actual estudo económico da CPIN não pretende seleccionar o tipo de reactor nuclear que proporcione maiores vantagens económicas. Aliás não existe actualmente um tipo de reactor que se apresente em condições nitidamente mais favoráveis.

Por outro lado, espera-se também que, a longo prazo, a competitividade das centrais nucleares se acentuará, uma vez que o custo da energia térmica clássica tem tendência a estabilizar<sup>(2)</sup> e que o custo da energia nuclear tem tendência a descer<sup>(3)</sup>.

*Sobre as perspectivas industriais do mercado nuclear e sobre as possibilidades de participação nacional*

- a) A instalação de centrais nucleares produtoras de energia eléctrica, apresenta de 1971 em diante perspectivas dum mercado potencial para a indústria, que pode traduzir-se assim:
- a<sub>1</sub>) representa um valor médio de produção anual importante, tomando como base de comparação as produções actuais. Por ordem decrescente de importância nos campos considerados, a incidência deste mercado é mais sensível nas indústrias: electrónica, metalúrgica, metalo-mecânica, eléctrica, de química e de engenharia civil;
  - a<sub>2</sub>) implica uma aquisição de «engineering» e de novos condicionamentos e técnicas específicas;
  - a<sub>3</sub>) permite considerar a instalação de novas indústrias específicas de alta rentabilidade, cujo estudo urgente se impõe.
- b) A participação efectiva da indústria nacional, em valores acrescentados, exige um estudo prévio, sobretudo porque o grau dessa participação efectiva é fortemente influenciado pelo nível de qualidade da produção de «engineering» do participante;
- c) As necessidades em investimentos, pessoal, bens de produção, e serviços, pelos seus valores específicos, em quantidade e qualidade, não podem ser considerados nos curtos prazos habituais das realizações tradicionais. Ainda que só um estudo aprofundado das matérias permita obter uma base concreta, pode, no entanto, afirmar-se, por semelhança com outros países, que o tempo disponível, uma década a década e meia, é restrito, e é imperioso estabelecer e fixar imediatamente um programa para o estudo desses problemas;
- d) A participação da indústria nacional no complexo nuclear, não é só uma perspectiva que lhe é oferecida. Na verdade, dada a importância dos investimentos, essa participação é uma necessidade imperiosa para a economia e para a própria consecução do programa de instalação das centrais, isto é, da produção de energia eléctrica necessária ao País;
- e) A definição duma legislação nacional nos campos da segurança, dos seguros e dos transportes, assim como o estabelecimento da política do combustível, impõem-se como parâmetros indispensáveis no estudo do complexo nuclear numa base quantitativa, com a maior urgência, pelas razões já expostas em c).

Julga-se, além disso, necessário realçar os seguintes aspectos do problema:

- 1) A necessidade de programar a actividade nacional para a produção de energia eléctrica por via nuclear mediante uma optimização que considere todos os factores de produção, designadamente os do ciclo do combustível, e não atendendo apenas a um único parâmetro;
- 2) O carácter vital da preparação do País para que a indústria nacional ultrapasse os 30 a 40% de participação, para que não se introduza um factor de desequilíbrio na nossa balança de pagamentos;
- 3) A necessidade de programar a preparação do País de forma tal que, no tempo disponível, a própria concepção e a realização das novas actividades ou o alargamento das já existentes se faça também por sua vez com um grau máximo de participação nacional.»...

Também são de referir aqui alguns trabalhos apresentados ao Ciclo de Conferências organizado pela «Comissão Nacional Portuguesa da

Conferência Mundial de Energia», sobre o tema genérico «Recursos energéticos metropolitanos — fontes primárias. Seu aproveitamento», realizado em Novembro de 1961, a saber:

- Eng. ABÍLIO FERNANDES: *Elementos de combustível para centrais nucleares com reactores térmicos conversores; alguns aspectos industriais.*
- Eng. G. FRANCÉS CORREIA e Dr. J. GASPAR TEIXEIRA: *A reprodução de combustível («breeding») na valorização dos minérios de baixo teor e combustíveis empobrecidos.*
- Eng. F. MARQUES VIDEIRA, Eng. J. M. PEIXOTO CABRAL e Dr. A. J. GONÇALVES RAMALHO: *Alguns aspectos importantes da valorização e utilização dos combustíveis nucleares. Contribuição do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares na resolução de problemas nacionais.*
- Eng. C. PIRES LOBATO: *Posição actual do problema da avaliação das reservas de minério de urânio de Portugal continental.*

Com carácter mais especializado, talvez por serem mais recentes, citaremos ainda os seguintes estudos:

- Dr. JOSÉ PIRES LOURENÇO: *Sobre a utilização em Portugal de centrais nucleares na produção de energia eléctrica — REVISTA DE ECONOMIA, Vol. XIV, Fasc. I, pág. 31 (Março de 1962).*
- Eng. ABÍLIO FERNANDES: *A competitividade da energia nuclear em Portugal: elementos para a sua análise — Publicação 62.13 da CPIN (Setembro de 1962).*
- Eng. ANTÓNIO LEITE GARCIA: *A potência nuclear no complemento térmico do sistema electroprodutor português — ENERGIA NUCLEAR, Boletim do Forum Atómico Português, n.º 1, Janeiro de 1963.*

Também no plano das ideias gerais, retomaremos porventura alguns dos que já foram expostos numa outra publicação do autor deste trabalho.

- *As três primeiras fases do aproveitamento nacional da energia nuclear na produção de electricidade — ELECTRICIDADE, n.º 21 (1962).*

Finalmente, em divulgação dos resultados gerais do estudo de uma central de 250 MW com reactor de água pesada, publicaram os Serviços Técnicos da Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares os seguintes trabalhos:

- Projecto Conceptual do Projecto REP-O, 1.ª Redacção, 2 Volumes, Documento Provisório DP-62.14 da CPIN, 1962.
- 1.º Relatório de Progresso do Projecto REP-O, Informação ST-62.4 da CPIN, 1962.
- 2.º Relatório de Progresso do Projecto REP-O (texto definitivo), Informação ST-63.3 da CPIN, 1963.
- 3.º Relatório de Progresso do Projecto REP-O, Informação ST-63.4 da CPIN, 1963.
- 4.º Relatório de Progresso e Balanço do Projecto REP-O (2 volumes e 1 separata), Informação ST-63.8 da CPIN, 1963.

Em todos estes trabalhos e noutros oportunamente referidos se encontrarão as bases do «ponto» que vamos tentar fazer com o sentido dinâmico que as circunstâncias recomendam. Neles, ainda, se considera definida «a posição da energia nuclear em Portugal».

(<sup>2</sup>) Prevê-se redução no custo das instalações e equipamentos e agravamento no custo do combustível, sobretudo do carvão.

(<sup>3</sup>) Prevê-se redução no custo das instalações e equipamentos, por natural evolução tecnológica, e redução no custo do combustível, pelo sistemático progresso do complexo nuclear.

## 1.4 — POSIÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR NO MUNDO

Como é evidente, a energia nuclear tem-se afirmado no Mundo por uma forma invulgar de intensidade e de expansão.

A sua conquista de uma posição saliente entre as fontes primárias de energia é irreversível.

A sua aceitação pelas grandes Nações, impõe-na às pequenas, por natureza.

Entretanto continua — e continuará durante muito tempo ainda — a controvérsia sobre o interesse da energia nuclear.

Por isso, julgamos que não será inoportuno recordar aqui alguns factos que demonstram que este interesse existe e que aquelas conclusões são óbvias. Assim:

- As centrais nucleares instaladas na Europa (OCDE) terão uma potência de 8000 MW em 1968 contra 800 MW em 1962 [1].
- Em fins de 1963 a potência nuclear em serviço nos Estados Unidos era de cerca de 900 MW; mas daqui a cinco anos será de 3500 MW (tendo em conta apenas as centrais cuja construção já foi iniciada) [2].
- No início de 1963, só nos países do EUROMERCADO estavam em construção ou firmemente decididas 30 centrais nucleares com uma potência total de 6000 MW [3].
- O programa britânico, já firmado, é de 5000 MW até 1968 [4].
- O programa nipónico (em 1962) previa a instalação de uma potência de 6000 a 8500 MW na década 1971-1980 [5]; segundo dados mais recentes, em 1970, já haverá no Japão 1300 MW nucleares [6].
- O programa italiano prevê 600 MW em 1965 e 7500 MW em 1975 [7].
- Em França estão instaladas ou em vias de instalação seis centrais num total de 1400 MW mas, como é bem sabido, prevê-se até 1975 a instalação de cerca de 250 MW por ano, em média, o que daria naquela data aproximadamente 3000 MW. Entretanto, num documento oficial recente [8] faz-se a previsão de um total de 37 000 MW em 1985, desde que sejam competitivas as centrais nucleares cuja construção comece em 1970/72 (o que se tem como praticamente seguro).
- Em Espanha acaba de ser pedida autorização para a quarta central nuclear de potência — com 400 a 500 MW — requerida pela «Empresa Eléctrica da Catalunha» para instalar a 20 km de Barcelona [9] (\*).
- O programa sueco actual inclui a central protótipo de 10 MW, uma central com reactor «boiling-water» de 60 MW e uma central de água pesada de 206 MW (MARVIKEN). Prevêem-se [10] os seguintes valores no futuro próximo: 800 MW em 1975 e 3800 MW em 1980, representando então 26% da produção total da Suécia.

Parece-nos que estes números constituem, só por si, motivo para que se não possa negar entre nós, o maior interesse em, pelo menos, se acompanharem os progressos dos outros, mesmo que, como parece já estar resolvido, se faça tábua rasa de algumas possibilidades que teríamos de também progredirmos por nós próprios.

### 1.4.1 — O «CASO» DO PROGRAMA BRITÂNICO

Julgamos que merece a pena incluir aqui — para que nalgum lado, em português, fique registado por escrito — o que se passou com o programa britânico, cujas variações, ditadas na realidade por criteriosos juízos, tem-se prestado a numerosas especulações as quais, essas, nada têm de criterioso:

1955 (White paper) — 1500 a 2000 MW em 1965, com uma estimativa de custo provável de £200 a £150 por megawatt [11].

1956 Relatório Hartley — prevê que em 1975 a energia nuclear pode economizar 40 milhões de toneladas de carvão por ano, no Reino Unido [11].

1956 (Novembro) — Crise de Suez.

1957 (Março) — Novo programa — 5000 a 6000 MW em 1963/66 com uma estimativa de custo global de £919 milhões [11].

1957 (Outubro) — Termo do programa diferido para fins de 1966 [12].

1960 (Junho) — Em consequência da conjuntura britânica e da baixa, de 25% prevista no preço das centrais térmicas modernas o programa passou [12] para 5000 MW em 1968 (que ainda se mantém [4]), ou seja cerca de 4000 MW em 1966 (em vez dos 6000 previstos a seguir à crise de Suez).

— É tudo... (V. NOTA na p. 528).

## 1.5 — EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE POR VIA NUCLEAR

### 1.5.1 — GENERALIDADES

Foi em 2 de Dezembro de 1942 que atingiu a criticalidade o primeiro reactor nuclear, há, portanto, mais de vinte anos.

Esperou-se mais de dez anos para que aparecessem as primeiras centrais nucleares, todas de potências muito modestas, esboços um pouco hesitantes das realizações gigantescas que hoje se decidem.

O impressionante ritmo da expansão da energia nuclear e a invulgaridade das verbas nela investidas, por assim dizer apostadas no seu êxito, são parâmetros determinantes da irreversibilidade da posição que ela conquistou no campo da produção da energia, designadamente de electricidade.

O nosso País, como todos os países pequenos, além das razões próprias que terá porventura — e julgamos que tem muitas — para prestar grande atenção à energia nuclear, não pode ignorar o reflexo que as decisões dos maiores hão-de ter nas suas próprias resoluções [13].

Seria grande erro menosprezar estes factos ou mesmo, apenas, não os quantificar devidamente em qualquer estudo programático da integração de centrais térmicas na nossa rede.

Tão grande, como o devem ter sido ao tempo as congeminações negativas, certamente aceites por enorme maioria, quanto à provável evolução do número de automóveis ou de balanças automáticas, como ainda bem recentemente sucedeu, entre nós, com os aparelhos de televisão, os hotéis, etc.

