

PARTE II

O AMBIENTE, A POLÍTICA ENERGÉTICA E A ALTERNATIVA NUCLEAR(*)

(*) Textos preparados para a sessão de abertura do «Encontro Nacional sobre Política Energética: Debate sobre a instalação de centrais nucleares em Portugal», Março de 1977. Alguns textos foram revistos para esta edição.

- «1. Todos têm direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender.
2. Incumbe ao Estado, por meio de organismos próprios e por apelo a iniciativas populares:
 - a) Prevenir e controlar a poluição e os seus efeitos e as formas prejudiciais de erosão;
 - b) Ordenar o espaço territorial de forma a constituir paisagens biologicamente equilibradas;
 - c) Criar e desenvolver reservas e parques naturais e de recreio, bem como classificar e proteger paisagens e sítios, de modo a garantir a conservação da natureza e a preservação de valores culturais de interesse histórico ou artístico;
 - d) Promover o aproveitamento racional dos recursos naturais, salvaguardando a sua capacidade de renovação e a estabilidade ecológica.
3. O cidadão ameaçado ou lesado no direito previsto no n.º 1 pode pedir, nos termos da lei, a cessação das causas da violação e a respectiva indemnização.
4. O Estado deve promover a melhoria progressiva e acelerada da qualidade de vida de todos os portugueses».

Artigo 66.º (ambiente e qualidade de vida) da *Constituição da República Portuguesa*, aprovada e decretada na sessão plenária da Assembleia Constituinte de 2 de Abril de 1976.

1. OS TEXTOS FUNDAMENTAIS QUE NOS REGEM

«O Plano deve garantir (...) a preservação do equilíbrio ecológico, a defesa do ambiente e a qualidade de vida do povo português».

Artigo 91.º da *Constituição da República Portuguesa*

1. A CONSTITUIÇÃO, O PROGRAMA DO GOVERNO E O AMBIENTE

1.1. O artigo 66.º da Constituição da República Portuguesa, promulgada em 25 de Abril de 1975, é exclusivamente dedicado ao «Ambiente e Qualidade de Vida».

No programa do 1.º Governo Constitucional aprovado pela Assembleia da República em 11.8.1976, o capítulo F tem como título «Responder às necessidades básicas da população e promover a qualidade de vida», e o ponto 7 é inteiramente dedicado ao Ambiente. Nele se afirma: «A necessidade de manter em situação de estabilidade as relações dialécticas entre o homem e o ambiente constitui um dos mais graves problemas, cuja solução é tanto mais premente quanto mais ameaçadoras se mostram as acções destruidoras que, em ritmo acelerado, a civilização industrial exerce sobre aquela estabilidade. Não deve, por isso, ser motivo de surpresa a tendência de todos os Estados Modernos dedicarem crescente atenção ao problema em causa, mediante a instituição de departamentos especializados que assegurem (...) o bom governo dos factores ecológicos e a contenção das acções destruidoras do equilíbrio da biosfera. Só assim ficam os Governos habilitados a assegurar a todos os cidadãos

a qualidade de vida (...). É o que se pretende, no caso português, com a manutenção da Secretaria de Estado do Ambiente na dependência do Primeiro Ministro (...). A sua acção procurará orientar-se por uma finalidade essencialmente preventiva que permita abolir ou diminuir as causas das disfunções e destabilizações dos sistemas ecológicos de que o homem e o ambiente são dois elementos principais (...). Toda a política correcta do ambiente deve ser uma política democrática: não só coloca ao dispor da comunidade os factores ecológicos, entre os quais avulta a terra (...), mas também procura utilizar as formas estáveis de energia, as quais são, simultaneamente, as menos concentradas, as mais acessíveis a pequenos capitais, as menos poluidoras e as mais bem distribuídas por todo o território».

1.2. A Constituição que nos rege e o programa do Governo, de que se extrairam as referências anteriores, consagram legalmente a legitimidade democrática das linhas mestras de uma política que no seu aprofundamento contém um projecto social e económico perfeitamente delineado. E se o programa do Governo comete à Secretaria de Estado do Ambiente uma relevância particular como órgão especializado, a verdade é que da coerência constitucional e do próprio programa decorre uma prática económica e social que largamente a transcende e apenas se viabiliza quando verdadeiramente assumida nas suas implicações pela sociedade a que se destina e pelos órgãos de soberania que institucionalmente a representam. Neste contexto, a posição da Secretaria de Estado relativamente à utilização da energia nuclear só pode ser uma: enquadrar a opção nuclear no quadro duma política energética; encarar a política energética como a parcela do todo que é o projecto social e económico; considerar esse projecto balizado pelo travejamento base que é a lei fundamental: a Constituição.

2. RECURSOS NATURAIS NÃO RENOVÁVEIS

«O carácter finito dos recursos globais e a impossibilidade de trazer todos ao nível de vida usufruído (...) no mundo ocidental levantam de forma aguda o problema da sua distribuição equitativa. Numa situação de crescimento perpétuo, o problema é parcialmente obscurecido. Quando o crescimento global abrandar ou cessa, o problema moral dos diferentes níveis de vida entre países ricos e pobres torna-se ainda mais agudo.

As actuais desigualdades na riqueza apenas têm sido toleradas devido à esperança de que os cidadãos pobres, tal como os ricos, beneficiarão dum crescimento constante no seu nível de vida. Elas tornam-se intoleráveis logo que se reconhece existir um limite absoluto para o nosso nível de vida».

*Dr. H. Montefiore, Bispo de Kingston,
in Rutherford Lecture, Manchester, 1971*

«O custo e a disponibilidade da energia necessária constituem, provavelmente, o factor único que em última instância determinará se um depósito mineral pode ou não ser economicamente explorado».

U.S.A. Geological Survey

1. RESERVAS MUNDIAIS DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL

Os animais de tiro eram sobretudo conversores de energia solar em energia mecânica, através dos alimentos. Os escravos também, embora a sua inteligência pudesse conferir-lhes um nível de utilidade bem superior.

Todas as máquinas são conversores de energia. Nos países industrializados essa conversão é feita, sobretudo, a partir de recursos não renováveis à escala dos milénios. Foi à escala dos milhões de anos que a superfície do Planeta se tornou habitável pelos seres vivos, o que implicou o aparecimento duma protecção (a atmosfera) contra as radiações cósmicas e um decaimento na radioactividade natural dos constituintes inanimados da Terra. Para substituir os combustíveis fósseis, que rapidamente se esgotam, surgiu como promissora a utilização da energia da fissão nuclear a qual exige a concentração prévia dos elementos fósseis (e radioactivos).

Fósseis ou nucleares, nenhum dos tipos de combustível é renovável. O valor das reservas existentes e o tempo da sua duração têm originado estimativas díspares. É natural que tal suceda se os pressupostos de que partem são diferentes. A expressão de uma reserva em unidades físicas depende essencialmente de factores económicos. Uma subida no custo do produto superior ao custo de extracção fará crescer, dentro de certos limites, o quantitativo das reservas. Todavia, apesar das restrições existentes, a energia que é necessário dispendir para a extracção, os recursos financeiros disponíveis e o tempo necessário à concretização de novas explorações faz com que, no médio prazo, as alterações não sejam substanciais. O tempo que resta para as opções decisivas é escasso, e para que dele se forme uma ideia objectiva algumas das estimativas existentes são suficientes. O quadro seguinte representa uma síntese significativa.

RESERVAS MUNDIAIS DE FONTES DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL

Variação nas estimativas

Fonte: Energy for the Future, Institute of Fuel, 1973

PRESENTEMENTE CONHECIDAS					POTENCIAIS (*)		
		Reservas	Duração		Reservas	Duração	
			com consumos iguais aos 1971 (1)	tendo em conta o crescimento do consumo		com consumos iguais aos 1971 (1)	tendo em conta o crescimento do consumo
Petróleo	Estimativa inferior	80×10 ⁶ t	32	16	250×10 ⁶ t	100	30
	Estimativa superior	90×10 ⁶ t	36	18	360×10 ⁶ t	140	40
Carvão	Estimativa inferior	130×10 ⁶ t	60	30	1100×10 ⁶ t	500	150
	Estimativa superior	2200×10 ⁶ t	1000	190	4800×10 ⁶ t (3)	2200	250
Gás Natural	Estimativa inferior	34 000 Km ³	33	15	90.000 Km ³	90	25
	Estimativa superior	48.000 Km ³	45	19	340.000 Km ³	330	40
Urânio	Estimativa inferior	0,9×10 ⁶ t (4)		16/50 a 100 (5)	1,3×10 ⁶ t (6)		20/50 a 100 (5)
	Estimativa superior				3,2×10 ⁶ t (6)		37/50 a 100 (5)
Areias e xistos betuminosos	Estimativa inferior	97×10 ⁶ t	39	aumenta duração petróleo 9 anos	280×10 ⁶ t	110	aumenta duração petróleo 10 anos
	Estimativa superior	120×10 ⁶ t	48	aumenta duração petróleo 11 anos	500×10 ⁶ t	200	aumenta duração petróleo 17 anos

(1) Consumos admitidos para 1971: Petróleo 2500×10⁶ t; Gás 1046 Km³; Carvão 2143 t.

(2) As reservas potenciais são, usualmente, estimativas de reservas recuperáveis tendo em conta melhorias na tecnologia extractiva e subidas de preços, excepto nos casos particulares indicados.

(3) Várias fontes indicam 7,6×10¹² t de carvão como reservas potenciais totais, valor que é muito superior às reservas recuperáveis.

(4) Reservas conhecidas recuperáveis a custos menores que \$20/kg.

(5) A duração das reservas em urânio é consideravelmente aumentada considerando reactores rápidos reprodutores (Breeders) razão porque se consideram dois valores para a duração. Devido à incerteza quanto ao desenvolvimento deste tipo de reactores os valores indicados são bastante especulativos.

(6) Reservas de 3,2×10⁶ t de urânio pressupõem um custo de recuperação inferior a \$30/kg(*). Estima-se que 60×10⁶ t serão passíveis com custos até \$200/kg.(*) Segundo a O. C. D. E./I. A. E. A. em: «Uranium, Resources, Production and Demands», Dezembro 1975, as reservas de urânio razoavelmente asseguradas a preços < \$66/Kg seriam de 1,3×10⁶ t.

2. ILAÇÕES

Em relação ao quadro, deve ter-se em conta que existem estimativas mais recentes para um ou outro caso. É também comum a prática de estimar o aparecimento de reservas que ainda se desconhecem usando simples extrapolação ou métodos probabilísticos mais sofisticados.

«Grosso modo» as variações relativas mantêm-se e não tem grande significado a sua discussão pormenorizada. De acentuar é a duração estimada para as reservas, a qual depende fortemente do modelo admitido para o crescimento no consumo. Estas hipóteses, que se basearam nas tendências exponenciais passadas, põem em evidência algo de bastante importante: a prosseguir tal tendência, as variações na duração dos recursos são da ordem de uma a duas gerações, excepto para o carvão.

Pode, no entanto, adoptar-se uma perspectiva social diferente. Essa perspectiva é a da duração das reservas globais conhecidas se o consumo mundial «per capita» fosse igual ao dos E.U.A. em 1970.

Tomando como base os valores publicados pelo U.S. Bureau of Mines «Mineral Facts and Problems» (1970) e a população mundial em 1970 obtém-se:

Duração de alguns recursos naturais se a capitação fosse uniforme no globo e igual à dos E.U.A. em 1970 [1]

<i>Recurso</i>	<i>Anos de duração</i>	<i>Recurso</i>	<i>Anos de duração</i>
Alumínio	24	Mercurio	5
Crómio	211	Molibdénio	20
Carvão	518	Gás natural	6
Cobalto	33	Niquel	39
Cobre	10	Petróleo	9
Ouro	4	Grupo da platina	41
Ferro	84	Prata	6
Chumbo	10	Estanho	7
Manganés	64	Tungsténio	18
		Zinco	9

Para além das especulações sempre possíveis em relação a simulações com modelos mais ou menos sofisticados, extraem-se inequivocamente as seguintes conclusões:

- a) Os recursos naturais conhecidos não permitirão à população mundial atingir alguma vez as capitações do consumo dos países industrializados actuais (mesmo que estes parassem de crescer).

- b) Para além das variações nas estimativas das reservas em energia não renovável, a energia que é necessário dispendir na introdução de novas tecnologias (na escala necessária), na exploração de novas reservas ou na utilização de novas fontes de energia, faz com que as decisões críticas se imponham no período de uma geração. Durante esse período, as reservas existentes permitirão uma mudança se ela for acelerada. Se ela for adiada, o tempo que resta terá todas as probabilidades de não ser suficiente e serão de esperar convulsões sociais em larga escala.
- c) Durante o tempo de uma geração, e quanto à energia, as alternativas serão:
1. introdução acelerada de formas de energia renovável
 2. utilização de combustíveis fósseis, sobretudo o carvão
 3. introdução acelerada de reactores nucleares do tipo «Breeder»
 4. generalização acelerada da melhor utilização da energia disponível concomitante com o desenvolvimento de uma ou mais das alternativas anteriores.

3. ENERGIA E CRESCIMENTO ECONÓMICO

«Quando uma teoria se transforma numa doutrina, a doutrina se transforma num culto e o culto se transforma numa ilusão de massas, é tempo de fazer ouvir uma voz crítica. Tal é o estado presente da teoria, doutrina, culto e ilusão do crescimento económico (...).

A primeira lição que deve ser aprendida por todos é que o crescimento económico está longe de ser idêntico a aumento de bem-estar geral. Economistas e especialistas em Estatística, competentes e idóneos, nunca afirmaram que o fosse, mas a opinião pública começou a acreditar não só que o crescimento do produto nacional bruto é caminho dum vida melhor para todos mas também que essa é a única via. Um único meio para um fim, transforma-se num fim em si mesmo. Indubitavelmente, o crescimento económico pode ser um meio para más finalidades. Quanto às finalidades, o crescimento é neutro».

