

SECÇÃO 4 — ALGUMAS INCIDÊNCIAS NA ACTIVIDADE ECONÓMICA NACIONAL DA PROGRAMAÇÃO DE NOVOS CENTROS PRODUTORES

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS POSSIBILIDADES DE INSTALAÇÃO DUMA INDÚSTRIA DE TRATAMENTO QUÍMICO DE COMBUSTÍVEIS IRRADIADOS EM PORTUGAL

O tratamento químico de combustíveis irradiados⁽¹⁾ tem por objectivo recuperar o material fissil que não chegou a ser utilizado (U^{235}), o material fissil (Pu^{239} , Pu^{241}) que foi obtido a partir do fértil (U^{238}) e o material fértil. Portanto, esse tratamento justificar-se-á, do ponto de vista económico, na medida em que o seu custo total for inferior ao valor global destes materiais.

No caso dos reactores a urânio natural, ou muito ligeiramente enriquecido, utilizando elementos de combustível capazes de suportar taxas de combustão elevadas, a percentagem de U^{235} no combustível irradiado é, em geral, tão pequena (inferior à do urânio natural) que a recuperação do urânio deixa praticamente de ter interesse. Este facto vem, por sua vez, agravar a economia da recuperação do plutónio, cujo custo será normalmente demasiado elevado para que ela, só por si, se justifique. A solução adoptada neste caso é, em regra, rejeitar o combustível irradiado, o qual tem, no entanto, de ser armazenado devido à enorme actividade dos produtos de fissão. É, por exemplo, a solução adoptada no Canadá, grande produtor de urânio e adepto dos reactores de água pesada [1].

Pelo contrário, no caso de reactores com elementos de combustível de urânio altamente enriquecido, a percentagem de U^{235} no combustível irradiado é já apreciável, sendo o seu tratamento químico, em geral, não só justificável mas até obrigatório.

Para reactores com elementos de combustível de médio ou baixo enriquecimento em U^{235} a conclusão sobre a viabilidade económica do tratamento de combustíveis irradiados não é tão evidente. É o caso das hipóteses de trabalho do «Grémio Nacional dos Industriais de Electricidade», onde se pressupõe que o desenvolvimento do sis-

tema térmico-nuclear de 1970 em diante evoluirá por meio de grupos de 250 MW, nos quais os reactores são do tipo «água ebuliente» (BWR), com elementos de combustível de óxido de urânio (enriquecimento inicial de 1,9 % e taxa de irradiação média de 16 000 MWd/t).

Estudos recentemente efectuados no Laboratório de OAK RIDGE, relativos à economia do tratamento de combustíveis irradiados, levaram a concluir que o custo deste tratamento não poderá provavelmente exceder 0,4 a 0,5 U S mill/kWh, para que a energia eléctrica de origem nuclear possa competir com a produzida pelas vias convencionais. Por outro lado, verificou-se nesses estudos que, para a obtenção daquele preço de custo, a capacidade da fábrica de tratamento deverá ser de 3 a 6 t/dia [2, 3].

Esta fábrica de grande capacidade terá que ser alimentada por vários reactores e, certamente, por diferentes tipos de elementos de combustível. Necessitará, por isso, de ser versátil, o que pode conseguir-se associando-lhe diversas instalações de dissolução dos elementos de combustível e tratando as soluções obtidas numa instalação comum de extracção por solventes.

Se se analisarem os números incluídos no Quadro I [4], referentes à quantidade de combustível irradiado proveniente dos reactores considerados nas hipóteses de trabalho do GNIE, verifica-se que essa quantidade em 1986 está ainda longe, mesmo na hipótese mais optimista, de alcançar a quantidade mínima indispensável para alimentar aquela fábrica.

(1) Considerar-se-ão apenas os combustíveis de urânio.

QUADRO I

MERCADO DE COMBUSTÍVEIS IRRADIADOS

Hipótese B1

Ano	Potência (MW(e) liq.)	Energia (GWh)	Cargas de combustível (quilogramas de U)	Combustível acumulado (quilogramas de U)
1975	235	1375	—	—
1976	235	1400	—	—
1977	235	1425	8222	8222
1978	235	1450	8222	16 444
1979	235	1475	10 444	32 888
1980	470	3000	16 444	49 332
1981	470	3050	8222	57 554
1982	470	3100	32 888	90 442
1983	705	4725	24 666	115 108
1984	705	4800	32 888	147 996
1985	940	6500	24 666	172 662
1986	(940)	(6500)	32 888	205 550

Hipótese B2

1975	235	1375	—	—
1976	235	1387,5	—	—
1977	470	2100	8222	8222
1978	705	3531,5	16 444	24 666
1979	705	4275	16 444	41 110
1980	940	5750	32 888	73 998
1981	940	5800	49 332	123 330
1982	1175	7312,5	49 332	172 662
1983	1410	8850	57 554	230 216
1984	1645	10 412,5	65 776	295 992
1985	1880	12 000	82 220	378 212
1986	(2115)	(13 500)	90 442	468 654

Embora não seja lícito aplicar os resultados dos estudos de Oak Ridge ao caso português, visto os condicionamentos de ordem técnica e económica naquele país serem distintos dos nossos, a diferença entre os números indicados é, no entanto, suficientemente grande para, nessa ordem de ideias, se poder concluir que não deve ser ainda em 1986 que convirá instalar uma fábrica de tratamento de combustíveis irradiados em Portugal.