Em 1953, arrancou nos E. U. A. o protótipo do «Submarine Thermal Reactor», que, por simpatia, se pôde designar como a «primeira instalação de potência atómica».

Em 1954, inaugurou-se em OBNINSK a primeira central eléctrica nuclear, com uma potência de 5 MW.

Há, portanto, 10 anos apenas!

Em 1959 existiam nove centrais no mundo, com uma potência total de 500 MW [14]. Em 1968/69 esse valor terá crescido até 16 000 MW [15]. Só nos países da OCDE, já em 1960 estava prevista para 1975 uma potência nuclear total compreendida entre 10 000 e 35 000 MW [16].

Note-se bem: isto é, até 1975; são certezas, antes de 1975.

### 1.5.2 — O COMBUSTÍVEL

Como se sabe, os primeiros reactores nucleares funcionaram com urânio natural, designadamente com o fim de se fabricar plutónio (militarmente interessante). Posteriormente, o urânio enriquecido em

(\* Isto leva o número de projectos em realização — num país estruturalmente idêntico ao nosso — a uma central por 8 milhões de habitantes, o que implicaria, por semelhança, que já tivéssemos uma nas mesmas condições.

U235 entrou em competição com o urânio natural, havendo, no presente, uma tendência nítida para o considerar como a matéria cindível de melhor rendimento, designadamente sob a forma de óxido de urânio. Finalmente, existem já reactores reprodutores «queimando» misturas de U235 e tório ou de U238 e plutónio, com os quais se espera encontrar uma solução económica para o melhor aproveitamento global das reservas energéticas contidas no urânio e no tório.

O que distingue qualquer material cindível ou simplesmente «fértil» (capaz de produzir um material cindível) dos seus concorrentes combustíveis fósseis são principalmente os seguintes elementos [17]:

- a) a densidade de energia contida utilizável é de 10 000 a 1 milhão de vezes maior nos combustíveis clássicos (carvão a 6100 kcal/kg).
- b) não se conhecem, nem se vislumbram, outras formas de utilização do valor económico dos materiais cindíveis a não ser o seu aproveitamento energético; ao passo que, para os combustíveis fósseis, as suas vantagens específicas (matéria-prima quanto ao carvão, alimentação de motores de explosão quanto ao petróleo, etc.) são tais que, só por carência de outras fontes primárias, se conceberia o seu consumo excessivo na produção de energia eléctrica (\*).
- c) o custo do combustível consumido por unidade de energia produzida é muito menor para os combustíveis nucleares do que para os combustíveis fósseis, o que faz que as centrais nucleares, relativamente às centrais térmicas convencionais, tenham naturalmente direitos privilegiados a funções de base, numa rede integrada.

### 1.5.3 — SEGURANÇA

Tudo o que é novo, ainda que intrinsecamente seguro, determina por razões psicológicas — sobre as quais porventura se poderão enxertar algumas especulações interesseiras — um clima de suspeição que, em matéria de seguros se traduz por agravamentos importantes dos prémios dos riscos cuja cobertura se exige.

Por outro lado, sendo a essência do seguro na aproximação assintótica das frequências reais da probabilidade teórica com o número de acontecimentos envolvido, é evidente que o reduzido número de centrais nucleares determina, por natureza, riscos maiores para os seguradores e, conseqüentemente, pagamentos ainda muito maiores para os segurados.

A complexidade dos problemas assim aludidos — para não falar já na pouca criteriosa assimilação dos riscos das centrais nucleares às conseqüências das bombas atómicas — tem contribuído para a criação de um «climax» de suspeita da opinião pública relativamente à segurança das centrais nucleares.

Na verdade, contudo, em certos aspectos estas são muito mais seguras do que as centrais térmicas convencionais [19] (fumos provocando «eventualmente» tuberculoses, silicoses ou cancro bem como asfixia ou colapsos) ou do que as hidroeléctricas (catástrofes do tipo Fréjus, Longarone, etc.)...

Por vezes, salienta-se que é curta a experiência havida com centrais nucleares, porque CALDER HALL (por exemplo) só começou a funcionar em 1956. Mas, na realidade, se o risco da central provém do reactor nuclear, podemos dizer que a nossa experiência já tem 20 anos (reactor plutonigénio de HANFORD).

Deve notar-se que nestes últimos vinte anos se tem construído e operado nas mais diversas condições dezenas de reactores nucleares, sem que se desse um único desastre de vulto (\*).

Nas centrais comerciais, em que as condições de exploração se fixam de antemão e não estão sujeitas às improvisações e alterações impostas pelas investigações, é, por isso, de esperar, com mais forte razão ainda, que não se verifiquem casualidades desastrosas.

Não obstante, o problema da segurança das centrais nucleares — tal como se nos apresenta praticamente hoje — contraria o pleno aproveitamento dessas centrais por duas razões:

— encarecendo o custo da sua exploração, quer pelos reflexos de investimentos pesados numa dispendiosa armadura de protecção, quer pelo próprio peso directo do prémio de seguro;

— limitando a implantação mais favorável economicamente, pela introdução de condicionalismos relativos à densidade da população.

Procura-se, contudo, nos meios especializados, quer em tecnologia de centrais, designadamente protecção e segurança, quer em técnica seguradora, encontrar vias mais razoáveis do que as que se traçaram em certos casos: o acidente nuclear, ainda que altamente improvável, é possível, como tudo o que depende do homem, mas as suas conseqüências podem ser mínimas, sem carácter catastrófico, desde que se tomem certas precauções construtivas.

Esperemos que, segundo esta tendência, se busquem soluções menos drásticas, do que as primeiras aventadas, para o importante problema da cobertura dos riscos nucleares.

Na verdade, como nota o conhecido técnico americano CHAUNCEY STARR [21] temos hoje o equivalente a 1500 «anos × reactor» de experiência e, em nenhum acidente, se libertaram mais de 5% dos produtos da cisão e apenas uma fracção desses se espalhou pelos edifícios...

### 1.5.4 — EVOLUÇÃO DOS CUSTOS

Não só nos encargos de seguros e de segurança, mas em quase todos os elementos construtivos, a filosofia dos responsáveis pelo lançamento de reactores nucleares tem sido a imposição de margens de garantia fora das normas correntes, tudo contribuindo para um encarecimento artificial das centrais nucleares. Aliás, intrinsecamente, estas caracterizam-se por um factor económico desfavorável, o custo do investimento; prejudicial também, ainda que transitòriamente apenas, o facto de quase todas as centrais contempladas até agora constituírem «originais» ou, de qualquer forma, não englobarem ainda senão um mínimo de equipamentos de série.

Se, como certas previsões se atrevem a afirmar [22], houver no mundo 100 000 MW nucleares por volta de 1980, é bem evidente que já desde 1970 as condições de compra de equipamento para centrais nucleares serão muito diferentes das que se oferecem presentemente.

Assim, tendo em conta os factores negativos apontados de início e sem introduzirmos, por agora, quaisquer elementos previsionais a médio prazo, pode afirmar-se que os custos das centrais nucleares têm mostrado uma nítida tendência de baixa: notaremos apenas que tudo indica que essa evolução se acentuará mais ainda no futuro.

Contudo, uma análise rigorosa deste problema é particularmente delicada, não só pelos naturais obstáculos levantados à informação neste campo essencialmente comercial, como pela diversidade de parâmetros básicos que influem na composição do custo efectivo, isto é, do custo do quilowatt-hora. Mas, se abstrairmos das condições de exploração, do preço do combustível e do custo do dinheiro, factores cuja influência é directa e inequívoca, resta-nos, na apreciação do preço do quilowatt instalado, uma incerteza apenas: a função da potência.

Assim, e em esquema, poderemos escrever  $p = p_0 \cdot k(P)$  em que  $p_0$  é o valor assintótico de  $p$  (custo do quilowatt instalado) quando a potência  $P$  cresce e  $k(P) > 1$  é um factor de correcção do custo em função da potência.

(\*) 1000 MW nucleares equivalem a uma economia de 3 milhões de toneladas de carvão por ano [18].

(\*) The nuclear industry, which has suffered six deaths due to radiation during the 21 years of its existence, is being called unsafe by the industry that has consistently had the worst safety record of any US industry, according to statistics of the US Department of Commerce and of Interior. Over a corresponding period — from 1943 through June 1963 — deaths in the coal industry have totaled 13 422 [20].

Como é evidente  $p$  (ou  $p_0$ ) tem variado com o progresso técnico e os aperfeiçoamentos de projecto. É óbvio também que  $k$  não pode ser determinado experimentalmente e que o próprio valor de  $k$  tem evoluído com o progresso.

Contudo podemos ter uma orientação muito geral, ainda que bastante significativa — assim o julgamos — por meio de uma análise atenta de alguns números disponíveis, que reunimos no quadro seguinte (preços directamente reduzidos a dólares, por comodidade). Este problema será retomado em 3.2.

QUADRO I

a) CENTRAIS URÂNIO-GÁS-GRAFITE

País	N.º de ordem	Designação	Potência MWe	Criticalidade	Valor de p (dól)
Alemanha	1	Jülich	15	1964	660
França	1	G-1	5	1/56	
	2	G-2	32	7/58	600
	3	G-3	32	3/59	
	4	EDF-1	68	9/62	570
	5	EDF-2	198	1964	335
	6	EDF-3	375	1966	
	7	EDF-4	450	1968	
Inglaterra	1	Calder Hall	180	56/58	
	2	Chapelcross	180	58/59	
	3	Berkeley	275	61/62	447
	4	Bradwell	300	61/62	445
	5	Hinkley Point	500	19/64/65	375
	6	Hunterston	320	63/64	525
	7	Trawsfynydd	500	1964/65	344
	8	Dungeness	550	1965/66	308
	9	Sizewell	580	1966/67	296
	10	Oldbury	500	1966/67	330
	11	Wylfa Head	1000	1967/68	280
	12	AGR	28	1963	
Itália	1	SIMEA (Latina)	200	12/62	380
Japão	1	Tokai Mura	157	12/64	
E. U. A.	1	Peach Bottom	40	1964	
	2	EGCR	22	1963	

b) CENTRAIS BWR

Alemanha	1	Kahl	15	11/60	583
	2	Grumdremmingen	227	1965	260
	3	Lingen	160	1969	
Holanda	1	SEP	60	1970	
Índia	1	Tarapur	380	1968	224
Itália	1	SENN (Garigl.)	150	6/63	440
Japão	1	Japan PDR	11,7	1/63	
Suécia	1	AKV Simpervarp	~53	1966	
	1	Ulyanovsk	50	1961 (?)	
U. R. S. S.	2	Beloyarsk	300	1964	
	1	Dresden	200	10/59	250
E. U. A.	2	Big Rock	48	9/62	
	3	Elk River	22	11/62	
	4	Humboldt Bay	48,5	2/63	
	5	Pathfinder	58,5	1963	
	6	Bonus	16,3	10/63	
	7	Bodega Bay	313	1968 (?)	
	8	Lacrosse	50	1964	368
	9	Oyster Creek	640	1968	~104
	10	Nine Miles st	500	1968	

QUADRO I (Cont.)

c) CENTRAIS PWR

País	N.º de ordem	Designação	Potência MWe	Criticalidade	Valor de p (dól)	
Alemanha Or.	1	Rheinsberg	70	1963		
Bélgica	1	BR-3	10,5	29/8/62	950	
Espanha	1	Zorita	160	1967	~220	
França	1	SENA	242	1966	350	
Itália	1	SELNI	240	1964	239	
U. R. S. S.	1	OBNINSK	5	1954		
	2	Mobile	2	1958 (?)		
	3	SIBERIA	600	1960 (?)		
	4	VVPR Voronezh	195*	1963/65		
	E. U. A.	1	Shippingport	100	1957/64	
		2	Yankee	160	1960	248
		3	Indian Point	255	1/1962	
4		Saxton	5	18/4/62		
	5	San Onofre	375	1966	245	
	6	Yankee II	465	1967	183	
	7	Malibu	462	1967	175	

\* + 320.

d) CENTRAIS COM ÁGUA PESADA

Alemanha	1	Kallsruhe	50	1967	
	2	AKB	100	1968 (?)	
Canadá	1	NPD-2	19,3	4/62	
	2	Candu	203	1965	400
	3	HWR-1800	1800	1970 (?)	235
Checoslováquia	1	KS-150	150	1965 (?)	
França	1	EL-4	80	1965	
Índia	1	Índia	200	1969	375
Inglaterra	1	SGHW	100	1967	
Noruega	1	Halden	5	1959	900
Suécia	1	Ågesta	10	6/63	
	2	Marvinken	206	1967	
Suíça	1	Lucens*	6	1967	
E. U. A.	1	CVTR	17	3/63	

2) TIPOS DE CENTRAIS A CONSIDERAR

2.1 — GENERALIDADES

Se excluirmos as centrais envolvendo sobreaquecimento, simples ou mistas (urânio, óleos), as centrais nucleares distinguem-se quase unicamente pelo tipo de reactor que utilizam.