H. V. Hodson
em *The diseconomics of Growth*, Pan/Ballantine, 1972

1. PAÍSES «RICOS» E «POBRES», DESENVOLVIDOS E SUBDESENVOLVIDOS

Tornou-se comum classificar os países em ricos e pobres, desenvolvidos e subdesenvolvidos usando e abusando politicamente do significado de certos índices macroeconómicos entre os quais sobressai o P.N.B. «per capita». O estabelecimento de tal índice tem como característica que nele só entra o que se exprime em fluxos monetários (numa sociedade em que apenas existisse a troca directa, o P.N.B. seria nulo). Do seu cálculo exclui-se o valor de substituição, a degradação dos bens e recursos e

outros valores socialmente relevantes. Exclui-se também o que não figura em estatísticas. (V. [2]).

Ao P.N.B. «per capita» juntam-se com frequência outros índices, como sejam os do consumo de energia «per capita», os do consumo «per capita», etc..

O quadro seguinte apresenta uma dessas classificações [3].

Classificação dos países

	<i>P.N.B./capita em 1973 (dólares EUA)</i>	<i>Consumo energia per capita em 1970 (Kg de equivalente em carvão)</i>	<i>População em 1973 (milhões)</i>
Países Ricos	1280 — 5120	2048 — 16.384	977 (25,4%)
Países Intermédios	640 — 1280	1024 — 2048	248 (6,4%)
Países Pobres	40 — 640	64 — 1024	2629 (68,2%)

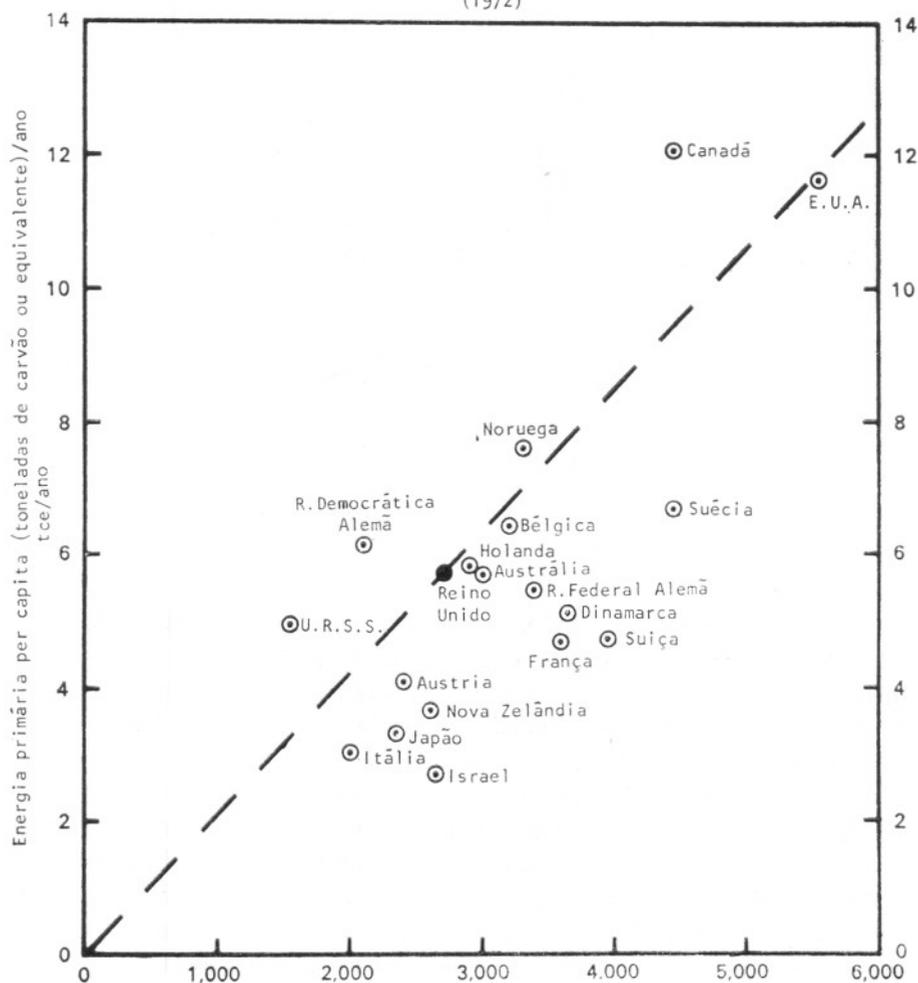
2. A RELAÇÃO ENERGIA CONSUMIDA E P.N.B.

Tem sido habitual admitir uma correlação «linear» entre a capitação do P.N.B. e a do consumo de energia. A Figura da página seguinte [4] apresenta essa relação para alguns países industrializados.

Como se verifica, existem países em que a relação P.N.B./capita e Energia/capita (ou P.N.B./Energia) se encontra francamente acima e outros francamente abaixo. Portugal encontra-se sensivelmente sobre a «recta» que une os E.U.A. e o Reino Unido tomando os valores do I.N.E. para 1975.

ENERGIA E PRODUTO NACIONAL BRUTO NALGUNS PAÍSES INDUSTRIAIS

(1972)



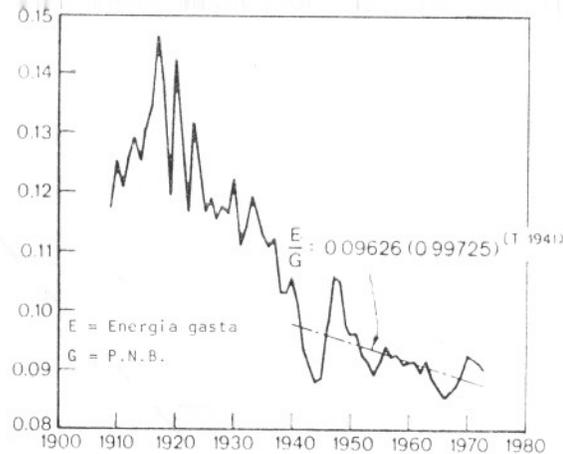
Produto nacional bruto per capita em dólares E.U.A.

(Portugal 2,56 tce; ~\$1.600 (p. correntes) - 1975)

O comportamento, todavia, varia com o País e mesmo entre países em que o clima e a estrutura industrial não são muito diferentes. Dentro do mesmo País não existe o crescimento «linear» que por vezes se admite.

Nos E.U.A. terá decrescido:

$E/G \cdot 10^7 \cdot \text{Btu}/\text{s}$ (1958)



Consumo de energia por unidade de P.N.B.

Tendência ao longo dos anos nos E.U.A.

(segundo Institute of Gas Technology, Chicago)

Em Portugal, entre 1960 e 1974, verificou-se a tendência oposta [5].

Atendendo a que P.N.B. e Consumo de Energia «per capita» são apenas variáveis macroeconómicas indicativas, não é de surpreender que a correlação das duas só tenha significado em situações históricas e estruturais bem definidas.

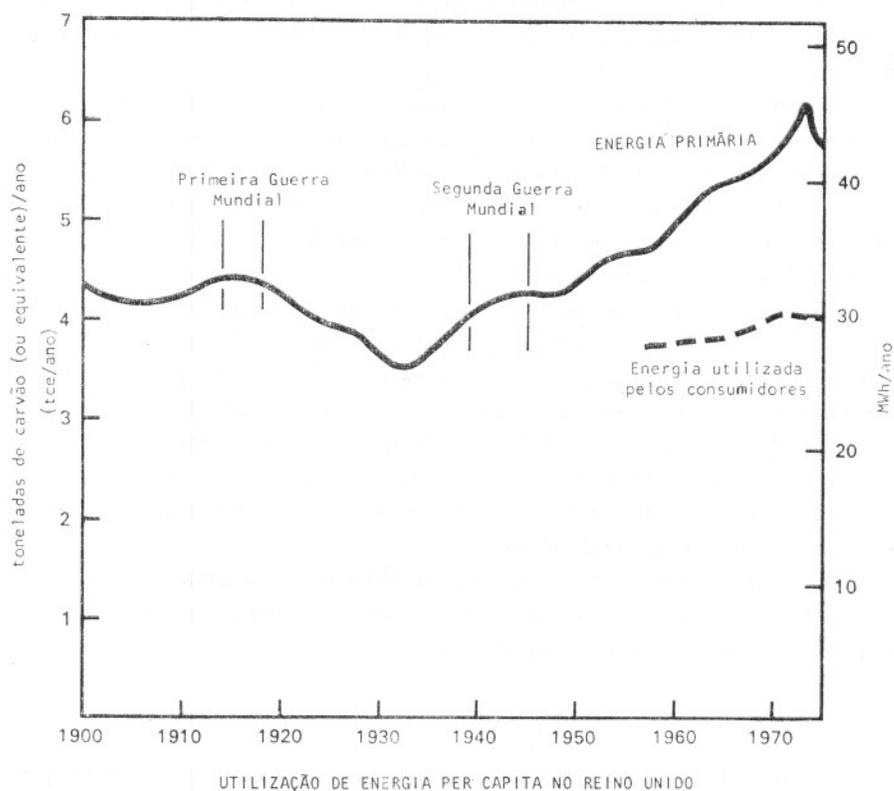
Uma análise mais aprofundada do custo em energia dos vários produtos seria certamente elucidativa [6] pois revelaria que o mesmo produto pode ser obtido com maior ou menor uso de energia consoante a filosofia adoptada for a do aproveitamento máximo dos recursos ou a da produção pela produção e do consumo pelo consumo em que o P.N.B. cresce sem que daí advenham quaisquer reais benefícios sociais.

Por outro lado, os dados que entram nas estatísticas e o modo como são considerados são susceptíveis de significativamente alterar a interpretação final.

Nos dados considerados, tanto para o P.N.B. como para o consumo de energia, os combustíveis renováveis (lenha, resíduos, etc.) não são adequadamente tidos em conta mesmo quando as estatísticas o referem. Além disso, é comum contabilizar como utilizável o que efectivamente o não é. Em termos sociais, o que foi desperdiçado em energia e constitui agressão ambiental não deveria ser tomado como idêntico ao utilizado

pelo consumidor, embora essa seja a prática corrente ao estabelecer a capitação dos consumos.

A Figura seguinte, que propositamente se toma para um país industrial, como o Reino Unido, mostra como a um crescimento acentuado da energia primária gasta não corresponde um crescimento paralelo na energia útil posta à disposição do consumidor final [4].



A diferença provém, essencialmente, das perdas na transformação da energia primária, associadas à utilização de equipamento e tecnologia pouco eficientes e, sobretudo, às perdas na conversão em energia eléctrica. Estas, sobretudo quando associadas à concentração da produção em grandes unidades termoelectricas, provocam além disso deseconomias externas crescentes devido à poluição. Todavia, a correcção dos efeitos deletérios da degradação ambiental contribui para o P.N.B..

O rendimento na conversão da energia primária depende do equipamento utilizado e da estrutura económica onde se insere.

Nos países do terceiro mundo, de acordo com trabalhos recentes [7], [8], a energia primária disponível, tendo em conta a lenha, os resíduos, os animais, etc., não é significativamente inferior, «per capita», à dos chamados países desenvolvidos. Todavia, tal não se traduz em bem-estar porque o primitivismo com que são utilizadas faz com que o desperdício seja enorme. Porém, uma utilização de conhecimento científico e tecnológico no modo próprio dos países altamente industrializados também não altera a situação além de, em muitos casos, vir a agravar o seu problema alimentar.

Finalmente, importa acentuar que mesmo em países altamente industrializados pode haver um crescimento do P.N.B. e uma descida no consumo de energia. De acordo com a *Newsweek* de 31.1.1977, o P.N.B. na República Federal alemã cresceu de 2,3%, em termos reais, desde 1973, embora o consumo total de energia tivesse descido de 2,2%. Segundo o comunicado de imprensa da O.C.D.E., de 28.1.1977, relativo às perspectivas energéticas mundiais, a filosofia duma ligação rígida entre o P.N.B. e o consumo de energia também foi abandonada: a uma relação linear entre P.I.B.⁽¹⁾ e consumo de energia (verificada no período 1960-1974) prevê-se agora que igual aumento de P.I.B. exija 16% menos do consumo de energia entre 1974 e 1985; tal contrasta significativamente com atitudes anteriores e deve-se sobretudo ao crescimento nos preços do petróleo bruto e à alteração na óptica de utilização dos recursos tecnológicos a que o mesmo deu origem.

Tais conclusões eram esperáveis, tendo em conta uma análise mais aprofundada do modo como a energia disponível pode ser utilizada na melhoria do bem-estar das populações.

3. PLANEAMENTO DE CONSUMOS DE ENERGIA E CRESCIMENTO ECONÓMICO

Quando o crescimento económico é reduzido ao P.N.B., essa simplificação reduz o planeamento à modelação sobre índices de significado por vezes ainda menor. Tal modelação assume, na forma mais expedita, uma extrapolação de tendências passadas. Em sofisticação intermédia, toma como padrão países que no passado apresentaram alguns índices

(1) Usar o P.I.B. e não o P.N.B. não introduz alterações significativas nas conclusões.

macroeconómicos semelhantes nomeadamente quanto às capituições do P.N.B. e do consumo de energia. No domínio do planeamento dos consumos em electricidade, efectuado a partir de um número diminuto de grandes centros produtores, o período que o planeamento tem de abarcar é tanto maior quanto maiores são as potências unitárias, e mais longo o tempo necessário à sua entrada em funcionamento após a decisão de as realizar. Todavia, quanto mais longe no futuro se exige a previsão, maiores os riscos de a realidade se afastar das previsões. Deste modo, quando se deseja aumentar o crescimento económico, a tendência habitual é actuar sobre os índices que se admitem caracterizá-lo. Tendo havido entre energia eléctrica e P.N.B. uma relação algo estável⁽²⁾ é tentador tomar a oferta de energia eléctrica disponível como arrastador do P.N.B.. Assim foi, muitas vezes, ainda que o crescimento do P.N.B. fosse feito no supérfluo e no desperdício: havendo oferta disponível, forçou-se o consumo. A análise das políticas tarifárias e do crescimento sectorial dos consumos é esclarecedora. Na situação actual e na do futuro previsível, a questão de fundo é se tal atitude é admissível quando se visa o crescimento económico real e o bem-estar das populações. O que os dados revelam é que se há relação P.N.B./Energia Eléctrica, tal relação não será, certamente, a que se verificou no passado. Deste modo, qualquer planeamento efectuado no presente para a satisfação de necessidades futuras não pode prescindir duma análise mais profunda dos factores subjacentes à relação energia disponível-crescimento económico real, traduzido em melhoria de qualidade de vida. Ora, a melhoria de qualidade de vida e o crescimento económico real, se dependem da disponibilidade em energia eléctrica, dependem sobretudo da disponibilidade em energia útil.

