

Uma preocupação: A ECONOMIA DO URÂNIO

no 25.º aniversário do arranque do
primeiro reactor nuclear (2/XII/1942)

CDU 669.862.003

ARMANDO GIBERT

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

Será porventura oportuno trazer a lume um problema básico da energia nuclear que tem sido pouco ventilado entre nós. É o que se poderá designar por «economia do urânio». Com efeito, encontram-se hoje ultrapassados os tempos heróicos das querelas inúteis em torno do interesse da energia nuclear como elemento altamente competitivo no conjunto das fontes de produção de electricidade e calor. Para o confirmar bastará citar o facto de, em 1966, cerca de 60% de todas as grandes centrais encomendadas, ou seja perto de 10 000 MW, serem nucleares, número sensivelmente igual ao da totalidade de centrais nucleares em funcionamento em todo o mundo no final de 1966! (vidé Bibliog.: S. SIEGEL).

Aquele interesse é ponto assente e incontroverso e, daí, o destaque que ele próprio confere às reservas de urânio no mundo.

A utilização destas — e aí é que está o «problema» — apresenta-se de um modo muito distinto daquele que caracteriza geralmente a das reservas de combustíveis convencionais. Efectivamente estes só encontram uso na própria destruição e isto sem qualquer alternativa, ao passo que, como vamos tentar explicar em poucas palavras, o caso do urânio é apreciavelmente diferente.

Na realidade, não é apenas nos reactores nucleares correntes — reactores térmicos da 1ª geração — que o urânio pode ser cindido para produzir energia. Existem outros dois tipos de reactores — os conversores, também térmicos e os reprodutores ou «breeders» () — em que a «destruição» do urânio para lhe sacar a energia é acompanhada da produção de um outro elemento (), designadamente o plutónio 239, Pu_{239} , em quantidade podendo exceder até, do ponto de vista energético, o urânio consumido na sua produção.

É claro que a condição básica a que deve obedecer um reactor para que seja possível formar-se nele pelo menos um átomo cindível *novo* (da mesma natureza) por cada átomo cindido («ou queimado») é que seja superior a dois o número mínimo⁽³⁾ de neutrões liberados em cada cisão, visto que um é necessário para a manutenção da reacção em cadeia e outro será destinado à formação do novo átomo cindível a partir de um átomo fértil ($U_{238} + n \rightarrow Pu_{239}$).

Ora esta maravilhosa propriedade, com a conveniente margem de segurança, só se encontra no Pu_{239} quando é bombardeado por neutrões de alta energia (neutrões rápidos)⁽⁴⁾. Em reactores com um tal combustível rodeado de urânio natural, a quantidade de material cindível formado (Pu_{239} a partir de U_{238} — quase todo o urânio natural) excede a quantidade do material cindível consumido (Pu_{239} cindido), sendo de assinalar que, em consequência, ao fim de um certo tempo — o tempo de duplicação — o material cindível criado existe em quantidade dupla da do material cindível que lhe deu origem. Serão estes os reactores reprodutores do futuro, com base no urânio.

Como é óbvio eles exigem que se «fabrique» Pu_{239} em quantidade suficiente para o seu funcionamento e que se disponha

(1) Os «breeders» que utilizam como combustível o U_{233} e como elemento fértil o Tório, também são térmicos.

(2) Como se sabe o mesmo também sucede nos reactores térmicos da 1ª geração, mas apenas como consequência da presença de U_{238} e de um modo acessório.

(3) Outros neutrões terão de ser produzidos, em virtude do seu consumo em fenómenos que não podemos referir aqui.

(4) O U_{233} tem propriedade idêntica, mas o elemento intermédio é o Tório ($Th_{232} + n \rightarrow U_{233}$).

cumulativamente de U natural (para que este seja convertido em mais Pu_{239} à medida que o inicial se vai consumindo).

Sucede porém: que presentemente só os reactores térmicos da 1ª geração se encontram industrializados, aptos a funcionar e funcionando, e é claro que sem a experiência neles colhida não será fácil fazer avançar os conceitos dos outros dois tipos — conversores e reprodutores.

O problema dificulta-se com o dilema posto pela existência destes dois tipos, em virtude de ser muito diferente a referida «economia do urânio», num e noutro caso, e haver dúvidas sobre a viabilidade material de tentar seguir mais de uma das vias abertas por aquelas duas possibilidades, isoladas ou conjuntamente.

Deste modo, como fazer a escolha? E com que rapidez se deve avançar a introdução industrial dos reactores reprodutores?

E aqui dividem-se as opiniões, havendo-as abalizadas, como é de praxe, a favor de soluções bastante opostas (*).

A complexidade destes problemas é evidente e tentar contorná-la seria ilusório mas talvez possamos esboçar aqui o seu fundamento quantitativo.