Por nos parecer prematuro considerar tipos avançados, excluiremos da breve análise que vamos fazer os reactores de neutrões rápidos e os «breeders» (regeneradores); com estes deixaremos de lado, por outras razões, os reactores de moderador orgânico, os de refrigeração por metal líquido e os de alta temperatura (tipo Dragão, «preeb-blebed», etc.).

Restam, assim, à nossa consideração, os seguintes tipos:

- gás-grafite
- água ordinária (PWR ou BWR)
- água pesada

Cada um destes tipos admite diversas variantes a que faremos algumas breves referências apenas.

2.2 — TIPO GÁS-GRAFITE

É este o tipo de reactor mais conhecido e experimentado em virtude da extensão ímpar (até agora) do programa britânico e do contributo que se deve ao programa francês conduzido paralelamente.

Assim no Reino Unido, em França e em Itália estão presentemente instaladas, em funcionamento ou para arrancar em 1964, oito centrais, que totalizam mais de 2000 MW, utilizando reactores de gás-grafite.

São óbvias e conhecidas as razões históricas que deram precedência a este tipo de reactor. Foi ele ainda que se seleccionou para os centros plutonigêneos de HANFORD, CALDER HALL, CHAPPELCROSS e MARCOULE.

Contudo é bem sabido que, em particular no Reino Unido (e aparentemente também em França), o tipo a grafite-gás é considerado como representando uma «1.ª geração», de certo modo de sacrifício (investimento elevado; taxa de queima baixa: 3000 MWd/t), em que a competição só pode ser buscada em potências unitárias da ordem dos 500 a 1000 MW. Esta tendência, embora não bastando talvez para excluir totalmente reactores deste tipo das nossas preocupações, aconselha, contudo, a não os tomar imediatamente em consideração em estudos de certa profundidade.

Posto isto, não queremos deixar de referir que na concepção francesa, a competitividade parece já se antever para potências da ordem de 500 MW [23] o que, a confirmar-se (eventualmente pelo projecto da nova central EDF4, de 500 MW) reforçaria as outras causas do interesse que não podemos deixar de ter por centrais deste tipo:

- utilização do urânio natural como combustível;
- produção de plutónio susceptível de ser utilizado no futuro em «breeders»;
- elevada percentagem da indústria nacional nos materiais (urânio, grafite, contentores de betão ou de aço, etc.).

Não devemos também descurar o estudo dos reactores do tipo AGR que se situam na frente de progresso de concepção gás-grafite.

### 2.3 — TIPO ÁGUA ORDINÁRIA

Estes reactores são bem conhecidos pelas aplicações que com eles fizeram os americanos, quer em centrais eléctricas quer na propulsão naval, cujas excelentes características são confirmadas por análogas realizações soviéticas (no total, mais de 100 reactores em funcionamento).

Os reactores de água ordinária são aqueles que existem em maior número, ainda que a potência total instalada nas centrais eléctricas que os utilizam seja bastante inferior à que se encontra nas centrais com reactores a gás-grafite.

Nestes reactores, quando aplicados em centrais eléctricas, o combustível é urânio enriquecido, mas não muito; deste facto, da densidade de potência, da taxa de queima (16 a 20 000 MWd/t) e de outras características resultam para as centrais nucleares que os utilizam preços de primeiro investimento bastante menores, do que com o tipo anterior e, portanto, um custo de quilowatt-hora menos sensível às horas de utilização e ao juro do dinheiro, em particular.

Os reactores de água ordinária conhecem-se em duas realizações não muito distintas: de água ebuliente (BWR) e de água pressurizada (PWR).

Circunstâncias diversas levaram os serviços técnicos da CPIN a estudar, entre nós, pela primeira vez com certa profundidade, o projecto preliminar de uma central nuclear de 235 MW, com reactor do tipo BWR, tendo em conta o maior número possível de condicionamentos nacionais (estudo REP-0).

As conclusões, na generalidade, que é legítimo tirar presentemente deste estudo podem com igual razão considerar-se atributos idênticos dos reactores PWR pelo que se justifica assim que se considerem apenas os primeiros, entendidos, é óbvio, como padrão comum provisório de qualquer dos tipos de água ordinária.

### 2.4 — TIPO ÁGUA PESADA

São fundamentais as diferenças introduzidas na concepção de um reactor nuclear quando se utiliza nele a água pesada, em substituição, parcial ou total, da água ordinária.

Sem entrarmos no pormenor diremos apenas que a água pesada funciona em todos os modelos como moderador, e, no tipo canadiano como refrigerante também, (nos outros tipos: água ordinária, gás ou líquido orgânico) e que o combustível pode ser urânio natural desde que se encontre para material das bainhas uma liga conveniente de berílio (com outros materiais de bainha, o urânio combustível deverá ser ligeiramente enriquecido). Note-se que o gás como refrigerante tem a vantagem de ser bem conhecida, dos reactores a gás-grafite, a tecnologia desta forma de arrefecimento.

As centrais com reactores de água pesada envolvem investimentos maiores que as do tipo anterior mas se trabalharem, por esta razão, com utilizações elevadas, o custo do quilowatt-hora será extremamente atraente (em virtude, em particular, de uma já apreciável taxa de queima, de cerca de 8 a 10 000 MWd/t), sem necessidade de se recorrer a potências unitárias excessivas.

### 2.5 — CONCLUSÕES PARCIAIS

Assim, se entendermos o que se expôs como um esboço de um critério de selecção, poderemos concluir pela fixação dos tipos que mais directamente vão ser apreciados neste trabalho (e considerando que essa escolha se encontra justificada) os quais são:

- o reactor de água ebuliente, tipo REP-0;
- o reactor moderado a água pesada e arrefecido a gás.

### 3) EQUIPAMENTO

É impossível dentro dos limites de um trabalho como o presente, desenvolver, pelo que diz respeito às centrais nucleares, os problemas do equipamento e da sua evolução.

As realidades forçam-nos, pois, a tratar este assunto de um modo particular, segundo um critério específico de optimização do binário interesse-viabilidade, o qual, desde já o reconhecemos, é sem dúvida discutível.

#### 3.1 — GENERALIDADES

Todas as centrais nucleares compreendem uma parte convencional que se situa, em relação à produção de electricidade, genericamente, a partir dos permutadores, exclusive: consideraremos esse equipamento apenas de um modo global.

Quanto ao restante, procuraremos distribuí-lo como está no quadro seguinte:

#### QUADRO II

BASE 100: CUSTOS DIRECTOS

Rubrica	Valores em %	
	BWR	Água pesada
Terrenos e sua preparação	2,2	1,9
Construção civil	17,4	14,8
Arrefecimento do núcleo e geração de vapor	47,0	53,8
Auxiliares eléctricos e mecânicos	5,8	10,0
Turbo-alternador	27,8	19,5
<i>Custos directos</i>	100,00	100,00
Diversos não especificados	27,5	26,0
Juros durante a construção	10,3	10,2
<i>Custo global</i>	137,8	136,2

no qual indicamos as percentagens no custo, em ordem de grandeza, para centrais de água ebuliente e para centrais de água pesada [24].

Notaremos ainda que em «diversos não especificados» se incluem verbas importantes tais como «engineering», despesas de arranque e imprevistos (que, por prudência, fixámos em 25% do valor global, ainda que para centrais convencionais — se aqui fossem consideradas — não tomássemos mais de 10% — o que corresponderia, em verbas, a uma razão de mais de 1:3).

### 3.2 — EVOLUÇÃO DOS CUSTOS — TENDÊNCIA FUTURA

Como é óbvio, limitaremos esta rubrica à consideração dos reactores de água ebuliente visto que, para os reactores de água pesada, aquela evolução ainda não se deu.

Julgamos, aliás, que, no caso das centrais nucleares, uma apreciação totalmente objectivada é ainda hoje muito difícil, pela dificuldade que haverá em isolar parâmetros significativos e em reduzir a uma mesma base de comparação os custos totais.

Com efeito, a par do progresso técnico que tem provocado, como não podia deixar de ser, apreciáveis economias construtivas, as centrais sucessivas distinguem-se também pela sua potência e por características determinadas pela busca de condições de exploração mais económicas, por vezes com sacrifício do custo do primeiro investimento (veja-se 1.5.4).

Mas, sendo esta a realidade, é preciso enfrentá-la tal como é!

Tomaremos, como termo de comparação básico o investimento específico (ESC/kW), referido a preços americanos [25].

A central de Dresden, com apenas 180 MW, iniciada em 1957, custou 8000\$00 por quilowatt. Segundo as estimativas feitas em 1962, centrais do mesmo tipo construídas fora da América (na Alemanha e na Índia) custariam aproximadamente o mesmo ainda. Mas, se atendermos a que a central italiana SENN, iniciada em 1959 e com 150 MW custou 9120\$00/kW e admitindo que não houvesse progresso técnico entre as duas estimativas, poderíamos dizer que a um aumento de potência de 20% correspondeu uma baixa de preço de 12%.

Mas, em 1959, foi feita uma estimativa para uma central de 230 MW por, apenas, mais 300\$00/kW do que a de Dresden e há pouco, em 1962, as estimativas eram as seguintes:

TARAPUR (2 × 190 MW)	7400\$00
RWE (237 MW)	7700\$00

Assim, por se tratar de pares de potências muito próximas, acusando uma mesma economia, parece legítimo concluir que, às potências da ordem de 200 MW, o progresso técnico entre 1959 e 1962 (3 anos) trouxe uma economia de 300\$00/kW.

Considerações análogas, permitem-nos adiantar a hipótese de que o preço das centrais de água ebuliente, com potências da ordem de 250 MW, decrescerá de cerca de 100\$00/kW por ano entre 1960 e 1970.

Em 1970 deveremos, pois, ter um preço de 7000\$00/kW para potências da ordem de 250 MW mas, se, para essa data, considerarmos uma potência dupla (500 MW), o preço cairá para 4000\$00/kW (média de previsões oficiais da USAEC e da GEC).

Julgamos, assim, possível concluir, em ordem de grandeza, que, até 1970, o preço do quilowatt instalado nuclear decrescerá de cerca de 15% por progressos técnicos directos e de cerca de 50% pela conjugação dos progressos técnicos com uma duplicação de potência (de 250 MW para 500 MW). A economia devida à duplicação de potência seria, assim, de perto de 40%, valor muito próximo do que corresponde às estimativas da GEC feitas em 1962 para a central da RWE (237 MW) e um projecto (de 500 MW).

### 3.3 — PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Nas centrais nucleares, pode dizer-se, é mais a concepção que a estrutura o que constitui novidade; àquela se devem juntar, como características específicas:

- o grau de exigência no cumprimento das normas de fabrico;
- a preocupação com os problemas de segurança;
- a fabricação e a manipulação dos elementos de combustível;
- a neutralização dos resíduos radioactivos;
- o sistema de comando e os seus órgãos vivos;

que vamos referir sumariamente.

#### 3.3.1 — NORMAS DE FABRICO

Como é compreensível, os meios envolvidos nos estudos de reactores nucleares, os progressos técnicos e as preocupações inerentes às consequências psicológicas de um acidente nuclear de importância, levaram os responsáveis pelo licenciamento de centrais nucleares a fixar normas rígidas e os responsáveis pela sua construção — numa medida nunca anteriormente alcançada — a procurar respeitar essas normas.

É, aliás, fundamentalmente, neste segundo aspecto da questão que reside o carácter específico do problema da normalização em centrais nucleares: as exigências «teóricas» são idênticas às que já existiam; na prática, porém, agora, pretende-se que elas sejam cumpridas e verifica-se se o são.

Como é óbvio, a segurança que assim se consegue tem um preço elevado.