Numa época de transição, em que a economia mundial procura novas formas de equilíbrio, em Portugal não só tais factos devem ser tidos em conta, como em conta deve ter-se o projecto económico e social para o qual o 25 de Abril abriu as portas. Neste contexto, uma política energética deve ser parcela de um todo. Como tal, não pode transformar-se

⁽²⁾ As observações feitas à relação energia/P.N.B. são aplicáveis, à parte um factor de escala, à relação energia eléctrica/P.N.B.. Há alguns anos tomava-se este. Mais recentemente aquele. A correlação entre ambos não é acidental: aplicados à mesma estrutura económica (e aos hábitos sociais que lhe estão implícitos) exprimem ambos sensivelmente o mesmo. Em termos de futuro, todavia, uma revisão esclarecida do que se encontra subjacente é susceptível de mostrar que o seu significado é bem diferente em termos de bem-estar, devendo ser abordados conjuntamente. Tal implica porém que se reveja o modo como se estabelecem os balanços energéticos nacionais.

a energia eléctrica num factor pré-determinante a pretexto de planeamento estrito a longo prazo, sobretudo se tal planeamento conduzir a decisões irreversíveis. Mesmo continuando a admitir a existência duma ligação P.N.B./Energia Eléctrica, não podem tomar-se os efeitos pelas causas. Os dados anteriores mostraram já a não rigidez de tal relação. A comparação das projecções efectuadas nos E.U.A., na R.F.A., na Suécia, e para o conjunto dos países da O.C.D.E., no curto prazo de 4 anos, é suficientemente reveladora para que possa menosprezar-se. Tratando-se de países em situação económica significativamente diferente da nossa, e onde tais projecções teriam, em princípio, bases mais sólidas, a primeira conclusão, a conclusão do bom senso, é a de que o planeamento da nossa política energética tem de garantir um elevado grau de adaptabilidade. Isso implica a preferência pelas soluções que confirmam maior grau de segurança, as quais são também as que desaconselham as elevadas potências unitárias, pois são elas as que exigem maior tempo para a sua realização. Este tipo de considerandos contraria, naturalmente, uma opção nuclear, pois não é viável instalar nesse domínio unidades de potência quando muito equivalentes às dos maiores grupos térmicos convencionais cuja instalação está prevista. O caso das hidroeléctricas é diferente, até pelo simples facto de usarem formas renováveis de energias.

4. CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO TERMO- ELÉCTRICA CENTRALIZADA. POLUIÇÃO TÉRMICA

«Os danos que a temperatura elevada produz nos organismos são irreversíveis. Basicamente, trata-se de uma desnaturação das proteínas a qual não é uma simples consequência da desidratação mas sim de um processo histórico de perturbação de ligações que vão alterando a distribuição dos grupos funcionais».

R. Margalef — *Ecologia*, 1974

«Tal como nos invertebrados aquáticos, a temperatura do corpo na maior parte dos peixes é virtualmente indistinguível da temperatura da água. Isto é uma consequência directa do facto de, mesmo saturada (em oxigénio), a água conter apenas cerca de 5% do volume de oxigénio que conteria o mesmo volume de ar, pelo que grandes quantidades (de água) devem atravessar as guelras para que um fornecimento adequado de oxigénio seja assegurado aos tecidos.

O meio principal de regulação de temperatura de que o peixe dispõe é a escolha do meio à temperatura mais adequada às capacidades fisiológicas da espécie... Admite-se que este é o principal factor que explica a distribuição do peixe na natureza».

S. A. Richards — *Temperature Regulation*, 1973

1. CONDICIONANTES TERMODINÂMICOS E CAUDAIS DE ÁGUA NECESSÁRIA À REFRIGERAÇÃO DE CENTRAIS TÉRMICAS

Numa Central Térmica Clássica, como numa Central Nuclear, a energia primária é convertida em calor⁽¹⁾. Através de um ciclo termodinâmico parte desta energia é convertida em energia mecânica na turbina, a qual acciona um alternador. Qualquer das transformações envolve uma perda, mas a mais importante de todas é a que se origina na conversão calor/energia mecânica. O rendimento máximo possível corresponde a essas temperaturas extremas. Tal rendimento corresponde a cerca de 40%, tomando como referência a energia primária utilizada. Esses 40% obtêm-se em Centrais Térmicas ditas clássicas. Numa Central Nuclear, o valor é de cerca de 32%. Devido às actuais limitações tecnológicas, sobretudo nos materiais disponíveis, não é esperável um substancial aumento nos rendimentos máximos que actualmente se obtêm.

Numa Central Clássica, 5 a 10% da energia primária perde-se nos gases de combustão que saem pela chaminé. Os restantes perdem-se no condensador através da água de refrigeração. Numa Central Nuclear, as perdas são, essencialmente, na água de refrigeração. Esta refrigeração (imposta pelo ciclo termodinâmico) implica uma enorme perda de energia e um enorme caudal de fluído refrigerante que é, em geral, água. Para o rendimento de 32% numa Central Nuclear, a energia perdida é de ~ 2,125 a energia eléctrica emitida. Por MW, o caudal de água necessário é de

$$Q \simeq \frac{0,508}{\Delta t} \text{ m}^3/\text{s por MW}$$

sendo Δt a elevação de temperatura em °C.

No caso numa Central Térmica Clássica, o caudal necessário para a mesma potência eléctrica é ~ 60 a 70% do anterior. A valor de Δt situa-se entre 5 e 15°C, por razões económicas, pelo que

$$Q \simeq 34 \text{ a } 100 \text{ m}^3/\text{s por } 1.000 \text{ MW}$$

Tomando, para efeitos comparativos, $\Delta t \sim 10^\circ\text{C}$ será $Q \simeq 50 \text{ m}^3/\text{s}$ por 1.000 MW. Para se ter uma ideia quantitativa refira-se que o consumo máximo de água em Lisboa é cerca de 3,5 m³/s.

⁽¹⁾ Num combustível corrente por combustão. Num combustível nuclear por fissão.

Tem interesse estender algo mais a comparação, tendo em conta os valores actualmente estimados para algumas parcelas do balanço hidrológico do Continente. Tomando como base valores anuais $Q \sim 1,57 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano MW}$

Comparação entre as necessidades de água de refrigeração de uma Central Nuclear de 1.000 MW e os consumos em 1970 de outras actividades em Portugal (Milhões de m^3/ano)	
Central Nuclear (1.000 MW)	1.570
Consumo efectivo de água em 1970:	
Doméstico	41
Rega	2.769
Indústria	690
Parque termoeléctrico instalado em 1976 ⁽²⁾	~ 862
Recursos hídricos anuais máximos disponíveis no Continente com probabilidade de 5% de não serem excedidos	14.000

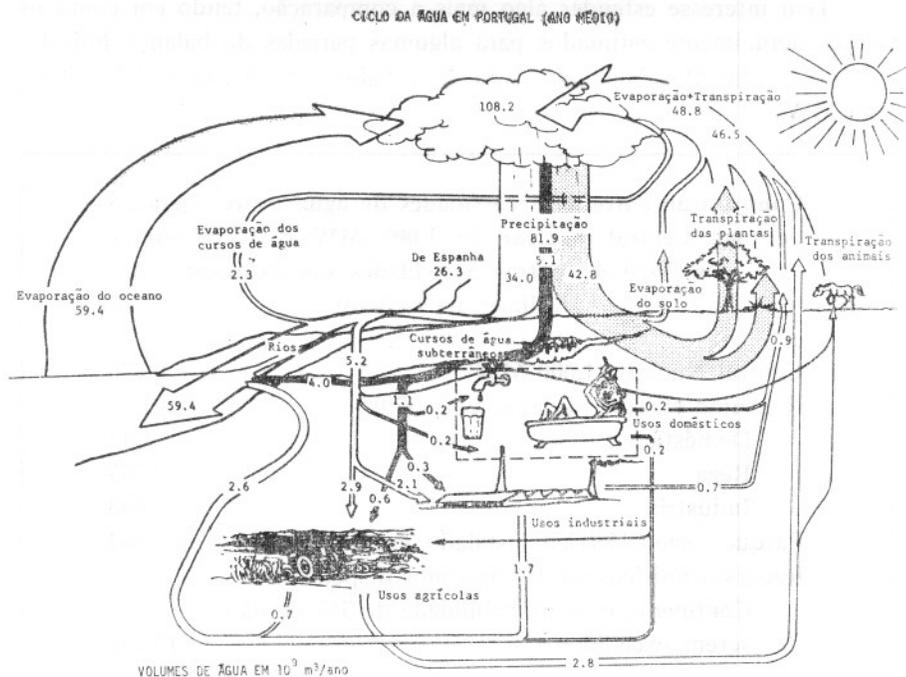
Se notarmos que a Central Térmica de Setúbal, quando completada, exigirá mais do que o parque termoeléctrico já instalado, e que este ultrapassa os consumos industriais, ter-se-á uma noção mais correcta do que significam as exigências duma grande Central em necessidades de água para refrigeração e os motivos que levam estas Centrais a localizar-se preferencialmente junto à costa.

O caudal de água usado na refrigeração não é necessariamente perdido. No caso de rios e lagos ela poderá ser reutilizada a juzante. No entanto, atendendo a que depois de utilizada esta água é rejeitada a uma temperatura superior à do ambiente infere-se facilmente o seu efeito na evaporação.

Para que do problema se tenha uma visão mais global apresenta-se no esquema seguinte o balanço hidrológico do Continente com os valores elaborados por uma Comissão Interministerial.

⁽²⁾ Considerando 750 MW do Carregado e 150 MW na Tapada do Outeiro, com rendimento global de 40%, 90% da caldeira e 80% de factor anual de carga. $\Delta t \sim 7,5^\circ\text{C}$.

Para o ciclo Hidrológico: «Fundamentos de uma Nova Política de Gestão das Águas em Portugal», L. Veiga da Cunha et al. — D.G.S.H..



O consumo total de água pode ser reduzido utilizando torres de arrefecimento. Todavia, o custo do sistema de refrigeração aumenta de 2 a 10 vezes e o rendimento do ciclo termodinâmico baixa. As perdas assim introduzidas, expressas em equivalente a perdas na transmissão de energia eléctrica nos cabos de alta tensão, podem ir de 50 a 500 Kw consoante a solução adoptada. Perdas importantes de água só não existem utilizando circuitos fechados. A ela corresponde também o maior custo e o mais baixo rendimento. As perdas por evaporação situam-se em cerca de 1 ~ 2% do caudal necessário quando se usa refrigeração directa por torres de refrigeração. Os seus efeitos nas alterações do microclima serão sensíveis. A circulação do fluido refrigerante exige, naturalmente, energia. Em relação à energia emitida, aquela circulação exige de 0,4 a 3%, numa Central Térmica Clássica, e de 0,6 a 4,8% numa Central Nuclear; o valor mais baixo corresponde, em ambos os casos, à refrigeração em circuito aberto e o mais elevado a circuito fechado.

2. EFEITOS DA ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA NA VIDA AQUÁTICA

O aumento de temperatura na água reduz a solubilidade do oxigénio⁽⁸⁾. Por outro lado, um aumento da temperatura na água de 10°C provoca, grosso modo, uma duplicação no ritmo respiratório dos animais aquáticos e no consumo de oxigénio (cuja percentagem diminuiu). A totalidade dos efeitos produzidos não se encontra completamente esclarecida, embora se saiba que para além de certa faixa de temperaturas muitas espécies não sobrevivem.

Dentro de certos limites, a aclimação é possível se a elevação de temperatura for lenta. Verifica-se também uma estreita correlação entre as dimensões do animal e a temperatura do seu meio habitual. Ao nível do ser multicelular complexo um aumento de temperatura tende a reduzir as suas dimensões (o que tem uma explicação em termos de transferência de calor), verificando-se o mesmo ao nível celular dos organismos simples. Por outro lado, muitos processos vitais, como a desova, o desenvolvimento dos ovos, etc., são desencadeados por pequenas variações de temperatura o que, sob o aspecto biológico, torna particularmente sensíveis à poluição térmica certas zonas. (A gamba *Ncomysid* não põe ovos a temperaturas superiores a 7°C; o crustáceo *Gammarus*, a temperaturas superiores a 8°C só produz fêmeas; na carpa, temperaturas de 20 a 24°C não permitem a divisão celular nos ovos; a mais de 22°C o peixe sol raiado não produz ovos, etc.). Como é sabido, muitas espécies aquáticas efectuem longas migrações associadas com a reprodução e o reconhecimento desse facto veio acentuar a importância da poluição térmica.

O conhecimento das reacções à variação de temperatura dos organismos superiores do meio aquático, e o estabelecimento de normas que evitem a sua morte directa, não são por si só bastantes para evitar a disrupção de todo um complexo processo ecológico. Efectivamente, tendo em conta a cadeia alimentar, verifica-se que um elo da cadeia depende dos elos anteriores. Deste facto resulta que mesmo que as espécies utilizadas pelo homem (e que geralmente correspondem aos níveis trópicos mais elevados) não encontrem temperaturas que lhes provoquem a morte, ou perturbem a reprodução, tal não significa que a sua sobrevivência seja possível pois a destruição de elos mais baixos na cadeia alimentar provocará o seu desaparecimento por falta de alimentos.

⁽⁸⁾ O que arrasta uma redução na capacidade de absorção de poluentes orgânicos.