Como é bem sabido, nos reactores térmicos usa-se urânio natural ou ligeiramente enriquecido em U_{235} , digamos com 2% de U_{235} e 98% de U_{238} .

Naqueles reactores passa-se o seguinte: os neutrões vão cindir o U_{235} (ou seja, apenas uma pequena fracção da massa total do urânio imobilizado no reactor) e vão transformar o U_{238} (parte dele apenas, é claro) em plutónio, Pu_{239} .

A cisão do U_{235} é a fonte do calor, por seu turno gerador de electricidade; a produção de plutónio Pu_{239} , a partir — repare-se — da parte «inerte» do urânio, a partir do U_{238} , tem um extraordinário interesse por ser o Pu_{239} um material susceptível de produzir energia, exactamente como o U_{235} , como já notámos.

Mas, na verdade, dificilmente se pode aproveitar por este processo mais do que 0,6% da energia contida no urânio.

Com os reactores reprodutores pode aproveitar-se, digamos, uma energia 100 vezes maior (vidé Bibliografia).

Imaginemos agora que chegou o «momento» de estarem perfeitamente «au point» os mais avançados reactores («breeders») que somos presentemente capazes de conceber, os quais se caracterizam essencialmente por o seu chamado «tempo de duplicação» ser de sete anos (previstos para cerca de 1990 — vidé referência bibliog.: NEEF e JONES).

Se nos recordarmos, neste momento, que é também de sete anos o tempo de duplicação previsível para o consumo da electricidade, em média, nos próximos 100 anos, logo compreendemos que naquele «momento», é absolutamente essencial que existam o plutónio e o urânio necessários ao pleno funcionamento durante 7 anos, de todos os reactores reprodutores, arrancando no referido «momento», pois que, ao fim daqueles 7 anos já haverá material nuclear

suficiente para uma produção *dupla* e assim sucessivamente ou seja, nunca mais deixará de ser possível alimentar os reactores nucleares necessários até quase total consumo de todo o urânio existente no mundo, o que significa mais de mil anos de abastecimento garantido.

Mas, se, ao invés, chegado o tal «momento» já se tiver gasto em experiências ou em consumos pouco rendosos parte essencial do urânio 235 disponível, então nunca mais se atingirá porventura o equilíbrio desejável.

Pode contudo discutir-se — e é certo que isso é feito, designadamente na Europa e no Canadá, em oposição aos Estados Unidos — o carácter único da via dos «breeders» pelo que diz respeito à multiplicação «artificial» das reservas de urânio.

Por exemplo pode avançar-se o argumento que certos reactores conversores (em particular os reactores de água pesada) podem extrair três vezes mais energia do urânio do que os reactores térmicos da 1ª geração. Em consequência o urânio utilizável pode ser três vezes mais caro e isso permite considerar as reservas disponíveis de urânio multiplicadas por um factor 30. Estes dois factos, tomados cumulativamente, correspondem a multiplicar por um factor 100 a energia contida no urânio economicamente ao nosso alcance, isto é, a atingir um objectivo idêntico ao que se adiantou como argumento decisivo a favor da via dos «breeders».

Parece-nos não deve contudo deixar de observar-se que, por muito perfeitos que possam ser quaisquer outros métodos, a via dos «breeders» encerra tais virtudes que é difícil pô-la de lado e que todas as vantagens que se descubram para outras vias podem ter nela a sua repercussão positiva.

Não será mais razoável pensar que é numa inteligente coordenação de programas, de reactores de água pesada, por um lado, e de «breeders» por outro lado, que deve estar a solução mais vantajosa para o conjunto da humanidade, ainda que talvez não para certos grupos de interesses nacionais?

São estas, muito esquemática e imperfeitamente descritas, as circunstâncias que constituem o fundamento do chamado problema da economia do urânio.

Junho de 1967

(*) Vejam-se a este respeito, entre outras fontes:

A Report to the President — A. E. C. — 1962

R. GIBRAT — *Faut-il sacrifier au futur, le présent et l'avenir proche de l'énergie nucléaire?* — *Revue Française d'Énergie*, Juin, 1963

J. GASPARE TEIXEIRA — «Breeding» = *Programas nucleares integrados* — Enunciado de um problema — G. N. I. E., Colóquio sobre participação da produção termoeléctrica nas necessidades nacionais de energia eléctrica, Lisboa, 1964

S. SIEGEL — *Fast breeder reactors (...The key to centuries of inexpensive energy)* — *Nuclear News*, January, 1967.

W. I. NEEF e E. D. JONES, JR. — *Conservation economics and reactor technology* — *Nuclear Applications*, January 1967

Agência Internacional de Energia Atómica — *Conférence mondiale sur l'utilisation du plutonium comme combustible dans les reacteurs* — Bruxelles, Mars 1967