Alguns números exemplificarão o estado caótico em que, mesmo num país como os Estados Unidos, se encontravam os problemas de controle industrial antes de as técnicas nucleares exigirem a sua moralização [26]:

- prazos de entrega de peças convencionais:
  - menos de 10% dentro do prazo
  - 30% com seis meses a um ano de atraso;
- especificação de peças convencionais:
  - mais de 50% rejeitadas para correcção;
- qualidade da inspecção dos fabricantes:
  - de 99 soldaduras dadas como boas
    - 10% obedeciam às normas
    - 35% tinham defeitos nítidos
    - 55% tinham defeitos superficiais
  - inibindo interpretação válida das radiografias;
- soldaduras rejeitadas:
  - um fabricante: 47% (aço carbono)
  - outro fabricante: 85 a 100% (soldaduras diversas).

Era isto, portanto, o que sucedia, quando as inspecções não se faziam, e o cumprimento das mesmas era, pelos vistos, totalmente teórico...

#### 3.3.2 — PROBLEMAS DE SEGURANÇA

Ainda que já referido em 1.5.3, onde se assinalou (veja-se Nota) uma crítica objectiva a certos juízos de valor precipitados, é oportuno acrescentar aqui algumas palavras sobre o tipo das medidas que se tomam para garantir a segurança de uma central nuclear.

Além da vigilância administrativa, do Governo e da própria empresa proprietária da central, verificando que o projecto da central adopta todas as disposições de menor risco e assegurando ainda que a exploração da central só será efectuada sob permanência destas condições e por pessoal competente e experiente, prevêem-se vários sistemas de protecção, automáticos e independentes, cobrindo-se sucessivamente.

Assim, o sistema de comando está concebido de molde a evitar falsas manobras e a garantir que as diferentes operações se façam na sua ordem própria e após as convenientes temporizações. Se, por avaria própria, o sistema de comando for incapaz de manter a central dentro do domínio normal de operação, há um sistema de protecção que provoca as necessárias acções de pré-emergência, inclusive a paragem brusca da central, independentemente de qualquer ordem ou sinal contrário pré-existente.

Mas, ainda que este sistema de pré-emergência falhasse, os prejuízos resultantes seriam limitados graças às disposições previstas supondo a ocorrência de avarias simultâneas em órgãos essenciais e a falha de todas as respectivas coberturas de protecção.

Assim, por exemplo, para prevenir uma elevação não controlada de potência, que levasse à fusão do núcleo, este é concebido de modo que uma fusão parcial implique a perda de criticalidade e a parte inferior do reactor é estudada de molde a evitar a concentração do combustível e a formação duma massa crítica.

Por aqui já se vê que, nas centrais nucleares, a palavra segurança tem um significado *real*, não sendo, por isso, de admirar que brevemente se aceite a sua construção no interior de áreas urbanas.

### 3.3.3 — ELEMENTOS DE COMBUSTÍVEL

Ao contrário do que sucede com os combustíveis clássicos, que podem ser utilizados quase em bruto, os combustíveis nucleares só se realizam em formas de complexo acabamento, designadas, como se sabe, por elementos de combustível.

Estes têm dimensões geométricas bem definidas e quer a sua estrutura interna, quer a bainha que separa o combustível do meio são estudadas minuciosamente no sentido de se obter uma eficiência máxima na produção e transmissão do calor.

Além de se conseguirem, assim, altas densidades de potência, determinam aqueles aspectos peculiares, particularidades que distinguem totalmente estes combustíveis dos clássicos, designadamente:

- valor energético elevado, da ordem de 60 a 120 kWh eléctricos, líquidos, *por grama de urânio*; ao passo que de 1 g de combustíveis fósseis não mais de 2 a 4 milésimos de kWh se conseguem extrair;
- valor acrescentado muito grande, da ordem de 20 vezes o custo do combustível sob a forma de minério.

São ainda caracteres específicos dos combustíveis nucleares os seguintes:

- a possibilidade de se «criar» combustível (material cindível) a partir da simples presença de «material fértil» (urânio 238, por exemplo) junto à fornalha do material cindível (urânio 235, por exemplo);
- a indução de uma alta radioactividade no núcleo dos reactores (fornalhas) bem como nos resíduos da cisão (cinzas);
- a alimentação em combustível é intermitente (por vezes com intervalo de anos), mas é indispensável um «inventário» inicial (por vezes equivalente ao consumo de 2 ou 3 anos) imobilizado no interior do reactor — ao contrário do que sucede com os combustíveis clássicos, que devem ser fornecidos de um modo contínuo e não exigem uma imobilização directa importante.

### 3.3.4 — RESÍDUOS RADIOACTIVOS

A existência destes resíduos e todos os problemas dela decorrentes, positivos, como a recuperação de elementos valiosos do combustível irradiado, ou negativos, como a necessidade de neutralizar os resíduos não recuperados, constituem um corpo de técnicas e de preocupações sem paralelo nas centrais convencionais.

Os resíduos podem dividir-se em dois grupos:

— o combustível irradiado;

— os efluentes, sólidos (porventura equipamento ou peças de equipamento), líquidos (esgotos, purgas, etc.), gasosos (incluindo poeiras).

O segundo tipo de efluentes origina problemas de rotina de exploração, para o que as centrais dispõem dos equipamentos e dos serviços necessários à sua evacuação, tratamento e disposição final, nas melhores condições de óptimo económico, dentro das normas de segurança legisladas. A incidência dos encargos provocados pelos efluentes radioactivos pode, em primeira aproximação, cifrar-se assim (reactores de água ligeira):

— no investimento: 1,5%

— na exploração e manutenção: 7-9%

### 3.3.5 — ÓRGÃOS DE CONTROLE

Em virtude do próprio processo da cisão, e dentro da tecnologia actual, todos os reactores compreendem no seu núcleo ao lado da matéria combustível, materiais absorvedores de neutrões, que desempenham funções diversas: regulação, segurança, compensação da evolução de reactividade a longo prazo, etc.

Entre os processos usados, a variação do nível do moderador — quando ligeiro — e as barras de comando, ou até soluções mistas, são os mais correntes, particularmente as barras de comando.

A introdução no núcleo das barras de comando, põe problemas de accionamento especiais; as peças de transmissão do movimento actuam por penetrações na cuba do reactor, o que frente às altas pressões aí existentes, obriga a instalar juntas deslizantes perfeitas e sistemas de accionamento aliando simplicidade, robustez e precisão.

As barras são constituídas, funcionalmente, por materiais absorventes de neutrões, transmutando-se por absorção neutrónica. Isto traduz-se por um «consumo» das barras.

Os materiais absorventes variam com o tipo de reactor; nas tecnologias actuais, estão em consideração, o carbureto de boro, a liga Ag-In-Cd e os óxidos de metais raros tais como o  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Dy}_2\text{O}_3$ .

A periodicidade de substituição das barras depende do projecto e da função que desempenham no núcleo.

À parte uma deterioração metalúrgica accidental, as barras de carbureto de boro embainhadas em aço inoxidável têm uma vida económica da mesma ordem de grandeza da da central, dentro da actual tecnologia.

Os sistemas utilizando a variação de nível do moderador, o controle químico ou a variação de espectro neutrónico, parecem contudo não dispensar totalmente as barras de comando, ainda que num número mínimo, pelas vantagens que elas oferecem em questões de segurança (rapidez e sensibilidade de acção).

Existem reactores, e merecem especial referência os ebulientes de ciclo duplo, que são dimensionados de molde a serem quase indiferentemente estáveis, isto é, de molde a acompanharem as variações de potência da rede pelo simples jogo das reacções internas de temperatura e pressão. Quando estas contra-reacções não existem ou são insuficientes para o seguimento sistemático da carga, são necessárias cadeias de regulação externas com órgãos sensíveis às variações de potência que fazem actuar os órgãos de comando sempre que necessário. A detecção e o tratamento da informação são geralmente efectuados por processos electrónicos.

## 3.4 — OBSERVAÇÕES FINAIS

Destas notas dispersas, ressalta uma impressão de conjunto: a velocidade a que se tem desenvolvido o conceito de central nuclear, a diversidade das suas realizações, a competitividade com as centrais convencionais atingida num tempo «record» de pouco mais de dez

anos, dão-nos uma certeza: o equipamento há-de tornar-se rapidamente mais simples e menos dispendioso, em consequência dos seguintes factores:

- racionalização das normas;
- fabricações em séries maiores;
- progressos tecnológicos.

Assim, parece poder afirmar-se, quanto ao equipamento, que a sua primeira evolução estará concluída na década 1970-1980, começando então, a partir desse termo, uma fase de plena maturidade que firmará as tecnologias nucleares no lugar de grande relevo que merecem ter na economia moderna.

#### 4) CARACTERÍSTICAS DE EXPLORAÇÃO

##### 4.1 — INTRODUÇÃO

As centrais nucleares são, efectivamente, centrais térmicas, ainda que, numa distribuição racional das funções do sistema electroprodutor pelos três tipos de centrais actuais (hidráulicas, térmicas a combustíveis fósseis, convencionais ou não, e nucleares) elas estejam indicadas para desempenhar o papel das centrais hidráulicas, designadamente as de base.

Compreende-se que assim seja porque, sendo centrais de investimento alto, como as hidráulicas, têm despesas de exploração muito inferiores às suas restantes competidoras térmicas, com a vantagem suplementar de uma grande regularidade na produção.

Com efeito, não só não dependem das condições hidrológicas, nem tão pouco das dificuldades temporárias de abastecimento dos combustíveis, como se distinguem por um grau de disponibilidade muito elevado.

Será no quadro destas particularidades que passaremos a examinar as suas características de exploração.

##### 4.2 — CONDICIONAMENTOS GERAIS

Como já se notou, razões técnicas e económicas, bem conhecidas, impõem que as centrais nucleares trabalhem na base do diagrama, cedendo prioridade conceptual unicamente às centrais a fio de água.

Assim, muitas são projectadas tecnicamente como centrais de base. Sucede isto principalmente com os reactores que, como os de urânio natural, apresentam um custo marginal da reactividade muito elevado, podendo não se justificar economicamente uma margem que permita a modulação de potência, isto é, que seja suficiente para compensar o efeito xenon após uma redução importante de carga.

Nos reactores com elementos de urânio metálico, a este condicionamento de natureza técnico-económica vem juntar-se um de natureza metalúrgica: a limitação que os elementos de combustível têm de resistir a grandes gradientes de temperatura e frequentes ciclagens térmicas. Devemos, contudo, notar que para os reactores com elementos de combustível de óxido, esta dificuldade não existe, estando a vida dos elementos apenas limitada por razões de reactividade. Taxas de queima da ordem dos 20 000 MWd/t são consideradas hoje possíveis e já se citam os 40 000 a 50 000 como viáveis. Contudo, os reactores de urânio enriquecido apresentam custos marginais de reactividade baixos, pelo que, pelo menos nos Estados Unidos, as centrais nucleares, embora exploradas como centrais de base, são projectadas como centrais de ponta.

Como também já se notou, dispensam qualquer parque de combustível, mas exigem disposições adequadas à eliminação ou neutralização dos seus resíduos radioactivos.

#### 4.3 — UTILIZAÇÃO

Em consequência da estrutura do preço do quilowatt-hora nuclear (analisada no Capítulo 5), este é mais sensível às horas de utilização das centrais do que o quilowatt-hora térmico convencional. É o que se vê claramente nas curvas a traço cheio da fig. 1.