Para além dos efeitos de uma elevação geral de temperatura, a qual irá originar ecossistemas com estrutura diferente, através das adaptações

que são típicas da vida, tem particular importância o facto de as taxas de variação de temperatura no meio aquático serem acentuadamente menores do que no meio aéreo. Deste modo, a existência de zonas localizadas de gradientes acentuados de temperatura é susceptível de provocar o «choque térmico», o qual será tanto maior quanto maior o gradiente, maior a permanência numa zona do animal e menores as suas dimensões.

A minimização dos efeitos da poluição térmica é complexa, dadas as exigências a satisfazer as quais originam soluções técnicas diferentes, como sejam procurar uma rápida homogeneização com água fria, com o que pode aumentar o choque térmico e afectar um maior volume de água com a elevação da temperatura; ou visar a dissipação de calor na atmosfera promovendo a dispersão superficial da água quente, com o que se aumenta a estratificação e se dificulta a oxigenação numa zona mais extensa. As exigências são contraditórias pelo que é muito difícil encontrar soluções adequadas.

Como naturalmente se infere, os problemas mais graves ocorrem geralmente durante o verão, quando as temperaturas naturais da água se encontram no seu valor máximo.

A título indicativo, apresentam-se seguidamente alguns valores máximos para a elevação admissível na temperatura da água, as quais têm apenas em conta os efeitos directos.

Elevações máximas de temperatura(*)	
Cursos de água	< 2,5°C
Lagos	< 1,5°C
Zonas marítimas e estuariais:	
Do Outono à Primavera	< 2°C
Verão	< 1°C
Elevação máxima horária	< 0,5°C

(*) Fonte: «Water Quality Criteria; National Advisory Committee to the Secretary of the Interior», Abril de 1968, Washington.

Refira-se que na Central Térmica do Carregado, de acordo com a E.D.P., a temperatura de entrada da água no condensador é de 21°C, e à saída de ~ 28,5°C. O caudal é de 28,5 m³/s. Desconhece-se a distribuição das alterações de temperaturas no rio Tejo para esta descarga. Situação ainda mais grave irá verificar-se em Setúbal, com a nova central em construção, pois além de ser maior a energia libertada, as condições no estuário do Sado encontram-se singularmente agravadas.

5. ENERGIA PRIMÁRIA E ENERGIA UTILIZÁVEL

O produto físico último da vida económica é o lixo. O sistema extrai minérios e combustíveis fósseis (e num «boom» os desempregados) da Terra, mastiga-os no processo de produção e lança-os nos esgotos e lixeiras (...). Numa nave espacial não temos nem minas nem esgotos. A água tem de ir através das algas para os rins, para as algas, para os rins, e assim por diante, e de novo e de novo. Se a Terra tem de tornar-se uma nave espacial, temos de desenvolver uma economia cíclica na qual o homem possa manter uma situação agradável. Em tais circunstâncias a ideia de Produto Nacional Bruto afunda-se, muito simplesmente.

Kenneth E. Boulding,
Fun and Games with the Gross National Product
—*The role of Misleading Indicators in Social Policy*, in «The Environmental Crisis», Yale University Press, 1970.

1. O OMNIPRESENTE SEGUNDO PRINCÍPIO DA TERMODINÂMICA

Pelo Primeiro Princípio da Termodinâmica, a energia não se cria nem se destrói, apenas se transforma. Pelo Segundo Princípio da Termodinâmica, as várias formas de energia não são igualmente convertíveis umas nas outras em circunstâncias reais. Todas se podem converter integralmente em calor; mas não se pode converter integralmente o calor noutras formas de energia. O máximo de conversão depende da tempe-

ratura máxima a que se dispõe desse calor, e da temperatura mínima a que se pode rejeitá-lo.

AO CONVERTER-SE UMA FORMA DE ENERGIA NOUTRA, AO TRANSPORTAR-SE

energia, há sempre uma conversão em calor. Ao processo chama-se habitualmente dissipação. É uma das implicações do Segundo Princípio da Termodinâmica. É dele que decorre a impossibilidade de reciclar energia⁽⁴⁾. A energia assume assim a característica única de ser, entre todos os bens usados pelo homem, o único que não é reciclável. A nave espacial exige um fluxo de energia. A vida exige um fluxo de energia. A energia, enquanto energia, conserva-se, pois não se cria nem se destrói. A energia, enquanto capacidade de alterar algo, perde capacidade em cada transformação que sofre ou alteração em que intervém.

A energia que a Terra recebe do Sol é sensivelmente idêntica à que reenvia para o espaço exterior. Mas esta é de baixa qualidade, como de baixa qualidade é a energia térmica possuída pelos oceanos ou pela atmosfera. São quantidades enormes mas inúteis.

O Homem, ao utilizar combustíveis fósseis ou nucleares, transforma primeiro essa energia em calor⁽⁵⁾. Deste, apenas uma fracção é convertível em energia mecânica ou eléctrica. Uma e outra são interconvertíveis com elevado rendimento. A energia eléctrica transforma-se com facilidade, mas é dificilmente acumulável. O transporte de energia, seja sob forma eléctrica, seja sob forma de combustível, custa dinheiro e custa energia. É útil, pois, examinar esse custo.

2. O CUSTO DO TRANSPORTE DE ENERGIA

A comodidade com que a energia eléctrica se transforma noutras formas de energia, e a «facilidade» com que se transporta, faz por vezes esquecer a dificuldade com que se armazena, e o custo com que se transporta. Num grande número de casos, o transporte de energia sob forma de electricidade é o mais dispendioso, não só em custo como em energia. A optimização custo-comodidade para o utilizador deverá, pois, estar sempre presente e ser considerado caso a caso.

⁽⁴⁾ Adota-se nesta exposição o ponto de vista de que o 2.º Princípio da Termodinâmica foi tão exaustivamente comprovado e é tão indiscutivelmente aceite que se podem extrair conclusões de valor imutável tomando-o como base.

⁽⁵⁾ A conversão directa não é significativa em termos globais.

No quadro seguinte, elaborado a partir dos valores obtidos por Hottel e Howard [9], Williams [10], Hill [11] e Dryden [12], têm-se em conta os valores extremos obtidos. Os preços referem-se a 1972/73. Todavia, mais do que os preços, importa o seu valor relativo, pois estes variam menos do que os valores absolutos. Para valor de referência tomou-se o valor médio do transporte de electricidade em linha aérea de alta tensão.

CUSTO RELATIVO DE VÁRIOS MODOS
DE TRANSPORTE DE ENERGIA

Formas de energia	Custo monetário		Perdas de energia no transporte	Custo em energia do transporte em % da energia transportada por 100 Km
	Máximo	Mínimo		
Petróleo (pipe-line)	0,02	0,08	insignificante	0,38
Petróleo (caminho de ferro)	0,2		< 1 %	0,09
Gás Natural	0,03	0,17	1 a 2 %	0,12
Carvão (pipe-line)	0,17	0,25	< 1 %	0,12
Carvão (caminho de ferro)	0,21	0,52	< 1 %	0,12
Electricidade (linha aérea)	0,42	1,58	2 a 8 %	incluído nas perdas
Electricidade (cabo subterrâneo)	6,3	23		

Nota: O custo depende da distância entre os pontos de transporte, sobretudo para a electricidade. A partir de 150 ~ 200 Km os valores tendem rapidamente para um valor constante. Ver as referências originais para detalhes.

3. ENERGIA ÚTIL E ENERGIA ELÉCTRICA

A energia eléctrica, pelas suas características, tendeu a assumir uma posição central no domínio da energia em detrimento de outras formas igualmente úteis e em inúmeros casos mais económicas. A pouca racionalidade da sua utilização, em termos de energia utilizável, encontra-se em inúmeros casos da vida quotidiana. Um caso típico é o aquecimento eléctrico. Neste, a forma final da energia utilizável é «calor», o qual pode ser obtido directamente da queima de um combustível. Todavia, se o aquecimento é eléctrico, do combustível que é queimado na caldeira de

uma Central apenas cerca de 1/3 chegam finalmente ao utilizador sob forma de electricidade. É esta que depois é transformada em calor pelo utilizador. Assim, a utilização de electricidade como forma intermédia de transporte de energia fez perder cerca de duas de energia primária por cada unidade de energia utilizada. Se a esta perda em energia se juntar o custo do seu transporte, verifica-se que, em muitas situações, a sobrevalorização da energia eléctrica carece de justificação em termos económicos, sociais e de utilização óptima dos recursos disponíveis. Talvez por força do hábito, nos balanços energéticos nacionais que figuram nas estatísticas, é em regra geral a energia do combustível queimado na Central que aparece e não a energia final utilizada. Tal prática pode conduzir a ilações precipitadas e a distorções de planeamento.

Com a observação anterior não se pretende diminuir a importância real da energia eléctrica, a qual é em muitos casos insubstituível; procura-se apenas acentuar a necessidade de a colocar na perspectiva económica e socialmente correcta de a não sobrevalorizar.

As perdas de energia primária associadas à conversão termoeléctrica são intrínsecas ao processo por força do Segundo Princípio da Termodinâmica. Todavia, não só a percentagem destas perdas pode ser reduzida com a tecnologia actual, como melhorias no futuro são previsíveis com a adopção de novos materiais ou de novos ciclos termodinâmicos. As perdas anteriores são perdas no sentido em que aquela energia se não transformou em energia eléctrica. Porém, elas apenas serão perdas no sentido amplo se tal energia não for utilizada para outras finalidades. Efectivamente, aquelas perdas aparecem sob a forma de calor, a baixa ou média temperatura. No caso dos combustíveis tradicionais, são perdas sob a forma de calor nos gases de combustão e perdas no circuito de arrefecimento. No caso de uma Central Nuclear, as perdas são sobretudo no circuito de arrefecimento. Aquela energia sob forma de calor a baixa ou média temperatura é, todavia, e em grande parte, utilizável. Se o não é, constitui, em regra, apreciável agressão ambiental. Se, além do desperdício, se produzem efeitos ambientais desfavoráveis, ocorre naturalmente perguntar por que motivo surgiu e permanece ainda em muitos casos tal atitude. A resposta a esta pergunta envolve factores económicos, sociais e políticos.

O factor económico mais saliente foi o baixo custo da energia primária que não estimulava uma utilização mais eficiente. Acresce que o «salto» mais significativo no aproveitamento da energia surge em instalações de fins múltiplos e que estas envolvem, em geral, mais do que um sector económico. O modo de repartir os encargos pelos vários sectores

revelou-se e revela-se com frequência obstáculo intransponível. A complexidade técnica duma instalação de fins múltiplos também é, em regra, maior.

Não tendo em conta as instalações combinadas (ou de fins múltiplos) o produtor de energia eléctrica preconiza, habitualmente, as grandes potências unitárias, invocando economias de escala. Tal filosofia conduz, naturalmente, à centralização. Há, obviamente, economias de escala, tal como há deseconomias. Estas, porém, são o mais das vezes deseconomias externas (externas à contabilidade do produtor).

Em relação às instalações combinadas, é significativo o interesse renovado que actualmente despertam por força do aumento no custo da energia primária. Em 1977, o Ministério Francês da Energia anunciou que irá ser feito um esforço importante neste sentido. Nas instalações nucleares francesas de Pierrelate existe já um aproveitamento desse tipo. Na Suécia, de um dos primeiros reactores nucleares, além de energia eléctrica, usava-se calor perdido no aquecimento. Nos países nórdicos e na Europa Central, tal tipo de instalações com centrais térmicas clássicas é frequente. Refiram-se as redes de aquecimento urbano existentes em Hamburgo, Paris, Munique, Berlim, Helsínquia, Copenhague. Na Alemanha, as cidades de Essen e Dortmund decidiram interligar as suas redes de aquecimento. As potencialidades oferecidas por instalações deste tipo devem ser examinadas pois elas não apenas permitem o melhor aproveitamento duma energia que escasseia, como uma redução dos efeitos no ambiente da produção termoeléctrica.

4. INSTALAÇÕES COMBINADAS OU DE FINS MÚLTIPLOS

4.1. Como por cada unidade de energia eléctrica produzida (numa Central convencional ou nuclear) cerca de duas são perdidas sob a forma de calor, vários esquemas de utilização têm sido propostos para o seu aproveitamento. O estudo efectuado no Oak Ridge National Laboratory (U.S.A.E.C.) [13], na página seguinte, dá uma ideia da escala dessas aplicações para uma Central Térmica de dimensões cada vez mais correntes.

Os autores do estudo de que se extrai o quadro anterior, examinando o caso do aproveitamento do calor perdido na Central Nuclear de St. Vrain, em Denver, E.U.A., concluíram que tal calor poderia ser usado no aumento da produção agro-pecuária e cobrir assim uma elevada percentagem do consumo de uma grande cidade, com o que se obteriam vantagens substanciais tanto para os seus produtores como para a Central.

APLICAÇÃO DO CALOR PERDIDO NUMA CENTRAL DE 600 A 1200 MW (*)

Aplicação	Utilização	Quantidade aproximada do produto usando o calor perdido
Aquecimento	Vapor e água quente para usos residenciais, comerciais e industriais	Para uma cidade de 500 000 a 1 000 000 de habitantes
Produção de água doce...	A partir da água do mar De água salobra De reciclagem dos esgotos	Até: 2×10^6 m ³ /dia 2×10^6 m ³ /dia 2×10^6 m ³ /dia (cerca de 10 vezes o consumo de Lisboa)
Indústria	Electricidade e calor: * Produção de sal por evaporação... * Produtos petroquímicos... .. * Acetileno * Cloreto de polivinilo * Hidróxido de sódio * Papel Kraft	2 775 t/dia 7 000 m ³ /dia 220 t/dia 500 t/dia 16 a 5 t/dia 500 t/dia
Agricultura	Irrigação de terra árida com água destilada Estufas (aquecimento e arrefecimento) Criação de frangos (aquecimento e arrefecimento de instalações)	Até: 2×10^6 m ³ /dia (130 000 hectares) 400 hectares 400 hectares

A electricidade produzida seria, porém, apenas cerca de um terço da necessária para a região de Denver em relação à qual o estudo foi feito.