NOTA: O grau de agudeza das preocupações que aqui procurámos trazer aos leitores da revista ELECTRICIDADE, pode ser confirmado com a transcrição livre de um artigo sobre o urânio, publicado no nº 605 de 13 de Abril de 1967, da conhecida revista francesa de economia «Entreprise»: «...verifica-se há alguns meses um verdadeiro «boom» no mercado das centrais nucleares (só nos E. U. 25 centrais totalizando 19 500 MW encomendadas em 1966 — até 15/XI). Até 1980 os peritos prevêem 100 000 MW nucleares instalados nos E. U.... e pelo menos 50 000 MW na Europa dos Seis, também até 1980. Outros projectos muito concretos, imediatos, encontram-se nos mais diversos países: Alemanha, cinco ou seis centrais de 500 MW; Grã-Bretanha, 2º programa aumentado de 5 para 8000 MW; Bélgica, 2 centrais de 600 MW; Suécia, 4 centrais das quais duas de 2 000 MW, etc. Em resumo, prevê-se que no conjunto do mundo ocidental os valores da potência nuclear instalados serão os seguintes nos próximos anos (6 000 MW em 1965): 25 000 em 1970, 90 000 em 1975 e 225 000 em 1980!

Para estes ambiciosos programas são necessárias 400 000 toneladas de urânio e as reservas ocidentais conhecidas elevam-se a 680 000 toneladas a preços aceitáveis...»

É certo que estes valores já não têm hoje o significado que tiveram, mas não deixam de marcar a existência de circunstâncias que não podem ser encaradas ao de leve.

PRODUÇÕES E CONSUMOS DE ENERGIA ELÉCTRICA
NAS OBRAS DE FOMENTO HIDROAGRÍCOLA
SALDOS VERIFICADOS EM 1966 NO CONJUNTO DAS OBRAS
(kWh)

ANO	MESES	PRODUÇÕES						CONSUMOS						SALDOS					
		Idanha	Vale do Sado	Campilhas	Silves	Vale do Sorraia	Alvor	Totais	Idanha	Vale do Sado	Campilhas	Silves	Vale do Sorraia	Alvor	Rio Lis	Alvega	Totais	Para mais	Para menos
1966	Janeiro	771 100	480 737	—	182 650	4 742 900	10	6 177 487	1 770	6 116	3 111	1 250	22 901	3 810	25 170	—	64 128	6 113 359	—
	Fevereiro	1 058 300	1 940 205	17 654	176 050	5 655 458	21 690	8 869 357	1 216	4 037	3 301	950	20 390	6 131	25 544	—	61 569	8 807 788	—
	Março	1 116 600	1 864 260	63 244	148 700	4 560 172	205 130	7 958 106	523	3 806	11 579	2 900	35 191	2 367	12 048	140	68 554	7 889 552	—
	Abril	1 100 400	1 150 126	62 662	79 700	4 483 038	14 700	6 890 626	1 894	3 150	23 445	6 850	94 448	2 642	18 528	1 380	152 337	6 738 289	—
	Maio	1 002 600	1 163 741	62 177	20 600	3 286 443	108 690	5 644 251	142 991	3 053	39 209	17 600	190 691	2 478	3 037	16 100	415 159	5 229 092	—
	Junho	614 900	1 207 916	42 971	24 400	2 914 717	125 800	4 930 704	183 326	3 400	36 957	12 750	225 870	2 397	10 093	47 180	521 973	4 408 731	—
	Julho	752 200	1 343 114	73 623	19 900	3 257 132	189 950	5 635 919	259 618	2 737	48 118	13 950	281 880	2 637	17 358	73 990	700 288	4 935 631	—
	Agosto	606 000	1 121 969	40 158	17 450	2 368 629	163 710	4 317 916	269 010	2 819	42 089	14 250	257 711	2 423	23 325	46 120	657 747	3 660 169	—
	Setembro	375 500	249 101	97	25 400	1 680 166	65 850	2 396 114	174 630	3 359	18 330	20 600	104 481	2 310	12 206	19 280	355 196	2 040 918	—
	Outubro	349 000	—	—	15 150	995 153	4 110	1 363 413	1 085	4 264	5 106	6 600	18 221	2 687	4 708	—	42 671	1 320 742	—
	Novembro	5 400	—	—	9 800	1 038 720	20	1 053 940	350	4 770	5 737	6 650	20 053	2 520	3 442	—	43 522	1 010 418	—
	Dezembro	—	—	—	2 850	1 609 032	30	1 701 912	457	6 190	5 995	6 400	21 459	1 723	3 258	—	45 482	1 656 430	—
Totais		7 752 000	10 521 169	362 586	722 650	36 681 650	899 690	56 939 745	1 036 870	47 701	242 977	110 750	1 293 296	34 125	158 717	204 190	3 128 626	53 811 119	—