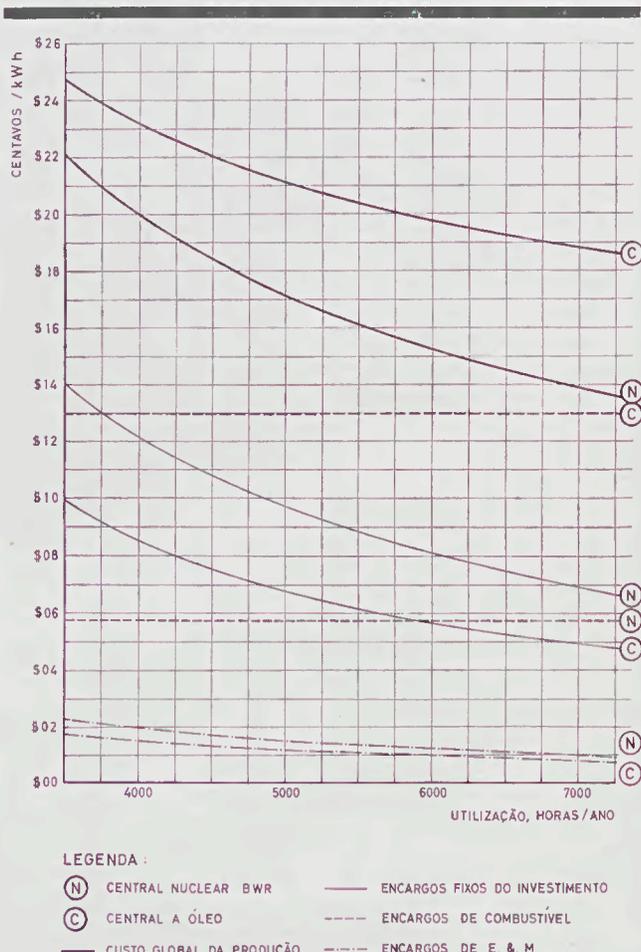


Fig. 1 — Estrutura do custo de produção em centrais nucleares (reactor tipo BWR) e em centrais convencionais (fornalha a óleo combustível)

#### 4.4 — DISPONIBILIDADE

O domínio completo da génese dos fenómenos de «combustão» nuclear e os cuidados postos na realização e no acabamento dos elementos de combustível, todos rigorosamente iguais ou com diferenças perfeitamente controladas, fazem que as centrais resultem inerentemente com um grau de garantia de disponibilidade superior às centrais convencionais e é razoável esperar que a prática em breve comprove amplamente esta asserção.

De facto, a experiência operacional já alcançada tem conduzido à confirmação desta expectativa. Três exemplos:

- A central de água ebuliente de Dresden, explorada pela «Commonwealth Edison Company», apresentou durante o ano de 1962 uma disponibilidade de 79,4%, a qual se pode comparar com a das seis maiores unidades (grupos de 315 a 340 MW líquidos) convencionais da mesma empresa, as quais apresentaram uma disponibilidade média de 82,4% nesse ano [27]. Os respectivos factores de carga foram 73% e 67%. Se se atender a que se trata de uma central protótipo, que apenas no ano anterior tinha iniciado o seu funcionamento, não poderá deixar de se considerar este resultado como excelente;

- As centrais de gás-grafite de CALDER-HALL e de CHAPELCROSS com quatro reactores cada uma, trabalharam com factores de carga anuais de cerca de 90% [28] durante 1962. Estes valores representam uma disponibilidade tanto mais elevada quanto é certo que parte da indisponibilidade destes reactores é devida à sua utilização como fontes de radiação para investigação experimental. A elevada disponibilidade destas duas centrais tem ainda o interesse de mostrar que foram muito pequenas as diferenças entre as disponibilidades dos oito reactores que as equipam, o que é boa prova da garantia daquela qualidade;
- A central YANKEE, com reactor do tipo de água pressurizada e uma potência de 160 MW, trabalhou entre 21 de Setembro de 1962 e 2 de Setembro de 1963 com um factor de carga médio de 90% [29].

Naturalmente, também as centrais convencionais poderão ser projectadas para assegurar graus de disponibilidade mais elevados uma vez que se considere económico suportar um concomitante incremento do custo (ou, eventualmente, uma quebra do rendimento). Nas centrais nucleares, porém, o preço desta vantagem encontra-se incorporado no custo já desde o início do seu desenvolvimento.

#### 4.5 — OBSERVAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Nos primeiros tempos de integração nuclear, o sistema electroprodutor nacional ainda será predominantemente hídrico. Embora as centrais nucleares sejam então quase exclusivamente solicitadas à produção de energia nos anos em que as afluências são insuficientes para a satisfação dos consumos, anos cada vez mais frequentes, não é de excluir a hipótese de o sistema necessitar de recorrer a estas centrais em períodos húmidos, por a potência hídrica ser insuficiente para a satisfação da ponta. Mais tarde ou mais cedo, será mesmo inadiável tal serviço, pelo que estas centrais nucleares devem estar concebidas de molde a possuírem boa flexibilidade de carga.

As características hidroeléctricas da nossa rede, com grandes linhas de transporte de energia, permitem encarar a entrada de unidades térmicas relativamente importantes, pois, não deixando antever grandes dificuldades de estabilidade da rede, possibilitam o aproveitamento das economias de dimensão que é possível obter em maior grau nas centrais nucleares que nas convencionais. Efectivamente, na altura da integração da primeira central, a sua falta só se fará sentir em energia e só seria irreparável em ano extremamente seco. A probabilidade de que aconteça qualquer destas ocorrências é pequena, sendo a da sua simultaneidade muito menor.

Quer dizer, sendo as centrais economicamente competitivas, também não parece haver sérias dificuldades de dimensão para a sua integração nos primeiros anos do decénio de 70, mesmo que, para maior economia, se opte por uma potência unitária mais elevada, do que seria aconselhável com uma central térmica convencional.

O nosso sistema electroprodutor oferece ainda inicialmente uma outra oportunidade favorável à integração de centrais nucleares, a qual reside na liberdade de escolha do tipo ou sub-tipo de reactor no que se refere a sistemas de carregamento que lhes possam ser próprios. Assim, o facto de as centrais nucleares não serem forçadas a prover uma reserva em marcha e de poderem ser dispensadas de constituir reserva parada durante alguns meses por ano permite não restringir a escolha a reactores com carregamento em marcha, uma vez que sob este aspecto todos os tipos existentes satisfarão. Verifica-se, deste modo, em conclusão, que as características de exploração das centrais nucleares as tornam tecnicamente «apetecíveis» pela nossa Rede, ao passo que os factores económicos negativos ligados a potências unitárias muito pequenas podem ser facilmente compensados dentro de riscos normais.

## 5) ESTRUTURA E EVOLUÇÃO DO CUSTO DO QUILOWATT-HORA

### 5.1 — GENERALIDADES

O custo de geração em centrais térmicas pode ser decomposto em três parcelas:

- encargos fixos de investimento;
- encargos proporcionais de combustível;
- encargos de exploração e conservação.

Com esta estrutura-tipo do custo, analisa-se no seguimento a expressão que toma, quantitativamente, para os casos de centrais nucleares e de centrais convencionais.

### 5.2 — CUSTO DE PRODUÇÃO

O custo de produção das centrais térmicas reflecte naturalmente a estrutura específica de cada processo, o qual se caracteriza na fig. 1 (§ 4.3).

Para efeitos de realçar as diferenças estruturais dos dois custos, representa-se nesta figura a função de custo, tomando para variável independente a utilização da central e para variável dependente o custo de produção.

Naquela figura pode observar-se que:

- devido ao mais elevado investimento inicial, o custo de produção é mais sensível às baixas utilizações no caso nuclear do que no convencional;
- devido ao elevado custo específico do combustível, as centrais térmicas têm um custo de geração relativamente insensível às baixas utilizações.

### 5.3 — CUSTO DE GRANDE TRANSPORTE

Relativamente aos centros de consumo da energia eléctrica, o problema do transporte da electricidade em alta tensão — a menos de problemas regionais de potência — coloca-se numa situação aproximadamente igual, relativamente à electricidade produzida por via hídrica: os dois tipos de centrais térmicas são igualmente susceptíveis de poder ser situados junto dos centros consumidores.

O problema da segurança, e em casos de aglomerados humanos importantes, pode introduzir algum diferenciamento entre os dois tipos de centrais térmicas. No entanto, os comprimentos de linhas a prever não são muito diferentes, no caso português, e o facto de se estar verificando uma rápida evolução no sentido de reduzir os exageros de segurança impostos até agora pela zona de exclusão das centrais nucleares, leva a admitir que, à parte condições específicas geográficas locais, os investimentos em linhas eléctricas de transporte serão da mesma ordem num e noutro caso.

Mas no problema do transporte o factor mais relevante é, sem dúvida, o da «energia primária», contida no combustível, ou seja o transporte do combustível.

Ainda que ignorássemos os problemas do transporte do centro produtor até ao porto de desembarque, nos seus aspectos de custo e de vulnerabilidade económica (para um país como Portugal) o problema dos transportes teria, contudo, um peso determinante, mesmo considerado só no encaminhamento do porto de recepção até à central.

Como é óbvio, este problema gravíssimo só existe em relação às centrais convencionais, que onera, assim, por uma forma que não pode ser ignorada.

Este assunto será, aliás, retomado em 7.3, ainda que sem desenvolvimento, com o relevo que merece.

#### 5.4 — FACTORES DE EVOLUÇÃO

Atendendo à estrutura do custo de produção, pode afirmar-se que as perspectivas existentes da sua redução são mais favoráveis à energia nuclear do que às centrais convencionais.

Referindo-nos agora apenas às centrais nucleares, notaremos que será na redução dos investimentos que se encontrará o principal factor de uma baixa do custo do quilowatt-hora.

No Quadro III procuramos quantificar as perspectivas mais prováveis de redução de custo das centrais nucleares, tomando como referência as centrais de água ligeira ebuliente.

#### 5.5 — EVOLUÇÃO DOS CUSTOS

A evolução dos factores de custo da energia nuclear, na década 1970-1980, verificar-se-á aparentemente no sentido duma redução do custo de produção, em valor absoluto e em valor relativo ao das centrais convencionais.

Esta evolução, tal como se depreende do Quadro III, resulta genêricamente dos seguintes factores:

- efeito de escala, do qual as centrais nucleares tiram mais vantagens do que as convencionais;
- redução dos custos dos equipamentos, por: normalização dos componentes, redução das «margens de ignorância», fabricação para um mercado mais extenso;
- aperfeiçoamento dos projectos de arquitectura das centrais;
- redução dos encargos de «engineering» \*;

isto quanto ao investimento inicial.

Pelo que respeita aos encargos de exploração, a evolução dar-se-á no sentido duma baixa resultante da diminuição dos encargos de fabricação do combustível nuclear, e da redução dos encargos de segurança — cobertura financeira do risco de responsabilidade civil.

\* na base dos custos americanos.

O próprio preço do urânio pode baixar, como resulta do seguinte quadro [30]:

% U <sub>235</sub>	PREÇOS (\$/kg U)		
	Antes de 1961	Agosto 1961	Julho 1962
0,75	44	26,7	—
2,0	220	160	146,6
3,0	375	281	254,4

#### 6) PROGRAMAS A CURTO PRAZO (ATÉ 1975) E A MÉDIO PRAZO (DE 1976 A 1985)

##### 6.1 — INTRODUÇÃO

Como o próprio título deste capítulo já o mostra, entendemos que, numa base de orientação (ou mesmo apenas de recolha de elementos para auxílio daquela orientação), dez anos é curto prazo e vinte anos não é longo prazo.

Com efeito, para uma central nuclear é preciso contar cerca de sete a sete anos entre a decisão e o arranque; certas indústrias exigem períodos de preparação ainda maiores...

Por outro lado, é óbvio que, numa planificação a vinte anos, o programa dos dez primeiros anos não pode ser independente do da segunda década, nem o desta do da primeira, o que quer dizer, no caso particular que nos ocupa, que, por ser em nossa opinião, e no momento actual, incontroversa a convicção geral de que, de 1976 em diante, as centrais nucleares de potências não inferiores a de 200 a 300 MW (pelo menos), serão as mais económicas a todos os títulos, será a segunda década aquela que deverá servir de guia ao estabelecimento dos programas.

Ora, entre os elementos que a Direcção do «Grémio Nacional dos Industriais de Electricidade» quis fornecer aos diversos relatores do Colóquio que organizou, tendo em vista uma sempre desejável uniformização dos parâmetros básicos, figuram diversas «hipóteses», evidentemente traçadas com respeito pela lógica, ainda que pretendendo marcar possibilidades extremas.

Com efeito, na Nota IC-4, uma das que o «Grémio distribuiu aos Relatores», fornecendo-lhes «elementos básicos» ou «hipóteses de trabalho», lê-se o seguinte: «Frisa-se bem, para evitar qualquer interpretação inexacta, que os elementos aqui indicados constituem meras hipóteses de trabalho e não conclusões de estudos de planeamento».