O exemplo anterior é duplamente ilustrativo: mostra os enormes benefícios que podem ser extraídos duma instalação combinada mas revela também que a partir de certa dimensão da Central essa utilização integral se torna impraticável. Tal consequência decorre essencialmente do facto de a utilização total do calor perdido ser apenas viável quando o utilizador se situa numa zona não demasiado afastada da Central. Com o aumento das potências da Central, tal aproveitamento torna-se cada vez mais difícil devido à dimensão crescente das zonas que teriam de ser consideradas.

Em Portugal, a maior instalação prevista para utilização do calor perdido num complexo industrial, como é o Barreiro, conduz a uma potência eléctrica de cerca de 70 MW. Todavia, se considerarmos um distrito do interior, como o de Castelo Branco, verifica-se que em 1975 a energia eléctrica consumida corresponde sensivelmente à produção contínua de uma Central de ~ 50 MW.

4.2. A existência de instalações combinadas não é nova, existindo inúmeros exemplos de aplicação concreta de há muitos anos. Todavia, as potências envolvidas são geralmente baixas quando comparadas com a potência de um simples Grupo duma Central Nuclear, ou mesmo (caso do nosso país) com os de uma Central Térmica Clássica como a do Carregado ou Setúbal. Tal não deveria impedir que se procurasse o máximo aproveitamento, mesmo em grandes centrais. A que primeiro ocorre é a da produção de água doce. Anote-se que no aproveitamento do Alqueiva, o qual virá a constituir o maior lago artificial da Europa Ocidental, $0,5 \times 10^9$ m³/ano serão utilizados para irrigação e $0,25 \times 10^9$ m³/ano para aproveitamentos industriais, incluindo o Complexo de Sines [15]. De acordo com o quadro anterior, a produção anual de água doce de uma instalação combinada seria de $\sim 0,7 \times 10^9$ m³/ano numa central de potência térmica de dimensão análoga à da futura Central Nuclear. A comparação deve entender-se como ilustrativa, pois uma conclusão segura apenas poderia ser estabelecida efectuando um estudo particular. Todavia, para além do interesse porventura existente numa tal realização, o exemplo é esclarecedor quanto à escala envolvida tratando-se de grandes centrais.

4.3. A outra alternativa, que logicamente se põe, é a produção descentralizada de electricidade. Neste caso, reduzindo-se as dimensões unitárias, as possibilidades de aproveitamento integral da energia aumentam substancialmente. A própria complexidade reduz-se. O aproveitamento integral aumenta obviamente o rendimento global da instalação e a desvantagem dum menor rendimento na produção de energia eléctrica que eventualmente se verificasse é largamente ultrapassado pelo rendimento global obtido. Todavia, importa assinalar que mesmo em relação à produção de electricidade, o rendimento não é necessariamente menor se forem encaradas as várias soluções técnica e economicamente viáveis. Refira-se, como exemplo, que numa Central Térmica moderna com ciclo de vapor rendimentos superiores a 40% na produção de electricidade são raros ($\sim 32\%$ numa Central Nuclear) mas que rendimentos de 45% se obtêm já com Centrais Diesel utilizando combustível semelhante ao das Centrais a fuel. Grupos diesel até aos 140 MW começaram a surgir por força da alteração introduzida no mercado pelos novos preços do combustível. O diesel recupera assim e ultrapassa largamente o espaço que há anos havia perdido com o desenvolvimento das turbinas de gás, aparecendo também no domínio até há pouco inacessível (por razões tecnológicas) das potências mais elevadas, o qual apenas era ocupado pelas

Centrais termoeléctricas com ciclo de valor de água. Os custos em capital de tais soluções são hoje competitivas numa larga faixa com as

Outras soluções

4.4. A primeira consequência de um ciclo termodinâmico de rendimento elevado — e no diesel os 40% são correntes desde há anos — é uma redução no calor perdido. No caso do diesel, o calor perdido na água de refrigeração tem ainda a característica favorável de o ser a temperatura muito mais elevada que em Centrais de vapor, o que lhe permite ser directamente utilizado no aquecimento industrial e doméstico. Um exemplo antigo de tal utilização encontra-se numa Central de Londres. Outro, recente, no aeroporto de Roissy (Charles De Gaulle) em Paris⁽⁶⁾. Há muitas mais. Um exemplo corrente em grandes motores é o do aproveitamento da energia dos gases de escape na sobre-alimentação do motor. Uma aplicação que se generaliza é o seu aproveitamento em conjugação com uma caldeira «de calor perdido».

4.5. Nos exemplos anteriores a tónica foi no aproveitamento do calor perdido numa Central cuja finalidade básica é a produção de energia eléctrica. Todavia, ainda mais frequente é a produção de energia eléctrica como subsidiária na produção de vapor de processo ou de água de aquecimento, utilizando as chamadas instalações de contrapressão. No esquema mais típico o rendimento global é superior a 80%, isto é, mais do dobro do que se verifica nas grandes Centrais Termoeléctricas, Convencionais ou Nucleares. No Reino Unido, cerca de 20% da electricidade consumida na indústria é produzida em instalações deste tipo. Nos E.U.A. economias de 30% generalizando instalações deste tipo foram estimadas [16], apesar do modo significativo como já são utilizadas.

Um dos principais obstáculos à maior disseminação de instalações deste tipo reside na dificuldade em harmonizar as necessidades instantâneas em electricidade e em vapor numa mesma instalação, sobretudo devido às limitações legais ou tarifárias impostas à emissão para a rede geral do excesso de electricidade produzida. Tal atitude limita, para além do razoável, a viabilidade de tais soluções aos casos localizados da produção de electricidade se destinar apenas ao consumo próprio. Numa política energética integrada e ao serviço da comunidade, não há muitas justificações para imposições daquele tipo, pois não só elas conduzem a desperdícios assinaláveis de energia primária como ainda a deseconomias externas.

⁽⁶⁾ Usa o calor dos gases de escape.

5. CENTRALIZAÇÃO-DESCENTRALIZAÇÃO

5.1. Os dados anteriores, apesar de sucintos, revelam que a tendência acentuada para centralizar a produção de electricidade carece de fundamento em muitos casos. Na fase dos grandes aproveitamentos hidro-eléctricos existiu (e existirá) justificação económica para grandes potências unitárias, pois só através delas se conseguiu o melhor aproveitamento da energia renovável disponível. A rentabilização de tais empreendimentos exigia o consumo da electricidade produzida, pelo que o desencorajamento legal e tarifário de aproveitamentos termo-eléctricos de fins múltiplos encontrou aí um argumento importante (todavia ele arrastou também a inviabilização dos pequenos aproveitamentos hidro-eléctricos de fins múltiplos...). A situação actual é, todavia, acentuadamente diferente, pois não só os recursos hidro-eléctricos se aproximam do seu esgotamento como ainda a irregularidade das chuvas obriga à existência de um parque termo-eléctrico que supra as flutuações. Num parque termo-eléctrico primacialmente destinado a fazer face às flutuações de pluviosidade anual ou inter-anual, os aproveitamentos de fins múltiplos encontram menos justificação pois as flutuações na produção termo-eléctrica arrastariam à flutuação das produções subsidiárias.

Num país com razoável desenvolvimento industrial, em que a totalidade da produção hidro-eléctrica é consumida, e não basta, uma produção termo-eléctrica contínua torna-se imprescindível, tendendo o papel das hidro-eléctricas e das termo-eléctricas a inverter-se. Nalgumas soluções preconiza-se que os consumos base sejam satisfeitos pela componente termo-eléctrica e/ou parcialmente pelas hidro-eléctricas, mas com predomínio destas na satisfação das pontas de consumo. Tal orientação, que assegura a regularidade do funcionamento da produção termo-eléctrica, é uma condição importante para que a produção de energia em reactores nucleares se torne viável. Efectivamente, as bruscas variações de carga num reactor nuclear são (actualmente) tecnicamente inviáveis e a sua flexibilidade é, sob este aspecto, significativamente inferior à de uma termo-eléctrica convencional de potência equivalente. Para além das limitações técnicas, a rendibilidade económica exige o maior número possível de horas de funcionamento à potência nominal, devido aos elevados encargos de capital. Deste modo, e em termos genéricos, o deslocamento da produção termonuclear para a base do diagrama de cargas e a satisfação duma fracção importante das pontas de consumo por hidro-

-eléctricas obrigará estas a subordinarem-se à produção de electricidade secundarizando o seu papel em utilização de fins múltiplos, quais sejam a rega e outros.

5.2. As observações anteriores não pretendem condenar ou, «à priori», exaltar, méritos ou deméritos de soluções até agora preconizadas ou adoptadas em Portugal. Procuram sim acentuar que o condicionalismo actual é bem diferente, não só por força do próprio desenvolvimento como também pelas imposições que decorrem do consumo de fontes não renováveis de energia. Da sua análise conjunta resulta que limitações técnico-económicas que existiram para os aproveitamentos descentralizados e de fins múltiplos se atenuaram ou desapareceram mesmo em muitos casos. Há, pois, que tê-lo em conta e que examinar atentamente, caso a caso, as novas alternativas que à comunidade se oferecem.

5.3. Não pondo sequer em dúvida o contributo da electricidade para a melhoria da qualidade de vida e reconhecidas as vantagens duma rede interligada, levanta-se naturalmente a questão de saber se tais benefícios e vantagens inequivocamente apontam para a concentração da produção e para o crescimento das potências de grandes centrais termo-eléctricas convencionais ou nucleares. Em termos de ambiente, as grandes concentrações (pelos efeitos colaterais que sempre arrastam relativamente à capacidade regenerativa da natureza quando certos valores específicos de agressão se ultrapassam) são obviamente desaconselhadas. A dispersão dos centros produtores atenua as agressões; se encaradas na óptica das utilizações de fins múltiplos, aumentando o rendimento prolonga-se a vida dos recursos não renováveis tornando simultaneamente mais fácil transformar num benefício relativo o que de outro modo seria um prejuízo.

Tecnicamente, o grau de desenvolvimento que já alcançámos viabiliza mais facilmente os fins múltiplos mesmo nos casos em que a electricidade é um subproduto. Tal resulta do facto de tal produção ser, em termos unitários, percentualmente baixa, o que permite não só uma compensação estatística entre unidades dispersas, como ainda um grau de segurança elevado pois o falhar de uma unidade pouca influência terá no conjunto. Para que a compensação múltipla seja possível, a interligação à rede geral é imprescindível. Uma rede geral interligada é, pois, factor de vantagem adicional. Todavia, é tecnicamente conhecido que o custo de tal rede depende dos fluxos de energia que tem de assegurar. Se todo o abastecimento do País tiver de ser assegurado a partir de um

número pequeno de pontos, os fluxos serão maiores e predominantemente unidireccionais. Se a rede se destina primacialmente a transferir saldos regionais ou sub-regionais de produção e consumo, os fluxos serão obviamente menores. Que assim é, mostra-o o facto de, por exemplo a nível europeu, cada país procurar satisfazer com produção própria os seus consumos sem que esse facto se invoque para não interligar as redes, através das quais se permutam os saldos. Por esse facto também, dentro de cada país, as grandes centrais termo-eléctricas tendem a situar-se no centro de gravidade dos consumos, desde que os recursos em água de refrigeração e acessos ao combustível não tornem estes factores dominantes. A aproximação das grandes centrais das grandes zonas de consumo constitui, naturalmente, um factor adicional de concentração, pois a disponibilidade de energia é componente importante para o desenvolvimento industrial. A tentativa de correcção do efeito por via tarifária tem um custo económico que não pode ser ignorado.

Se para além dos factores anteriores for tido em conta o custo monetário e em energia do transporte de energia, novas variáveis intervêm na optimização global. Efectivamente, uma rede eléctrica pode transportar apenas... energia eléctrica. Uma rede de transportes rodoviários ou ferroviários permite transportar energia sob a forma de combustível tal como permite o transporte de toda uma enorme gama de produtos... e de passageiros. Ora, a facilidade de transporte de pessoas e bens é factor indiscutível de progresso e de aumento de qualidade de vida. Economicamente, tais vias de comunicação têm tanto mais razão de ser quanto maiores os fluxos. No nosso país é sabido como tem sido difícil rendibilizar e melhorar os transportes de toda a natureza nas regiões do interior.

Outros factores haverá ainda que ter em conta ao considerar o problema no seu conjunto, nomeadamente os da energia e os da elevação do nível profissional e tecnológico nas zonas mais desfavorecidas. A descentralização da produção, tratando-se de pequenos aproveitamentos hidro-eléctricos, promove o emprego local, pelo menos temporariamente. A descentralização em termo-eléctricas de fins múltiplos cria empregos permanentes e leva à fixação local de trabalhadores mais qualificados tecnicamente. Para certos trabalhos de reparação e manutenção pode certamente recorrer-se à pequena indústria local. A própria familiarização desta com tecnologias mais avançadas é certamente factor de promoção. Recorde-se, apesar das intrínsecas limitações da analogia, que a manu-

tenção e assistência de veículos automóveis é principalmente feita ao nível regional, sem que do facto se possa inferir que ela é, presentemente, pior do que a efectuada em grandes centros.

6. CONCLUSÕES

Encarando o problema no seu conjunto, isto é, tendo em conta os encargos e as perdas de uma produção centralizada em centrais de grandes potências unitárias, poderá concluir-se que:

- a) A produção centralizada conduz a maiores encargos e piores rendimentos globais, diminuindo a viabilidade de instalações de fins múltiplos com o aumento das potências.
- b) A produção centralizada diminui a segurança global do abastecimento devido ao peso maior que representam no conjunto as potências unitárias.
- c) A produção centralizada reduz o número de empregos para o mesmo capital investido e aumenta os efeitos deletérios sobre o ambiente.