Essas hipóteses podem resumir-se nos quadros das páginas seguintes:

#### QUADRO III

CENTRAIS DO TIPO BWR DE 250 MW

EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO

(Valores em E.U.A. \$/kW<sub>e</sub>)

	Custos reais * referidos a 1960	Reduções potenciais nos custos			
		Hipótese I		Hipótese II	
Terrenos e beneficiações	4,5				
Estruturas	35				
Geração de vapor	94,7				
Turbo-alternador	55,4				
Acessórios diversos	11,7				
<b>Total dos custos directos (CD)</b>	<b>201,3</b>				
*Engineering* (15 % de CD)	30,2				
Arranque	1,8				
Imprevistos (10 % dos anteriores)	23,3				
Juros durante a construção (8,1 % do total geral)	20,8				
<b>Totais</b>	<b>277,4</b>				
		15 %		12 %	
		— 5,3	— 0,2	— 5,3	— 0,2
		— 4,0	— 3,6	— 4,0	— 3,6
		— 3,6	— 3,6	— 3,6	— 3,6
		10 %		5 %	
		— 4,0	— 3,6	— 4,0	— 3,6
		— 3,6	— 3,6	— 3,6	— 3,6
		8,1 %		5,4 %	
		— 3,6	— 3,6	— 3,6	— 3,6
		Custos potenciais (1968)		Custos potenciais (1968)	
		229,5		208,3	

QUADRO IV

POTÊNCIA A INSTALAR POR QUINQUÊNIO (MW)

Período	Hipótese A			Hipótese B		
	Pot. total	Híd.	Térm.	Pot. total	Híd.	Térm.
Até 1965	1590	1450	140	1590	1450	140
1965-70	710	400	310	510	150	360
1970-75	1050	550	500	950	400	550
1975-80	1350	600	750	1250	800	950
1980-85	1600	400	1200	1600	400	1200
<b>Totais (1965-1985)</b>	<b>4710</b>	<b>1950</b>	<b>2760</b>	<b>4310</b>	<b>1250</b>	<b>3060</b>

QUADRO V

PERCENTAGENS «HÍDRICA» E «TÉRMICA» RELATIVAS AO TOTAL

Totais	Hipótese A				Hipótese B					
	Total	Híd.	%	Térm.	%	Total	Híd.	%	Térm.	%
1965-85										
4510 ± 5 %	4710	1950	41,4	2760	58,6	4310	1250	29	3060	71
1965/70- 610 ± 15 %	710	400	56	310	44	510	150	30	360	70
1970/75-1000 ± 5 %	1050	550	50	500	50	950	400	42	550	58
1975/80-1300 ± 4 %	1350	600	44,4	750	55,6	1250	800	24	950	76
1980/85-1600 ± 0	1600	400	25	1200	75	1600	400	25	1200	75

QUADRO VI

COMPARAÇÃO DIRECTA DAS HIPÓTESES A E B (EM % DOS TOTAIS)

Períodos	Desvios (%) entre hipóteses A e B	% Hídrica		% Térmica	
		A	B	A	B
		1965/70	± 15	56	30
1970/75	± 5	50	42	50	58
1975/80	± 4	44,4	24	55,6	76
1980/85	± 0	25	25	75	75

Podemos agora tirar algumas conclusões óbvias:

- Salvo no período 1965/70, as duas hipóteses A e B não se distinguem quanto à potência total instalada;
- Na hipótese A admite-se uma evolução regular das duas formas de produção: sempre decrescente (de 56% a 25%) para a hídrica, e sempre crescente (de 44% a 75%) para a térmica;
- Na hipótese B admite-se uma evolução muito irregular da potência: partindo do valor baixo de 30%, prevê-se um máximo de 42% no período 1970/75 para a forma hídrica, ao passo que para a forma térmica se chega a um valor inicial muito alto (70%) com uma importante quebra (58%) no já assinalado período de 1970/75;
- Finalmente, na hipótese B (ao contrário do que sucede com A) é já desde 1975 que a relação térmico-hídrica é de 3:1.

Examinemos agora a repartição da energia térmica pelas fontes convencionais e nucleares.

6.2 — CONCRETIZAÇÃO DOS PROGRAMAS

Segundo as hipóteses do Grémio (referidas em 6.1), os Programas a tomar em consideração derivam de duas «hipóteses de trabalho» básicas — A e B — fundamentadas na repartição hídrica-térmica da potência julgada necessária. Para cada uma das hipóteses, A e B, tomam-se então duas sub-hipóteses, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> e B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, com as quais o Grémio pretende definir o que considera posições extremas. Resumindo tem-se o seguinte:

QUADRO VII

POTÊNCIA TÉRMICA (MW) A INSTALAR EM CADA QUINQUÊNIO

Períodos	A = 2900 MW em 1985				B = 3300 MW em 1985					
	Total	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		Total	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
		Conv. Nucl.	Conv. Nucl.	Conv. Nucl.	Conv. Nucl.		Conv. Nucl.	Conv. Nucl.		
Até 1965	140					140				
1965-70	310	310	0	310	0	300	300	0	360	0
1970-75	500	250	250	250	250	550	300	250	300	250
1975-80	750	500	250	250	500	950	700	250	200	750
1980-85	1200	450	750	450	750	1200	700	500	200	1000
<b>Totais</b>	<b>2900</b>	<b>1650</b>	<b>1250</b>	<b>1400</b>	<b>1500</b>	<b>3200</b>	<b>2200</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>2000</b>

São estes os programas-base sugeridos pelo Grémio, os quais serão também os que aqui aceitaremos — dadas as vantagens que vemos em tornar tão comparáveis entre si, quanto possível, os estudos que o Grémio pediu a diversos relatores.

Daquele quadro, deduzem-se então os seguintes:

QUADRO VIII

PROGRAMAS TÉRMICOS A CURTO PRAZO (1965-1975)

Períodos	Convencional				Nuclear			
	B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
1965-1970	360	310	310	360	0	0	0	0
1970-1975	300	250	250	300	250	250	250	250
<b>Totais</b>	<b>660</b>	<b>560</b>	<b>560</b>	<b>660</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>

QUADRO IX

PROGRAMAS TÉRMICOS A MÉDIO PRAZO (1975-1985)

Períodos	Convencional				Nuclear			
	B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
1975-1980	700	500	250	200	250	250	500	750
1980-1985	700	450	450	200	500	750	750	1000
<b>Totais</b>	<b>1400</b>	<b>950</b>	<b>700</b>	<b>400</b>	<b>750</b>	<b>1000</b>	<b>1250</b>	<b>1750</b>

Como se vê, ordenamos as quatro hipóteses por potências totais crescentes ou decrescentes.

Com esta ordenação podem fazer-se desde já alguns comentários:

- No período 1965-1975 há praticamente apenas — quanto ao problema da repartição convencional-nuclear — uma única hipótese: a de se instalar no período 1970-1975 uma central nuclear de 250 MW, sendo a restante potência térmica necessária satisfeita por centrais convencionais. Compreende-se que assim seja visto que, com os conhecimentos actuais, parece ser esta uma hipótese incontroversamente considerada, de longe, como a de mais forte probabilidade.
- No período 1975-1985 e mesmo em cada um dos seus quinquênios, já as quatro hipóteses são perfeitamente distintas. Pensamos que, presentemente, uma atitude aceitável será a de considerar que de 1975 em diante é a hipótese B<sub>2</sub> que se aproxima da realidade mais provável.

Desde já proporemos, quanto a ela, os seguintes ritmos construtivos:

D — a curto prazo (1965-1975):

1 central nuclear de 250 MW a arrancar no período 1970-1975; mais precisamente, a arrancar em 1972/73 (nossa hipótese).

II) — a médio prazo (1975-1985):

- 1 central de 250 MW a arrancar em 1976
- 1 central de 500 MW a arrancar em 1980/81
- 1 central de 500 MW a arrancar em 1982/83
- 1 central de 500 MW a arrancar em 1984/85.

Tomando os dois períodos em conjunto, a estes ritmos corresponde a evolução representada no gráfico da fig. 2.

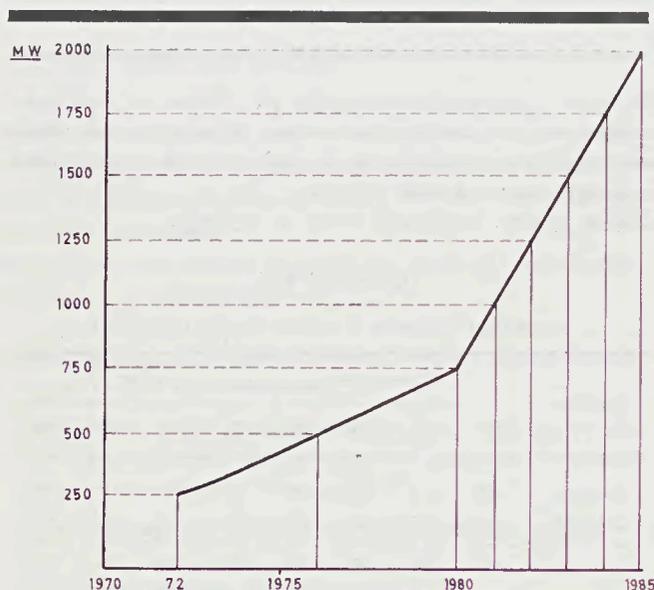


Fig. 2 — Gráfico de distribuição no tempo da potência nuclear a instalar segundo a hipótese B<sub>2</sub>

6.3 — PROBLEMAS DO PROGRAMA A CURTO PRAZO

Felizmente, quer pelo termo do período considerado, quer pela preparação que foi possível realizar com a conveniente antecedência, o problema da instalação de uma central nuclear, de 250 MW, para arranque em fins de 1972, não deveria constituir motivo de preocupação para ninguém.

Com efeito, a «Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares», por sua iniciativa, levou a cabo, nos anos de 1962 e 1963 a realização de um projecto preliminar de central nuclear de 250 MW, designado pela sigla REP-0, em cuja apreciação participaram, sob o alto patrocínio da «Junta de Energia Nuclear», diversos Organismos Oficiais, praticamente todos os que previsivelmente deverão intervir no estabelecimento de regras ou regulamentos e na outorga de autorizações ou licenciamentos, pelo que diz respeito à instalação de uma central nuclear no nosso país. Alcançou-se, assim, do modo mais natural e, também, mais directo, a mentalização adequada de um sector tão largo que não são de prever dificuldades inesperadas quando se abordar, dentro de alguns anos ainda, o primeiro caso real, desde que, até lá, se aproveite e desenvolva o que já se fez.

Aquele apresenta-se então do modo que passamos a descrever (1.º caso real).

Na suposição de que tudo poderá decorrer ao ritmo dos trabalhos dos países mais avançados, contaremos com quatro anos para a construção, os ensaios de criticalidade, a subida em potência e a ligação à rede. A obra deve, pois, iniciar-se no fim do ano de 1968 com a preparação do terreno. A escolha do sítio deve ter lugar, de preferência, já em 1966 (desejavelmente data da decisão de princípio, a tomar sobre

o estudo preliminar), sendo o período de Outubro de 1966 a Outubro de 1967 destinado à elaboração do caderno de encargos (projecto conceptual e ante-projecto preliminar). De Outubro de 1967 até final do 1.º semestre de 1968 seriam elaboradas as propostas, as quais seriam apreciadas até fins de Setembro, passando-se então as encomendas finais no período Outubro-Dezembro.

Já em 1966 se deveriam fazer, com vantagem, consultas de princípio, no sentido de serem definidas as condições gerais de fornecimento, possibilidades de financiamento, garantias, participação da indústria nacional, etc. (estudo preliminar já referido).

Simultaneamente, haveria todo o interesse em que a matéria nuclear fosse objecto de legislação, designadamente quanto à escolha dos locais, licenciamento do projecto definitivo, problemas de segurança, combustível, disponibilidade dos elementos de combustível irradiado, etc.

Conviria ainda, já talvez em 1965, que se estudasse cuidadosamente o problema das incidências económicas gerais, no nosso país, de se optar por um tipo único de central nuclear (relativamente às oito centrais previstas para o período 1975-1985) ou por um esquema mais complexo em que, «ab initio», isto é, com um plano, se admittissem dois tipos de centrais, de características básicas bastante diferentes, a intercalar segundo um programa optimizado para o conjunto.