Tais conclusões, acentua-se, não têm carácter absoluto. Apenas um estudo pormenorizado permitirá encontrar o necessário equilíbrio. A determinação da melhor solução tem necessariamente de ter em conta as limitações impostas por um programa de tão grande escala. Do facto decorre que se à descentralização for dado todo o peso que lhe compete, a implementação de tal política leva anos. Por esse motivo, a instalação de grandes centrais terá de prosseguir, pela necessidade de assegurar o tempo suficiente a uma transição. Nessas centrais (por razões idênticas), a sua utilização para fins múltiplos (embora parciais), implicando uma revisão de práticas tradicionais, também é morosa. Todavia, o facto de uma mudança levar tempo não é seguramente razão para que se não encare, por isso mesmo, desde já. Encará-la, desaconselha a opção por soluções a longo prazo em que são predominantes as elevadas potências unitárias. Uma opção nuclear tem, certamente, de ser encarada nesta perspectiva.

6. A OPÇÃO NUCLEAR E A ESCASSEZ DE URÂNIO

«Examine, mesmo superficialmente, qualquer produto da tecnologia e encontrará os valores e finalidades da sociedade que ela pretende servir. A tecnologia é como o material genético — transporta com ela o código da sociedade que a concebeu. É por isso que a escolha de uma tecnologia é hoje uma decisão tão crucial para as nações em desenvolvimento. A espécie de sociedade e a espécie de desenvolvimento que elas criarão depende numa larga medida da tecnologia que escolherão para a tarefa do desenvolvimento».

Amulaya Kumar Reddy,
«Uniterra», Vol. 1, n.º 1

1. AS RESERVAS DE URÂNIO E OS REACTORES DO TIPO «BREEDER (F.B.R.)»

As reservas de urânio conhecidas mostram que a sua duração será de poucas décadas a menos que a curto prazo sejam introduzidos os Reactores a neutrões rápidos (F.B.R., ou sobrerregeneradores ou «breeders»).

Em relação aos F.B.R., Sir Brian Flowers, Reitor do Imperial College (membro «part-time» da «United Kingdom Atomic Energy Authority» e Presidente da «Royal Commission on Environmental Pollution») afirmou numa Conferência organizada pelo «Financial Times», em Londres, em 8-9 de Julho de 1976, sob o tema «Nuclear Power and the Public interest: the implications for business» [17]:

«[A Comissão sobre o Ambiente] acredita que ninguém se deve basear para algo de tão básico como a energia num processo que produz em quantidade um subproduto tão perigoso como o plutónio a menos que se esteja absolutamente convencido que não há alternativa (...). Nós não fomos convencidos pela evidência que este seja o caso (...). Devido às suas propriedades tóxicas e físséis, o plutónio constitui uma arma poderosa e sem igual para os que estejam suficientemente determinados a impor a sua vontade.

Nestas circunstâncias, não acredito que a questão seja a de se alguém deliberadamente o adquirirá para efeitos de terrorismo ou chantagem, mas apenas a de quando e com que frequência (...o farão).

Não há dúvida que [...uma instalação de demonstração] pode ser construída e operada desde que sejam conseguidos os meios e as salvaguardas necessárias de tal modo que essa instalação seja, quanto ao Ambiente, um objecto em si mesmo aceitável; enquanto tal não nos opomos. Todavia, é mais um passo de um bilião de libras numa via tecnológica que poderá revelar-se inaceitável ou mesmo catastrófica».

Na mesma conferência L. Grainger analisou a viabilidade do contributo dos F.B.R. para a produção de electricidade. Tendo em conta as limitações existentes quanto às reservas de urânio conhecidas (e estimadas) e as necessidades em plutónio para operar, tal tipo de Reactores mostra que o plutónio que pode ser obtido nos actuais Reactores de fissão, e dos próprios F.B.R., é, no entanto, muito escasso. Com a tecnologia presente, um sistema nuclear baseado inteiramente em F.B.R. seria incapaz de manter uma taxa de crescimento superior a 2%/ano [18]. Grainger afirma ainda:

«A capacidade teórica de um Reactor «Breeder» extrair 60% da energia do urânio, em contraste com cerca de 1% actualmente conseguido com Reactores Térmicos, tem sido largamente publicitada. Isto (...) tem sido mal interpretado ao inferir-se que a introdução de Breeders poderia salvar o Reino Unido das subidas no preço do urânio (...). A eficiência com que o urânio total fornecido ao sistema pode ser usado aumenta lentamente e, mesmo na melhor

hipótese considerada, não excede 5% nos primeiros cem anos (...).

Tendo em conta estas longas escalas de tempo, não surpreende que um atraso na introdução de Reactores Breeders tenha pouco efeito na sua contribuição [para o futuro]. Na verdade, a taxa inicial de construção de Breeders pode ser mais rápida devido aos grandes stocks de plutónio adquiridos [mas na melhor das hipóteses eles não chegariam a 70% da capacidade nuclear instalada daqui a 50 anos] (...).

Gostaria de acentuar que a energia nuclear (...) não será a fonte de energia barata e abundante que algumas vezes se imagina».

2. QUE FUTURO?

À parte os enormíssimos problemas de segurança que levanta, à parte as profundas implicações sociais e políticas que lhe são inerentes, uma opção nuclear só faz sentido numa perspectiva de futuro. Em termos de produção de energia, a introdução de Reactores nucleares de fissão em países que os não possuem compreende-se apenas na óptica do seu natural prolongamento pelos «Breeders». Mas o contributo dos «Breeders», mesmo introduzidos na sua máxima escala, só será sensível a longo prazo, dada a necessidade de produzir o plutónio suficiente nos Reactores nucleares usuais. Gera-se assim a paradoxal situação de o plutónio que se foi e vai acumulando, representar actualmente um dos mais difíceis problemas de resolver e de as quantidades existentes serem por sua vez insuficientes para o lançamento de significativo programa de «Breeders». Acelerar os programas nucleares existentes para que o plutónio disponível aumente, acelera o esgotamento dos recursos conhecidos de urânio. Aliás, segundo a U.K.A.E.A. [18], os programas nucleares actualmente em curso absorverão, por alturas de 1990, todas as reservas conhecidas e estimadas de urânio a preços até \$110/kg. Talvez por isso nos encontremos actualmente no ponto crítico das decisões sem retorno. Esperou-se demasiado do Nuclear, deixou-se crescer rapidamente a ilusão sem nos darmos conta que os problemas cresciam mais rapidamente que a nossa capacidade em resolvê-los.

Postos face a face com a sequência lógica dos Reactores de fissão, assiste-se em praticamente todos os países que desde cedo investiram

pesadamente no Nuclear a uma profunda e extensa reanálise das suas políticas energéticas. Os dados mostram que tal reexame não é apenas fruto de preocupações ambientais. Ele é, sobretudo, a consequência de manifestações a nível do económico e do político.

O conhecido semanário alemão **Der Spiegel**, num dos números de Janeiro de 1977, apresentava a todo o tamanho da sua capa «Energia Nuclear — a Grande Ilusão». O grande ecologista E. P. Odum, Director do Instituto de Ecologia da Universidade da Geórgia, e um dos pioneiros na análise do efeito das radiações no ecossistema, por incumbência da U.S.A.E.C., afirmou recentemente [19]:

«Fui convidado para a Primeira Conferência em Genebra dos Átomos para a Paz (1953)... O optimismo esteve muito alto em Genebra pois todos nos sentíamos excitados pela nova revolução que estava tendo lugar. O discurso de abertura foi feito pelo Director da Comissão de Energia Atómica de um país não desenvolvido (...). Os delegados dos países não desenvolvidos estavam excitadíssimos porque julgavam surgida a oportunidade de virem a ser iguais a todos os outros pois, teoricamente, a energia do átomo estaria em qualquer sítio e não poderia ser privilégio apenas dos países ricos (...). Depois da idade da energia muscular e da idade da energia dos combustíveis fósseis tinha de ser a idade da energia atómica e esta seria uma idade que duraria para sempre porque teoricamente a energia do átomo é ilimitada. Estávamos todos confiantes em que por 1970 a conversão à energia atómica estaria bastante avançada. Afinal onde é que nos enganamos?

Creio que em várias coisas (...). Falhamos no elevado custo da mudança dos combustíveis fósseis para outros tipos de energia (...). Creio, também, que o que todos nós esquecemos foi o Segundo Princípio da Termodinâmica».

7. SEGURANÇA DE OPERAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES

«Se um problema é demasiado difícil de resolver, não pode pretender-se que está resolvido invocando todos os esforços feitos para o resolver».

Hannus Alfvén, *Bulletin of the Atomic Scientists*,
Maio 1972

«A tecnologia dos reactores é extremamente complexa; o homem é falível. É impossível ter a certeza absoluta de que todas as falhas de engenharia ou erros humanos que resultam em desastre foram identificados através da análise de segurança ou que os riscos foram reduzidos pelo projecto a níveis desprezáveis. Sob este ponto de vista, uma avaliação teórica dos riscos é uma coisa, o que se consegue na prática é uma coisa bastante diferente».

Royal Commission on the Environment, 1976

«Para 30 Centrais LWR operando entre 1 de Janeiro de 1972 e 31 de Maio de 1973 verificaram-se aproximadamente 850 ocorrências anormais (...) envolvendo mau funcionamento ou deficiências associadas com equipamento ligado à segurança (...). Levantam-se sérias questões quanto às práticas correntes de revisão e inspecção tanto por parte da indústria nuclear como da AEC».

L. V. Gossick, M. L. Frust et al. (USAEC Task Force)
«Study of the Reactor Licensing Process», Report to the
Director of Regulation, Outubro 1973 (relatório original)

1. OS RISCOS DE ACIDENTE

1.1 Ninguém deseja acidentes em Centrais Nucleares. Todavia,

podendo os acidentes assumir níveis vários a atenção da opinião pública centra-se, sobretudo, nos que podem assumir aspectos catastróficos. Um acidente deste tipo seria um desastre económico, para além de ser um desastre social. Em termos económicos, tem-se procurado quantificar o risco, de tal modo que as actividades interessadas possam estabelecer uma relação custo (risco)-benefício em que basear as decisões. Em termos de probabilidade o problema é, todavia, bem diferente do que se apresenta usualmente às Companhias de Seguros. Por isso, a fixação legal de um limite superior para as indemnizações em caso de acidente tem levantado tão acesas controvérsias. A ausência total de risco é, obviamente, impossível. Mesmo que o risco pudesse ser quantificado com segurança em termos probabilísticos (e não o é), a fixação do risco admissível envolve delicados problemas devido às suas profundas repercussões sociais. Efectivamente, a redução do risco envolve encargos económicos, e se fosse levada ao nível do tecnicamente possível a produção de energia em Centrais Nucleares tornar-se-ia economicamente inviável. A utilização de outras fontes de energia também envolve riscos, mas não os de tipo catastrófico e em tão larga escala como os do Nuclear. Neste, os efeitos além de afectarem os presentes propagam-se às gerações vindouras. **O risco nuclear é, assim, para além de uma questão económica, uma questão ética.** Eliminada por muitos a questão ética, o problema reduz-se a factores económicos. **Como não existe qualquer base quantitativa segura para a avaliação dos factores económicos surge, naturalmente, a imposição legal.** Esta é, para todos os efeitos, a expressão dum risco assumido pela comunidade. **Que grau de consciência tem essa comunidade do risco que a fazem correr?**

Afirmar que a energia nuclear é segura ou que é insegura são afirmações correntes que carecem de suporte enquanto se não entender clara e objectivamente o que se entende por segurança. Definir segurança em termos de probabilidade de mortos ou doentes, presentes ou futuros, devido ao seu funcionamento normal, ou em termos de probabilidade de acidente, tem sido uma via para iludir problemas de fundo associados ao seu uso.

Como não existe actualmente possibilidade de estabelecer com segurança tais probabilidades, quando se apresentam números, estes apenas traduzem as hipóteses subjectivas que lhe estiveram subjacentes. De nada serve iludir estas questões. As tentativas que têm sido feitas, sobretudo

pela indústria nuclear, só têm agravado o problema pois à meia verdade ou ao ludríbrio descoberto corresponde inelutavelmente a suspeição. Que esta assuma depois formas exaltadas, é uma reacção que não pode deixar de considerar-se normal numa sociedade em que o cidadão não admite que o transformem em cobaia sem ao menos o consultarem e o esclarecerem sem ambiguidades.

1.2 Algumas transcrições de comissões tão idóneas e competentes como a Royal Commission on the Environment são elucidativas:

«O controle da radioactividade é fundamental para a operação segura de um reactor. Uma falha de controle, conduzindo a uma rápida subida na reactividade e portanto na temperatura do combustível, pode resultar na fusão do combustível o qual escorrerá para o fundo do reservatório do reactor (...). O combustível fundido pode atravessar o contentor por fusão havendo ainda a possibilidade deste fender devido às forças explosivas geradas pela interacção química ou térmica entre o combustível e o fluído de arrefecimento. Tal pode resultar na libertação de parte dos produtos voláteis da fissão. Nalguns tipos de reactor, a fusão pode ocorrer devido à incapacidade de remover o calor libertado pelo combustível após a paragem do reactor. Este calor é libertado pelo decaimento radioactivo dos produtos de fissão no interior do combustível; tipicamente, esse calor representa 6% do calor libertado quando o reactor se encontra a plena carga, reduzindo-se a cerca de 1% após uma hora. Deste modo, se uma falha conduzir à perda do fluído refrigerante, não basta parar simplesmente o reactor, pelo que o sistema de arrefecimento de emergência tem de ser previsto para remover esse calor. Tem havido controvérsia acerca da fiabilidade de tais sistemas em Reactores de tipo LWR (...). Os contactos que tivemos com a indústria nuclear durante o nosso estudo não nos deixaram dúvidas de que a mais diligente atenção é prestada à segurança no projecto, na construção e na operação de reactores. Todavia, é um facto da experiência diária que nem todas as eventualidades podem ser previstas mesmo quando as mais estritas precauções são tomadas. Neste contexto, um incidente usualmente citado é o do incêndio no módulo lunar que matou três astronautas

americanos em 1966 o qual ocorreu devido à inflamabilidade de materiais numa atmosfera de oxigénio pressurizado. Isto não havia sido previsto, apesar dos recursos imensos devotados à segurança do projecto. Um incidente mais directamente relevante ocorreu em 1975 na Central Nuclear de Brown's Ferry, nos E.U.A., devido ao incêndio nos cabos eléctricos por baixo da sala de comando. O incêndio foi provocado pela chama de uma vela utilizada por um trabalhador na detecção de fugas de ar através dos orifícios de passagem de cabos. O sistema de arrefecimento de emergência de um dos reactores ficou desactivado e consequências muito sérias só por um triz foram evitadas. O risco de incêndio nos cabos já tinha sido verificado e para ele tinha sido chamada a atenção dos responsáveis, mas nenhuma medida fora tomada. O risco de incêndio, fosse qual fosse a causa, devia ter sido considerado durante o projecto, e será sem dúvida tido em conta no futuro, mas a questão permanece de quais os riscos ainda não tidos em conta que podem existir. É óbvio, certamente, que os perigos inesperados não são, necessariamente, apenas os mais pequenos».

Por outro lado, às exigências postas pela segurança não é indiferente o tipo de país ou sociedade em que as Centrais se instalam. É ainda a mesma Comissão que afirma:

«[Acidentes devastadores] é mais natural que ocorram em países menos desenvolvidos, com uma menor infra-estrutura tecnológica ou tradição (...). Este é um aspecto que não deve esquecer-se ao considerar uma estratégia nuclear».

A indústria nuclear britânica é conhecida pelo seu meticoloso cuidado com os aspectos de segurança. Talvez por isso não seja competitiva. Os seus reactores correspondem, tal como em muitos pontos os canadianos, a concepções intrinsecamente mais seguras que as adoptadas por exemplo nos E.U.A., cujos reactores LWR equipam hoje a esmagadora maioria das Centrais em funcionamento ou projectadas⁽¹⁾.

(1) Na origem deste tipo de reactores está a construção de submarinos nucleares. Tal facto influenciou a sua concepção. A investigação e desenvolvimento feita para esta finalidade foi naturalmente transposta para as utilizações civis. Tal facto representou uma considerável vantagem económica para o complexo militar-industrial.

Foi para os reactores LWR que a USAEC encomendou ao Prof. Rasmussen o projecto de 3 milhões de dólares «An assesment of risks in U.S. Commercial Nuclear Power plants». É a este estudo e aos números que apresenta que se refere a citação de W. H. Lawrence, da Universidade de Harvard⁽²⁾:

«Qualquer avaliação de um problema tecnológico tão excessivamente complexo como o risco nuclear exige a introdução de inúmeras hipóteses e envolve métodos analíticos cuja própria natureza deve em si mesma ser posta em causa».

O trabalho do Prof. Rasmussen e da sua equipa constitui, sem dúvida, um exemplo significativo de análise e segurança de sistemas complexos quanto a eventualidade de falhas. Todavia, entre uma análise conceptual e a realidade que pretende exprimir vai uma considerável distância, tanto maior quanto é certo não ter a fundamentá-la suporte experimental objectivo. Como tal, o abuso feito de certos números que produzem quanto à probabilidade de acidente podem gerar uma dramática inconsciência. Efectivamente, atribuir ao que se desconhece uma lei de probabilidade porque tal lei é necessária para que os números possam emergir. Admitir à priori certa combinação de acontecimentos apenas porque probabilisticamente mais plausíveis mesmo no pressuposto de que as leis arbitradas para as probabilidades parciais estão correctas, é certamente susceptível de revelar possíveis sequências críticas. Todavia, partir de um palpite e atribuir-lhe um número; usar tal número num modelo computacional sofisticado e concluir que, por ser sofisticado, o resultado é bom, não suporta sequer a crítica de um bom senso minimamente esclarecido. O relatório do Professor Rasmussen tem sido larga e fundamentadamente contestado e uma pormenorizada discussão só poderia fazer-se discutindo-o ponto a ponto. A maioria dos seus apologeticos defensores usam apenas a versão resumida para com os números finais fundamentarem ilações. O uso comercial assim feito, e a que o relatório se presta, só pode vir a desacreditar uma forma promissora de analisar situações complexas fornecendo para tal uma metodologia exigente. Todavia, o que parece nem todos desejarem ver é que a qualidade das respostas depende da qualidade dos dados e da validade das hipóteses arbitradas. Certas críticas, como a da Union of Concerned Scientists, feitas sobre um relatório preliminar,

⁽²⁾ W. H. Lawrence, *Of Acceptable Risk — Science and the Determination of Safety*, Los Altos, 1976.

e apesar disso não cobrindo todos os aspectos, foram tidas facilmente em conta na versão final. Efectivamente, multiplicar por dez ou cem o número de cancros eventualmente produzidos é, em si mesmo, pouco mais do que um exercício numérico com dados mais refinados. De facto, as alterações resultantes de as pessoas estarem ou não em casa quando se verifica o acidente, ser a área mais ou menos povoada, soprar o vento numa ou noutra direcção, pode ser um exercício esclarecedor, mas cuja relevância é sem proporção com as dimensões mesmas do problema. Aliás, as críticas conhecidas são elas mesmas vítimas da armadilha base que se encontra nos pressupostos em que o relatório se apoia: a definição do acidente mais grave. Ora o acidente mais grave que o relatório admite não é o mais grave possível! Sem entrar em exaustivas discussões técnicas, poderá afirmar-se que **o acidente mais grave admitido no Relatório Rassmussen é um acidente tal que os seus efeitos já sejam catastróficos, mas não suficientemente grave para que a indústria nuclear seja definitivamente posta em causa.**

O modo como se consegue este efeito consiste, simplesmente, em fixar a percentagem máxima de emissões radioactivas em caso de acidente! As percentagens fixadas são basicamente arbitrárias. Conseguindo iludir este ponto, o relatório transforma-se num exercício abstracto em que poderão exercitar-se talentos científicos em intermináveis e herméticas discussões à margem da questão fundamental.

2. OS RISCOS EM OPERAÇÃO NORMAL

Os trabalhos do I.C.R.P. são universalmente aceites e respeitados quanto aos efeitos das radiações. Todavia, como em todos os trabalhos desta natureza, é demasiado frequente a utilização de números de que se não domina (ou se não pretende evidenciar) a base subjacente. Os trabalhos do I.C.R.P. e as normas deles resultantes têm permanentemente evoluído no sentido de reduzir as doses admissíveis de radiações. Por outro lado, a unidade actualmente utilizada (o rem) envolve factores qualitativos e as normas foram progressivamente identificando a dose máxima admissível para os órgãos críticos. Porém, sem pôr em causa a validade de tais doses, no estrito sentido em que se aplicam, existe de modo bem mais importante o problema do cálculo ou da estimativa das doses recebidas. A transcrição feita anteriormente de um manual editado pela USAEC é esclarecedora, como esclarecedora é também a conclusão a que chegaram

R. J. Budnitz, do Lawrence Berkeley Laboratory e J. P. Holdren, do Energy and Resources Group, da Universidade da Califórnia, acerca do resultado que se obtém ao calcular as doses do Iodo-131 no ar, quando se considera ou não o leite ingerido:

«A dose é aumentada por um factor de (10.000 a 20.000)/15, ou seja, um factor da ordem de 1.000 quando a cadeia [alimentar] envolvendo o leite é ou não considerada».

Acrescente-se que em ambos os casos se parte duma concentração admissível, segundo o I.C.R.P., para o Iodo-131 no ar, e que o resultado final respeita ou não a dose máxima admissível consoante se considera ou não a cadeia alimentar!

8. O PROBLEMA DOS RESÍDUOS RADIOACTIVOS E DA PROLIFERAÇÃO DE ARMAS NUCLEARES

«Parece termos feito um negócio de Fausto. Foi-nos dado o fogo nuclear — cujas dimensões eu apenas via obscuramente 18 anos atrás — como meio de produzir energia muito limpa e, com os «breeders», inesgotável. O preço que temos de pagar por esta generosa dádiva é uma vigilância que sob muitos aspectos transcende o que alguma vez tivemos de fazer: vigilância e cuidado na operação destes instrumentos; criação e continuação até à eternidade de militantes e sacerdotes que compreendam os sistemas nucleares e que estejam preparados para guardar os resíduos. Para aqueles de nós cuja actividade é fornecer energia aqui e agora, especulações acerca de 100.000 sacerdotes-ano devem parecer irrealis ou sobrenaturais (...). Mas a necessidade de preocupação imediata com a operação inteligente, atenta e responsável de Centrais Nucleares, não é teórica nem remota: é uma pesada responsabilidade que cada um (...) deve assumir».

Dr. Alvin Weinberg. «Nuclear Energy — 18 Years After», discurso à American Public Power Assoc., San Francisco, 27 Junho 1972(*)

«A energia nuclear sintetiza o dilema de benefícios potenciais infinitos com riscos infinitos para a comunidade em globo».

Facing up to Nuclear Power, The Saint Andrew Press, 1976. Resumo do programa de estudos e das discussões patrocinadas pelo Conselho Mundial das Igrejas e organizado pela Igreja da Escócia.

(*) O Dr. Alvin Weinberg foi um dos pioneiros da Tecnologia Nuclear e Director do Laboratório Nacional de Oak Ridge, da Comissão de Energia Atómica dos E.U.A.. É um dos mais conhecidos defensores da energia nuclear.

«Não devemos comprometer-nos num grande programa de fissão nuclear, enquanto não for demonstrado, para além de dúvidas razoáveis, que existe um método capaz de assegurar a contenção segura durante um futuro indefinido dos resíduos altamente radioactivos e de longa vida».

Recomendação 27, Royal Commission on Environmental Pollution, Sixth Report, Setembro 1976

1. ALGUMAS OBSERVAÇÕES

O problema da contenção dos resíduos radioactivos é daqueles em que maior unanimidade existe acerca da dificuldade numa solução aceitável. Produtos altamente radioactivos têm sido e continuam sendo produzidos. Falhas técnicas têm sido encontradas, sendo largamente conhecidos os casos de Hanford, nos E.U.A.. No final de 1976, no Reino Unido, o Ministro da Energia reconheceu publicamente ter havido fugas de produtos de reservatórios, e que as entidades responsáveis não o haviam informado. A importância de tais fugas não terá sido, em si mesma, importante. Mais significativo terá sido o modo como os casos foram tratados.

Tecnicamente, a dimensão do problema decorre da sua escala no tempo: alguns produtos radioactivos gerados no funcionamento de Centrais necessitam de ser impedidos de se dispersar no ambiente durante dezenas de milhar de anos. Propor uma solução e assegurar que após 20.000 ou 100.000 anos os contentores permanecem intactos é algo que ultrapassa as garantias mais optimistas que a ciência e a tecnologia actuais podem fornecer. Todavia, mesmo que a fornecessem, permaneceria de pé a questão de saber se alguma estrutura social possui a estabilidade bastante para assegurar que tais produtos não venham a ser instrumentos letais de destruição no futuro.

É um facto que os arsenais existentes de armas nucleares constituem riscos potenciais equivalentes, pelo que há quem defenda que o problema posto pela utilização de Centrais Nucleares não devia ser encarado no modo preocupante como o tem sido. Todavia, o problema não assume, certamente, tal simplicidade. Por um lado, muitos rejeitarão

a ideia de submeter uma actividade civil tão extensa e vital como é a produção de energia a um controle e vigilância militares do tipo utilizado com os armamentos nucleares. Por outro, a expansão crescente do número de Centrais e de pessoas envolvidas tornaria impossível tal protecção, apesar da militarização progressiva das instituições a que tal inevitavelmente conduziria. Numa sociedade em que não existissem tensões sociais e em que se praticasse o ideal fraterno e igualitário que a maioria dos sistemas políticos preconiza, não haveria talvez lugar para tais preocupações. Sabemos, porém, quão longe estamos de alcançar tal estágio de civilização, pelo que os que se preocupam com o futuro e com as gerações vindouras não poderão deixar de preocupadamente se debruçar sobre o assunto.

Uma Central Nuclear de 1000 MW produz anualmente plutónio suficiente para fabricar mais de 20 bombas atómicas de potência semelhante às utilizadas sobre Hiroshima e Nagasaki. Tal plutónio não se encontra em forma de ser imediatamente utilizado, mas as dificuldades tecnológicas a vencer para o conseguir não são demasiadas e encontram-se cada vez mais ao alcance de maior número de países. Os acordos internacionais, em que se prevêm as medidas a seguir para evitar a diversão de produtos físseis para fins não pacíficos, são insuficientes para impedir que tal aconteça sobretudo se ao nível de um país houver a intenção de possuir armamento nuclear. As sanções previstas nos acordos internacionais para os prevaricadores são fundamentalmente simbólicas e os próprios países que assinaram o tratado de não proliferação de armas nucleares podem denunciar o acordo em curto prazo invocando cláusulas do próprio tratado.

Com a proliferação de Centrais, o problema ganha uma dimensão totalmente nova, pelo que as implicações sociais crescem correlativamente. Com as quantidades envolvidas de produtos físseis, os simples erros inerentes à sua contabilidade — uma percentagem para perdas é inelutável — permite que sejam subtraídos ao controle quantidades crescentes. A tentação de instituir um sistema de vigilância e fiscalização total, será grande. Nada permite garantir que esse corpo de «sacerdotes», como lhes chamava Weinberg, se não transforme em algo de bem diferente: num santo ofício actualizado!

De nada serve iludir os problemas. Não adianta postular que vivemos ou que caminhamos a passos largos para uma sociedade perfeita. Se o desejamos, parece talvez mais prudente não multiplicar as tentações nem os meios que facilitem objectivos opostos. Recordando afirmações de Sir Brian Flowers, Reitor do Imperial College:

«Devido às suas propriedades tóxicas e físséis o plutônio constitui uma arma poderosa e sem igual para os que estejam suficientemente determinados a impôr a sua vontade. Nestas circunstâncias, não acredito que a questão seja a de se alguém deliberadamente a adquirirá para efeitos de terrorismo ou chantagem, mas apenas a de quando e com que frequência».