Assinala-se aqui um problema da maior importância, cujo estudo muito preliminar já foi esboçado pela «Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares». É óbvio o seu alcance, como também são evidentes as dificuldades do seu enunciado correcto e da sua melhor solução. Uma e outra carecem de tempo e só terão todo o seu valor se forem atacados com o recuo suficiente para que a nossa primeira central nuclear já se enquadre no programa superiormente aprovado. É de salientar, ainda que com redundância, que poderão ser fundamentais as incidências do programa seleccionado na nossa industrialização e no equilíbrio da nossa economia; é óbvio que a pior solução será a ausência de qualquer programa.

6.4 — PROBLEMAS DO PROGRAMA A MÉDIO PRAZO (1975-1985)

Neste período, como é evidente, contaremos com o inestimável benefício da experiência adquirida com o estudo e o início dos trabalhos da primeira central. Com efeito, a segunda central começaria a ser estudada em 1971, isto é, já no terceiro ano da construção da primeira. Se se tratar de uma central do tipo da primeira, tudo estará simplificado e daí resultarão economias certas imediatas. Se se tratar de central de novo tipo, só beneficiaremos de parte da experiência anterior, mas estaremos provavelmente a capitalizar conhecimentos e nova experiência. Presentemente, e neste particular, não se pode fugir do campo das generalidades, por assim dizer evidentes, pelo que julgamos inútil insistir na questão.

6.5 — AS QUATRO HIPÓTESES DO GRÉMIO

Retomaremos agora as quatro hipóteses do Grémio, quanto à potência nuclear, traduzindo-as em números de centrais de 250 MW.

Como se vê, e por nos parecer sem interesse para o nosso caso qualquer tentativa de programação pormenorizada, adoptamos um simples critério de regularidade cronológica. Por outro lado, sempre dentro do mesmo princípio da suficiência de critérios simplistas (para evidenciar as consequências das realidades complexas), admitimos que na primeira central a indústria nacional poderia participar em 30%, subindo essa participação de 5% por cada nova central (tendo em vista um limite superior provavelmente nunca excedível de 70%). Admitimos ainda que o custo médio das centrais, ao longo daqueles dez anos, seria de 6 contos por quilowatt instalado e também não considerámos o efeito das centrais em construção para arranque de 1986 em diante.

## QUADRO X

CENTRAIS NUCLEARES DE 250 MW (1975-1985)

Anos de arranque

Anos (1975-1985)	B <sub>1</sub> (750 MW)	A <sub>1</sub> (1000 MW)	A <sub>2</sub> (1250 MW)	B <sub>2</sub> (1750 MW)
1976	1. <sup>a</sup>	1. <sup>a</sup>	1. <sup>a</sup>	1. <sup>a</sup>
1980			2. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>
1981	2. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>		3. <sup>a</sup>
1982			3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>
1983		3. <sup>a</sup>		5. <sup>a</sup>
1984			4. <sup>a</sup>	6. <sup>a</sup>
1985	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>	5. <sup>a</sup>	7. <sup>a</sup>
Val. prov. das encomendas (milhões de contos)	4,5	6	7,5	10,5
% nacional (estimativa média)	35 %	40 %	45 %	55 %
Encom. à ind. nac./ano para um período de 14 anos (milhares de contos)	112,5	171	241	410

Mesmo com estas simplificações extremas já se podem tirar algumas conclusões (que o caso real complexo reforçaria sem dúvida se fosse considerado), a saber:

- 1.º Para a indústria nacional, a 4.<sup>a</sup> hipótese (B<sub>2</sub>) ganha um interesse excepcional, de que qualquer das outras está bastante longe;
- 2.º Só nas hipóteses A<sub>2</sub> e B<sub>2</sub> é que se podem considerar as soluções, obviamente mais económicas, de as centrais nucleares, desde 1980, serem agrupadas em complexos de 500 MW (eventualmente mesmo centrais de 500 MW com dois reactores de 250 MW cada um).

Assim, um exame tão superficial como o que fizemos leva-nos a reduzir, a duas, as hipóteses do Grémio (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>), hipóteses extremas que consideramos suficientemente representativas de duas situações simples:

- a) o caso de, em 1967/68, terem surgido motivos para considerar as centrais convencionais mais vantajosas do que as centrais nucleares;
- b) o caso, presentemente mais provável, de naquela data estarem consolidados os motivos de preferência das centrais nucleares.

As hipóteses intermediárias, mais difíceis de justificar, serão, pois, postas de lado neste primeiro exame do problema, para não alongar a nossa exposição.

Deste modo e em última análise, consideraremos apenas dois programas, que designaremos por HIPÓTESE I e HIPÓTESE II e que ficarão assim definidos (quanto às centrais nucleares):

### HIPÓTESE I

4 centrais: a arrancar em 1972/73, 1976, 1981 e 1985 (1000 MW).

### HIPÓTESE II

8 centrais: a arrancar uma em 1972/73, outra em 1976 e uma por ano de 1980 em diante (2000 MW).

Quanto às centrais convencionais, a sua esquematização é obviamente muito mais difícil, visto que, sob aquela designação, haverá provavelmente que incluir centrais muito diferentes correspondendo à satisfação de objectivos distintos.

Na sua maioria, serão centrais de apoio, admitindo-se ainda que parte importante da potência a instalar desde 1975/80 seja sob a forma de pequenos grupos com turbinas a gás, destinados essencialmente à satisfação das pontas de consumo.

No entanto, para fixar números, aceitaremos um custo médio de quilowatt convencional instalado de quatro contos, o que nos permite exprimir em escudos os valores globais dos dois programas considerados:

### HIPÓTESE I

2000 MW térmicos convencionais — 8000 milhares de contos;

### HIPÓTESE II

1000 MW térmicos convencionais — 4000 milhares de contos.

No primeiro caso haverá que juntar 6 milhões de contos nucleares, o que dará um investimento total de 14 milhões de contos. No segundo caso, os números serão, respectivamente, 12 e 16.

A diferença de investimentos entre os dois programas *extremos* que seleccionamos seria, pois, apenas de 2 milhões de contos em cima de um valor comum de 14 milhões, isto é, *qualquer das hipóteses* estará dentro dum custo aproximado de  $15 \pm 1$  milhões de contos.

## 6.6 — DETERMINANTES DOS PROGRAMAS

É óbvio que a existência de vários programas prévios implica o estabelecimento de determinantes da escolha de um deles, de molde a justificar-se objectivamente a selecção a que se chegue.

Entre essas determinantes salientaremos as seguintes:

- o custo do quilowatt-hora
- a segurança do abastecimento
- o efeito na industrialização do país
- a economia de divisas
- a mão-de-obra envolvida
- o custo das infraestruturas especializadas
- a potencialidade do progresso tecnológico
- a optimização da rede de transporte
- a formação das reservas de combustível
- os problemas financeiros.

Elas serão certamente tomadas em consideração, com a profundidade desejável, noutros relatórios ou comunicações do Colóquio.

No Capítulo seguinte, apresentaremos, no entanto, certos pontos de vista pelo que diz respeito a alguns daqueles problemas.

## 7) INCIDÊNCIAS DOS PROGRAMAS NO CONTEXTO ECONÓMICO

### 7.1 — INTRODUÇÃO

Como é evidente, será na SECÇÃO 5 — *Incidências gerais de ordem económico-social*, complementando os trabalhos da SECÇÃO 4 — *Incidências na indústria nacional da programação de novos centros produtores*, que se encontrarão as considerações de maior interesse e de mais peso relativas às incidências dos programas no contexto económico.

Não queremos, contudo, deixar de fazer alguns comentários, sempre no plano das ideias gerais, a certos aspectos de duas das determinantes referidas em 6.6 que nos parecem merecer especial atenção.

### 7.2 — INVESTIMENTO TOTAL E INDÚSTRIA NACIONAL

Consideremos de novo as Hipóteses I e II, fixadas no § 6.5, limitando-nos apenas ao período 1975-1985 (médio prazo).

Tomando como preço médio, para as centrais nucleares, 6 contos por quilowatt instalado e 4 contos por quilowatt instalado para as centrais convencionais, os respectivos investimentos aproximados são, como já vimos:

QUADRO XI

Investimentos	Hipótese I	Hipótese II
Centrais convencionais	5 600	1 600
Centrais nucleares	4 500	10 500
<i>Totais</i>	10 100	12 100

Isto é, os dois casos, na aparência muito diferentes, traduzem-se por investimentos que se afastam um do outro em apenas 20% do valor mais baixo.

Do ponto de vista industrial, as duas hipóteses têm, pois, significados globais idênticos ainda que, porventura, com reflexos distintos, em particular qualitativamente, no processo de industrialização do país.

Desta identidade de valor, resulta um reforço do grande interesse que terá uma análise profunda dos aspectos qualitativos feita pelos ilustres técnicos que tratarão da Secção 4.

Retomemos, antes de mais, os índices aproximados adoptados em 6.5 para as percentagens médias de participação da indústria nacional pelo que diz respeito às centrais nucleares, isto é:

Hipótese I, 35% ou seja	1575 milhares de contos
Hipótese II, 55% ou seja	5745 milhares de contos

No caso das centrais térmicas convencionais, julga-se que não haverá motivo, neste quadro de ideias gerais, para distinguir participações, as quais fixaríamos, pois, em ambos os casos, em 50% apenas, por não julgarmos de incluir (como já fizemos com as centrais nucleares) o grupo turbo-gerado, e por ser de admitir que uma fracção importante da potência térmica convencional possa ser realizada com turbinas a gás. Num esforço optimista vamos admitir, contudo, também para ambos os casos, uma alternativa de 70% de participação da indústria nacional na construção das centrais convencionais (?).

Com estes índices, podemos então elaborar o seguinte quadro:

QUADRO XII

Hipóteses	Invest. total	Participação da indústria nacional						
		Nuclear	Convencional		Total		% média de part. nacional	
			50 %	70 %	50 %	70 %	50 %	70 %
I	10 100	1575 (35 %)	2300	3920	4375	5405	43,3	54,4
II	12 100	5745 (35 %)	800	1120	6545	6865	54,0	56,8

Parecem de bastante interesse as conclusões que podem tirar-se deste quadro e que resumimos como segue:

a) Em igualdade de circunstâncias, pelo que diz respeito às centrais térmicas, são maiores as participações nacionais na Hipótese II do que na Hipótese I;

b) Considerando como mais prováveis, na Hipótese I a participação de 70% da indústria nacional nas centrais térmicas e na Hipótese II a participação de 50%, verifica-se que, do ponto de vista da participação da indústria nacional, pelo menos *quantitativamente*, os casos «mais prováveis» dos dois programas são equivalentes e aquela participação média situa-se em torno de 54%.

c) No caso da Hipótese I, se a participação nas centrais térmicas não puder ser de 70% (e for da ordem de 50%) a quota-parte da indústria nacional será muito baixa (da ordem de 40%).

d) Em valores absolutos a Hipótese II representa em relação à Hipótese I um aumento de encomendas à indústria nacional da ordem de 2,2 milhões de contos (50% nas centrais convencionais) ou de 1,4 milhões de contos (70% nas centrais convencionais).

e) Se compararmos as hipóteses que talvez possam ter-se como as mais prováveis (Hipótese I com 70% de participação nacional nas centrais convencionais e Hipótese II com 50% de participação nacional nas centrais convencionais), a diferença será de mais de 1 milhão de contos a favor da Hipótese II.

Importa, contudo, acima de tudo, salientar a conclusão geral que, quanto a nós, se impõe tirar: a de que, *do ponto de vista da participação da indústria nacional, são praticamente equivalentes programas mesmo tão extremos como o são os das Hipóteses I e II.*

Esta conclusão, em certa medida inesperada, juntamente com a verificação já feita da analogia dos investimentos totais nos dois casos, parece-nos simplificar o problema da selecção de programas, reduzindo-a essencialmente à articulação dos seguintes parâmetros:

- custo do quilowatt-hora
- economia de divisas.

Não queremos, no entanto, deixar de referir também — ainda que, certamente, o tema seja tratado com maior desenvolvimento noutros trabalhos — o problema das infraestruturas especializadas.

### 7.3 — INFRAESTRUTURAS ESPECIALIZADAS

Este assunto, porventura mais complexo, será abordado aqui unicamente do ponto de vista limitado das instalações portuárias e da capacidade de transporte e de armazenamento necessárias em qualquer dos dois programas considerados, pelo que diz respeito aos combustíveis fósseis, visto que, os mesmos problemas não existem pelo que se refere aos combustíveis nucleares.