9. OPÇÃO NUCLEAR: OPÇÃO IRREVERSÍVEL POR UM TIPO DE SOCIEDADE

«A religião da economia promove a idolatria da mudança rápida esquecendo o truismo elementar de que uma mudança que não é uma melhoria indiscutível é uma bênção duvidosa. O encargo de o provar é imposto aos que adoptam o «ponto de vista ecológico»: a menos que *eles* possam demonstrar danos acentuados no homem, a mudança prosseguirá. O senso comum, pelo contrário, sugere que o encargo da prova deve competir *àquele* que deseja introduzir uma mudança; *ele* tem de demonstrar que *não pode* haver consequências destruidoras. Mas isto levaria muito tempo e não seria económico. Por isso, a Ecologia devia ser uma disciplina obrigatória para todos: economistas, profissionais, leigos. Tal ajudaria, pelo menos, a restaurar um pouco do equilíbrio».

E. F. Shumacher,

The Des Voeux Memoria Lecture: «Clean Air and Future Energy — Economics and Conservation». National Society for Clean Air, Londres, 1967.

«Uma Ecosfera desenvolvida durante milhões de anos deve ser considerada como possuindo algum mérito. Qualquer coisa tão complicada como um planeta habitado por mais de um milhão e meio de espécies de animais e plantas, todos eles vivendo em conjunto num equilíbrio mais ou menos harmonioso no qual continuamente utilizam e reutilizam as mesmas moléculas de solo e ar, não pode ser melhorado por remendões sem finalidade e sem informação. Todas as alterações num mecanismo complexo envolvem risco e só devem ser empreendidas após um estudo cuidadoso de todos os factos disponíveis».

Ralph e Mildred Buchsbaum,
Basic Ecology, 1957

«Os dados existentes são insuficientes para estabelecer uma base segura de avaliação dos efeitos da radiação para todos os tipos e níveis de irradiação».

Memorandum do Federal Radiation Council ao Presidente dos E.U.A., citado por L. Rogers, Director of Regulatory Standards, U.S. Atomic Energy Commission in Proceedings of a Conference on Environmental Impact of Nuclear Power Plants», Georgia Institute of Technology, 1974

1. FORMAS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Pode inferir-se dos conhecimentos existentes (acerca das reservas e de tecnologia) que os combustíveis nucleares se esgotarão primeiro que os fósseis (carvão, petróleo...). A utilização de uns e outros provoca agressões ambientais, muito embora os poluentes com origem na utilização dos combustíveis fósseis façam parte dos ciclos biogeoquímicos naturais. Produtos radioactivos com origem em reactores nucleares permanecem durante milénios com perigosidade mortal. Impedir durante milénios a sua entrada no ambiente tem de ser assegurado. Existem ainda, além daqueles, outros produtos radioactivos que são descarregados no ambiente em condições normais de funcionamento. Em termos de perigosidade ambiental é habitual considerar os efeitos do funcionamento normal de centrais nucleares e do funcionamento normal de centrais convencionais. Os efeitos deletérios de ambas têm sido analisados. As consequências em caso de acidente grave são, todavia, acentuadamente diferentes. Quantificações de efeitos em termos probabilísticos tendem a ser controversas, como é habitual nas circunstâncias em que os juízos de valor carecem de exaustivo suporte objectivo ou em que não se explicitam claramente as hipóteses admitidas.

Sem especulação acerca das reservas em fontes não renováveis de energia que virão ou não a surgir, parece indiscutível que a via do futuro, tanto sob o aspecto de energia como do ambiente, se encontra nas formas renováveis de energia: sol, vento, ondas, marés, biogás, etc. para além dos já tradicionais aproveitamentos hidroeléctricos. Estas formas, tal como a geotermia, não foram aprofundadas nesta exposição apenas porque a opção presente se insere na perspectiva do curto e médio prazo.

No curto prazo, com excepção das hidroeléctricas, o contributo das outras formas renováveis de energia **para a produção de electricidade em larga escala** não poderá ser muito significativo. Por isso, neste trabalho

se pôs a tónica no melhor aproveitamento dos recursos fósseis existentes pois a sua utilização continuará imprescindível durante longos anos. Esses anos serão os da mudança para novas estratégias e para as fontes renováveis de energia. As fontes renováveis são também, tipicamente, formas de energia não concentrada.

O aproveitamento óptimo dos combustíveis fósseis, e a descentralização, facilita a mudança. A opção nuclear, sendo também uma opção de médio prazo, não se apresenta hoje, devido ao progresso verificado no conhecimento científico, como aquela opção indiscutível que há uns anos se pensava vir a resolver definitivamente o problema do abastecimento energético. Pelo contrário, a utilização da energia nuclear surge no presente e em todos os países como tema de acesa controvérsia. Para quem não optou no passado pelo nuclear, parece mais adequado aprofundar as alternativas do que absorver recursos humanos e financeiros numa via pejada de riscos e incertezas. Recursos que, pela sua escassez, devem ser utilizados onde melhor se preserve a capacidade de construir uma Sociedade mais justa.

2. OPÇÃO NUCLEAR

A atitude de bom senso que se perfilha fundamenta-se em conhecimento objectivo que, para as circunstâncias peculiares do nosso país, é incompleto. Se a alternativa que restasse fosse apenas ou Nuclear ou bloqueio (ou retrocesso) no sentido da melhor qualidade de vida, seria inadmissível pô-la em dúvida, como inadmissível seria a um Governo não tornar claramente conscientes os cidadãos para os riscos inerentes à alternativa. Todavia, não se afigura que a situação tenha atingido o dramatismo de tal simplicidade. Aliás, o contributo significativo do Nuclear só surgiria daqui a 15 ~ 20 anos. Se, como por vezes sucede noutros domínios, se procurasse descortinar o futuro extrapolando o passado recente, concluiríamos que relativamente às vantagens do nuclear tal perspectiva se deteriorou acentuadamente nos últimos anos. Não optar pelo Nuclear não se apresenta como um bloqueio. Em termos globais surge, bem mais claramente, como uma alternativa irreversível.

A muito longo prazo e «à priori» a opção nuclear não se condena nem se aprova, mas considera-se que existe uma tão larga margem de incerteza que o senso comum, reforçando uma perspectiva de Ambiente, a desaconselha como às decisões que apontam para vias de não retorno.

Tal como a «Royal Commission on Environmental Pollution», no 6.º relatório publicado em Setembro de 1976, e referente à Energia Nuclear, perfilha-se a citação do Prémio Nobel da Física em 1971:

«Se um problema é demasiado difícil de resolver, não pode pretender-se que será resolvido invocando todos os esforços feitos para o resolver».

Hannes Alfvén,

Bulletin of the Atomic Scientists, Maio 1972

3. CONCLUSÃO

Pelos recursos que mobilizaria, pela hiperconcentração que iria acentuar, pelo desperdício que provoca, pelas medidas institucionais a que arrastariam as medidas de segurança, uma opção nuclear em Portugal teria um impacto que largamente transcende particularidades tecnológicas ou reflexos económicos e financeiros. Impacto sem proporção com o contributo que eventualmente traria à solução dos problemas energéticos. Efectivamente, a energia nuclear é apenas utilizável na produção de electricidade. E a electricidade não representa em Portugal, como em nenhum país desenvolvido, mais do que 20 a 25% das necessidades globais em energia. Pretender suprir todas as necessidades em energia através da energia eléctrica é económica e industrialmente inviável. O reconhecimento deste facto exige que se não discuta o problema de uma opção nuclear fora do contexto duma política energética e esta fora da perspectiva das suas implicações no tipo de sociedade que inelutavelmente molda.

Uma opção nuclear é por isso mais do que um problema científico, do que um problema tecnológico, do que um problema económico-financeiro. Uma opção nuclear em Portugal é uma opção irreversível por um tipo de sociedade em frontal contradição com o que se esboça no programa do I Governo Constitucional no capítulo do ambiente, do qual consta:

«Os países em vias de desenvolvimento, como Portugal, ao procurarem caminhar para um maior nível de bem-estar, devem recorrer principalmente ao trabalho e ao conhecimento de modo a aplicar da melhor forma os factores ecológicos

que o ambiente põe ao seu dispor. Devem, nomeadamente, nesta linha de preocupações: proceder a uma utilização intensiva de mão-de-obra; promover obras de fomento de pequeno porte e dispersas por todo o território, orientar a indústria ligeira para a agricultura, com o recurso a uma tecnologia de ponta que saiba utilizar eficientemente as nossas disponibilidades (...). Tudo isto, segundo uma política democrática que atenuar, até a eliminar, a separação injusta entre o homem do litoral e do interior».

É da aplicação da Ciência que surgirá a melhoria crescente da qualidade de vida, se a Ciência e a tecnologia forem orientadas para essa revolução. A qualidade de vida degradar-se-á continuamente se as capacidades de inovação científica e tecnológica se orientarem para a satisfação de consumos artificialmente gerados, por muito que tais consumos ajudem ao crescimento do P.N.B., e por muito que tais consumos engendrem outros para corrigir os seus efeitos deletérios.

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

- [1] J. J. Delgado Domingos, «A Crise do Ambiente», *Técnica* n.º 417, Novembro 1972.
- [2] Kenneth E. Boulding, *Economics as a Science*, Mc Graw-Hill, 1970.
- [3] H. Brown, *Energy in our Future*, Energy Reviews, 1976.
- [4] Royal Commission on Environmental Pollution, Sixth Report, Nuclear Power and the Environment, H.M.S.O., Londres, 1976.
- [5] Direcção-Geral dos Combustíveis, Informação Petróleo n.º 19/1976.
- [6] J. J. Delgado Domingos, Recursos Naturais, Economia e Sociedade, *Técnica* n.º 437, Dezembro 1976.
- [7] A. Makhigani, A. Pole, *Energy and Agriculture in the Third World (A Report to the Energy Policy Project of the Ford Foundation)*, Ballinger pub., 1975
- [8] G. Leach, *Energy and Food Production*, I.P.C. Press, 1976.
- [9] H. C. Hottel, J. B. Howard, *New Energy Technology*, M.I.T. Press, 1971.
- [10] E. C. Williams, *Energy Policy and Planning — A General View*, Conf. on Energy Transfer in the U.K. and its Relation to E.E.C. Policy, 1973.
- [11] G. R. Hill, *Chemtech*, 1972.
- [12] I. G. C. Dryden (General Editor), *The Efficient Use of Energy*, I.P.C. Press, Londres, 1975.

- [13] S. E. Beall, *Agricultural and Urban Uses of Low Temperature Heat*, Oak Ridge National Laboratory, v. [14].
- [14] S. P. Mathur, S. P. Ronal (Ed.), *Conference on Beneficial Uses of Thermal Discharges*, Setembro 17-18, 1970, New York State Dept. of Environmental Conservation.
- [15] United Nations Water Conference, *Portugal: National Report*, 1976.
- [16] *A Time to Choose* (America's Energy Future, Energy Policy Project of the Ford Foundation), Ballinger Pub., 1974.
- [17] W. C. Patterson, *Energy Policy*, n.º 4, 1976.
- [18] L. Grainger, *Energy Policy*, n.º 4, 1976.
- [19] E. P. Odum, *The Ecosystem Approach*, Proc. Conf. on Environmental Impact of Nuclear Power Plants, School of Nuclear Engineering, Georgia Institute of Technology, 1974.
- [20] M. Clark, *Energy for Survival (The Alternative to Extinction)*, Anchor Press, 1975.
- [21] L. C. Ruedisili, M. W. Firebaugh (Ed.), *Perspectives on Energy*, Oxford University Press, 1975.
- [22] A. B. Lovins, *Nuclear Power (Technical Bases for Ethical Concern)*, Earth Resources Research Ltd., 1975.
- [23] «Energie Nucleaire, un Choix Sage?», *La Revue Nouvelle*, Numero Special, Setembro 1976.
- [24] «Progress in Nuclear Energy» (*Proceedings of the European Conference*, Paris 21-25 April 1975), Pergamon Press, 1976.
- [25] E. F. Schumacher, *Small is Beautiful (A Study of Economics as if People Mattered)*, Abacus, 1976.
- [26] W. C. Patterson, *Nuclear Power*, Penguin Books, 1976.
- [27] A. B. Lovins, *World Energy Strategies (Facts, Issues and Options)*, Friends of the Earth International, 1975.
- [28] P. Chapman, *Fuel's Paradise (Energy Options for Britain)*, Penguin Books, 1975.
- [29] W. W. Lowrance, *Of Acceptable Risk (Science and the Determination of Safety)*, Williams Kaufman Inc., 1976.
- [30] J. J. Delgado Domingos, «Alternativas Energéticas», *Técnica* n.º 437, Dezembro 1976.
- [31] *Future Energy Production, Heat and Mass Transfer Problems*, International Centre for Heat and Mass Transfer, 1975.
- [32] F. L. Parker, P. A. Kreukel, *Physical and Engineering Aspects of Thermal Pollution*, Betterworths, 1970.
- [33] D. A. Vries, N. H. Afgan, *Heat and Mass Transfer in the Biosphere*, Scripta Book Comp., 1975.
- [34] J. J. Delgado Domingos, «Aproveitamento da Energia Solar em Portugal», *Técnica* n.º 437, Dezembro 1976.
- [35] *L'Electronucleaire en France*, Seuil, 1975.

- [36] L. Grainger, «Coal into the Twenty First Century», *Journal of the Institute of Fuel*, p. 66, 1975.
- [37] G. Hopkins Daniel, «Energy and Land Policies», *Journal of the Institute of Fuel*, p. 115, 1976.
- [38] K. L. Lavrenko, L. A. Melent'ev, *Principal Scientific Problems in Power Engineering*, Teploenergetika, 1975.
- [39] B. Di Crescenzo, *Crise de Energia ou Crise Política?*, Editorial Estampa, Lisboa, 1974.
- [40] François Perroux, *A Independência da Nação*, Iniciativas Editoriais, Lisboa, 1977.
- [41] P. Duvigneaud, *La Synthèse Ecologique*, Ed. Doin, Paris, 1974.
- [42] R. Margalef, *Ecologia*, Ediciones Omega, Barcelona, 1974.
- [43] J. A. Schetz (Ed.), *Thermal Pollution Analysis*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1975.