Vamos supor que em qualquer das Hipóteses (I e II) é de 150 MW a potência dos geradores por turbinas a gás (que não consideraremos aqui pela sua eventual dispersão) e de 50 MW a potência satisfeita com carvões nacionais. Então, as potências totais nas duas hipóteses a tomar aqui em consideração (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> do Quadro VII) serão: 2000 MW (I) e 1000 MW (I), respectivamente.

Para situar o problema, ainda que em termos aproximados, vamos fixar os seguintes valores (para 250 MW):

— utilização média anual	50%
— consumo médio diário (em carvão)	10 <sup>3</sup> t
— consumo médio diário (em óleo)	800 m <sup>3</sup>
— distância média a percorrer do desembarque à central	100 km

Enunciaram-se, assim, os parâmetros mais importantes na determinação dos seguintes elementos, variáveis de programa para programa:

(\*) No entanto em Espanha, com a qual a nossa indústria tem certa analogia, admite-se [31] que a participação nacional é sensivelmente a mesma nos dois tipos de centrais, com vantagem mesmo para as centrais nucleares.

- capacidade de transportes internos
- instalações portuárias indispensáveis.

Consideraremos, neste breve apontamento, apenas a Hipótese I (2000 MW).

Nesta hipótese, haverá que transportar por dia cerca de 8 mil toneladas de carvão num percurso médio de 100 km, o que exige cerca de 400 a 800 vagões (20 a 10 t por vagão), ou alternativamente 6,7 milhares de metros cúbicos de óleo, o que movimenta cerca de 180 cisternas de 20 m<sup>3</sup> cada.

Por outro lado, estas mesmas quantidades são a descarregar em média por dia, o que, por ser impraticável, significa antes uma necessidade de instalações portuárias correspondentes às quantidades previstas para um mês (como hipótese) e as correlativas instalações de armazenamento no cais de desembarque, ou seja, respectivamente, 240 milhares de toneladas de carvão ou 200 milhares de metros cúbicos de óleo.

Parece óbvio ter de aceitar o débito à exploração das centrais abastecidas com estes combustíveis, não só das despesas directas do seu desembarque, armazenamento, transporte e descarga mas, também, dos encargos de amortização dos respectivos investimentos, amortização que terá de ser calculada para a vida das centrais (visto nada se saber acerca da continuidade da sua utilização no futuro).

Não tentaremos fazer aqui quaisquer contas relacionadas com estas questões, nem sequer dentro do grau de aproximação grosseiro com que abordámos outros problemas económicos: o nosso objectivo é somente pôr em evidência a existência de um factor de custo indirecto (eventualmente haverá outros) que não pode ser esquecido numa análise mais fina da competitividade económica.

Notaremos, também, o interesse que haverá em comparar os números atrás indicados com as existências nacionais do material de transporte ferroviário e com a capacidade de armazenamento portuário.

## 8) CONCLUSÕES

### 8.1 — INTRODUÇÃO

Conforme está previsto, uma Comissão de Redacção elaborará as «conclusões do Colóquio» pelo que pode parecer extemporâneo que procuremos concluir desde já.

Desejamos, contudo, esclarecer que o vamos fazer essencialmente sobre a matéria interpretativa do nosso relatório, isto é, naquilo que nele é mais pessoal, subjectivo, ainda que derivado de factos conhecidos, objectivos.

### 8.2 — INTERESSE NACIONAL DA ENERGIA NUCLEAR

Pensamos que este interesse existe, basicamente porque se prevê que o quilowatt-hora de origem nuclear será mais barato que o de origem térmica convencional, para centrais de uma potência superior a 250 MW, a construir numa data não muito afastada de 1970.

Mas muitas outras razões concordam para o avolumar e daí lhe atribuímos um carácter nacional que resulta de uma concorrência de factores cuja consideração é muito importante, parecendo que a intensidade do seu interesse não tem sido devidamente salientada — ainda que o tenha sido, porventura, muito mais do que noutros países onde já se entrou na fase das decisões, como é, designadamente, o caso da vizinha Espanha (cuja quarta central nuclear acaba de ser anunciada).

Tomaram-se, nesse país, decisões sem que se tivessem feito estudos tão profundos como os que realizou a «Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares»...

E não obstante, os espanhóis vão ter brevemente 4 centrais nucleares, que estão agora a estudar a sério, ao passo que entre nós se assiste

a uma indiferença quase total relativamente aos estudos acima referidos.

Destes factos podem tirar-se, logicamente, diversas conclusões, de que enunciaremos apenas algumas:

- 1) A energia nuclear tem interesse nacional;
- 2) Têm razão os que pensam que, como actividade de interesse nacional, ela deve ser estudada com profundidade, num alto nível técnico e com meios também nacionais;
- 3) Erram os que não vêem que programar é estruturar o futuro com toda a flexibilidade, tendo em conta tanto as certezas — que são poucas — como as eventualidades, que são muitas.

### 8.3 — SUGESTÕES PARA UM PROGRAMA

Graças à «Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares», o nosso País dispõe, neste momento, de um equipa técnica especializada em problemas nucleares cuja competência já foi posta à prova e que já produziu um trabalho de incontestável interesse para uma programação dos centros produtores nacionais.

Admitiu o «Grémio Nacional dos Industriais de Electricidade» que era de considerar, como possível, a integração na rede eléctrica nacional de uma primeira central nuclear, de cerca de 250 MW, no período compreendido entre 1970 e 1975.

Se esta hipótese tivesse sido feita sem que as suas consequências se pudessem objectivar em torno de um estudo prévio, como aquele que realizou a CPIN em 1963 (possível apenas graças ao facto de ter iniciado as suas actividades cinco anos antes), que valor prático teria aquela hipótese? Atrevemo-nos a pensar que nenhum.

Isto é, nem mesmo com o alcance muito geral de uma orientação preliminar (como subsídio para uma «programação» responsável) teria qualquer valor objectivo tomar-se aquela hipótese em consideração. Ela só tem significado, só implica consequências, porque existe o estudo já referido da CPIN.

Com o mesmo carácter, sugerem-se depois hipóteses para o decénio 1975-1985, para as quais se mantém, com igual verdade, o que acabamos de dizer quanto ao período 1970-1975, pelo que diz respeito à energia nuclear.

Agora, se se quiser passar à elaboração de um programa responsável, terão de se realizar estudos muito mais profundos do que tem sido possível abordar, designadamente quanto às repercussões na indústria nacional de um programa nuclear coerente.

Por muito meritórios que sejam, os trabalhos dos técnicos da CPIN não podem pretender servir de base segura à elaboração de um programa responsável ou à extracção de conclusões nos planos industrial e económico a partir de um hipotético programa apriorístico.

Para isso serão necessários mais técnicos, mais estudos, mais anos...

Para isso é igualmente indispensável que, em sincronismo com o arranque das actividades, se tenha sabido prever a disponibilidade de técnicos.

A programação tem um fundo científico que não se improvisa e o reconhecimento da sua necessidade tem uma base de educação pública que deve vir desde os bancos da escola primária.

Vamos dar um exemplo das nossas dúvidas.

Imaginemos que se determina que só em 1976 arranque — por conveniência programática — a primeira central nuclear portuguesa.

Admitindo que a central levará quatro anos a construir, a sua construção deverá iniciar-se em 1972/73.

Face a isto, o que é que pode fazer-se:

- 1) Não programar, não estudar, e em 1971/72 dizer ao estrangeiro que se está comprador daquela central (bastam para isso meia dúzia de linhas, nem válidamente seríamos capazes de mais).
- 2) Programar e estudar com a intenção de sabermos dizer em 1971 o que queremos e, então:

- devemos desenvolver e estruturar os estudos relativos ao aproveitamento dos nossos minérios e à criação de uma indústria do combustível nuclear (cerca de 10 a 12 anos);
- devemos ter uma equipa a trabalhar na escolha de sítios: depois de preparada (2 anos) não gastará menos de 3 anos a apresentar um relatório definitivo: total 5 anos; pelo que o recrutamento da equipa deve começar em 1966, para que o seu trabalho se conclua em 1970 — um ano antes das decisões;
- devemos ter outra equipa a estudar e elaborar ante-projectos preliminares das centrais que previsivelmente possam ser tomadas em consideração, para, depois desses estudos, se concluir com um relatório de pré-selecção das mais convenientes (formação da equipa: 5 anos; duração de cada ante-projecto: 1 ano; número de ante-projectos: 4 — BWR, PWR, água pesada, gás-grafite; actualização de valores e estudo de selecção: 2 anos;

total: 11 anos) pelo que o recrutamento da equipa deve começar (?) em 1959.

Ora o País dispõe desta equipa, que, com um esforço grande e os meios adequados, pode trabalhar em termos de se adiantar, mesmo para 1972/73, a conveniência programática do arranque da primeira central nuclear.

Mas que vai suceder a essa equipa?

Só depois de se saber a resposta a esta pergunta se poderão tirar as conclusões das considerações que aqui desenvolvemos, mas pouco importa que não o façamos agora, pois, então, elas serão óbvias.

DR. ARMANDO GIBERT

*Doutorado em Física na Faculdade de Ciências de Lisboa  
e na Escola Politécnica de Zurique — Suíça*

NOTA (v. p. 514) — Antes de ser encadernado este relato, recebemos a notícia oficial [32] da publicação no Reino Unido de um novo *White Paper*, no qual se anuncia a determinação do governo britânico de mandar construir em 5 anos, entre 1970 e 1975 mais 5000 MW de potência nuclear, isto é, o equivalente a 20 centrais do tipo REP-0 o que daria a cadência de uma central nuclear de 250 MW por trimestre durante cinco anos.

Que melhor fecho poderíamos nós desejar para o nosso trabalho?'

## BIBLIOGRAFIA

- [1] 5.º Relatório da ENEA (OCDE) — Paris — Julho 1963.
- [2] *At. e Ind.*, 15 Dez 1963.
- [3] H. HARDUNG-HARDUNG — *Nucleonics*, Fev. 1963.
- [4] *Atom* — Agosto 1963.
- [5] *Atom* — Agosto 1962.
- [6] *At. e Ind.* — 15 Dez. 1963.
- [7] *Econ. Intern. dei fonti di Energia*, N.º 2, 1963.
- [8] EDF — *Etudes économiques générales* (Ref.ª L.P.NF), Julho 1963.
- [9] Notícia da Agência ANI de 19 de Janeiro de 1964 (Madrid).
- [10] *Electric Power Production in Sweden in the 1970's* (The Central Operating Management) — Nov. 1962.
- [11] *Atom*, Maio 1957.
- [12] *Atom*, Julho 1960.
- [13] CPIN, *Nota Informativa N.º 13*, Janeiro 1964.
- [14] *Nuclear Power*, Janeiro 1962.
- [15] CPIN — Doc. Interno N.º DP-64.1.
- [16] Relatório OECE (1960) e *Atom*, Junho 1960 (pág. 15); *Nucleonics*, Fev. 1963 (pág. 26).
- [17] *Atom*, Maio 1960 (pág. 18); id., Nov. 1961 (pág. 8).
- [18] *Atom*, Julho 1960 (pág. 3).
- [19] *Nucleonics*, Jan. 1964 (pág. 17).
- [20] *Nucleonics*, Jan. 1964 (pág. 17).
- [21] *Nucleonics*, Jan. 1964 (pág. 19).
- [22] *Notiziario*, Julho 1963 (pág. 68).
- [23] B. I. S. T. — Out. 1963, N.º 76 (pág. 73).
- [24] CPIN — Doc. Interno.
- [25] CPIN — Publicação 62.13, Abílio Fernandes.
- [26] ALMIRANTE RICKOVER — *Nucl. Eng.* 8, N.º 81 (Fev. 1963).
- [27] P. EDDY — Conf. de Viena, Junho 1963.
- [28] F. L. BEBRUSLAIS — Conf.ª de Viena, Junho 1963.
- [29] A. S. E. A., *Bull.* N.º 19, Nov. 1963.
- [30] *Nucleonics*, Agosto 1961 e Julho 1962.
- [31] DE GAZTELU — *Boi. Inform. do Forum Atómico Español*, N.º 9 (1963).
- [32] *Atom News* — Special Issue — April 17, 1964.