A perspectiva de construção da fábrica de grande capacidade, só na altura em que se atingir o caudal de 3 a 6 t/dia, não tem tido, porém, completo acolhimento nos E. U. A.. Com efeito, certos sec-

tores da indústria privada desse país, e ainda alguns sectores oficiais, têm-se manifestado no sentido de que será preferível começar por montar fábricas pequenas, não necessariamente junto de reactores, destinadas a tratar apenas determinados tipos de elementos de combustível [5,6]. A razão essencial desta nova tendência reside no facto de se considerar a maneira mais prática de estimular a participação da indústria privada na resolução do problema e aquela que oferecerá um menor risco na aplicação de capitais.

No Quadro II apresentam-se os valores dos custos de tratamento de combustíveis irradiados, calculados para diversas fábricas projectadas [6].

O custo do tratamento da fábrica de 272 kg/dia de U projectada pela «Phillips Petroleum Co.», por exemplo, é cerca de 5 vezes superior ao da fábrica de grande capacidade. É, porém, da mesma ordem de grandeza que o da fábrica de referência da Comissão de Energia Atómica dos E. U. A., que serve actualmente de base à fixação dos preços de tratamento de combustíveis irradiados, na condição de se efectuar a amortização do capital investido em moldes idênticos aos utilizados pela indústria de produção de energia eléctrica naquele país.

Esta circunstância explica a insistência dessa firma, bem como doutras firmas americanas, no sentido de conseguirem obter autorização da Comissão de Energia Atómica para montar fábricas de pequena capacidade.

A Comissão acabou por dar essa autorização à firma «Nuclear Fuel Services Inc.», que propusera um projecto para uma fábrica de 1 t/dia [7]. Esta fábrica será construída próximo de Buffalo, estando previsto o seu arranque para 1966. Será a primeira fábrica de tratamento de combustíveis irradiados inteiramente privada e a maior de todas. O seu custo será da ordem de $31,8 \times 10^6$ dólares e o custo de tratamento deverá ser inicialmente de 25 dól/kg esperando-se que possa diminuir ao fim de 5 anos para cerca de 22,5 dól/kg [8]. É provável, todavia, que o custo de tratamento de pequenos lotes de combustível, com a dimensão dos que provêm da maior parte dos reactores europeus, isto é, inferiores a 10 t, seja mais elevado.

Mesmo dentro destes moldes a montagem duma fábrica de tratamento de combustíveis irradiados em Portugal antes de 1986 não parece ser justificável. Com efeito, considerando a hipótese mais optimista fixada pelo GNIE, o caudal de combustível nessa data será da ordem de 90 t/ano ou seja, aproximadamente 1/3 da capacidade da fábrica que está em vias de ser montada pela Nuclear Fuel Services Inc. e que fixará com certeza os futuros preços comerciais de tratamento.

Diferente será, porém, a conclusão se se fizer fé nos números publicados pela Phillips Petroleum Co. relativamente à fábrica de 272 kg/dia

QUADRO II

CUSTO CALCULADO DO TRATAMENTO DE COMBUSTÍVEIS IRRADIADOS DE REACTORES DE POTÊNCIA PARA DIVERSAS FÁBRICAS PROJECTADAS

Fábrica	Capacidade (kg/dia de U)	Laboraço (dias/ano)	Enrique- cimento (% U235)	Taxa de irradiação (MWd/t)	Custo de investimento (10 ⁶ dól.)	Encargos fixos 16,9 %/ano (dól.)	Custo de laboração (dól./ano)	Custo total (dól./ano)	Custo (dól./kgU)
Phillips	68	270	1,5	10 000	4,00	676 000	617 000	1 293 000	71
	120	270	1,5	10 000	4,08	690 000	711 000	1 401 000	43
	272	270	1,5	10 000	4,78	806 000	826 000	1 632 000	22
Davison Chemical	1000	300	Nat.	15 000	23,0	3 890 000	2 170 000	6 060 000	20
Eurochemic	350	150	≤ 5	10 000	20	3 400 000	(1 700 000)	5 100 000	97
	670	150	Nat.	10 000	26	4 400 000	(2 000 000)	6 400 000	64
Dupont	1000	365	Nat.	5000	43	7 200 000	3 700 000	10 900 000	30
	10 000	365	Nat.	5000	60	10 200 000	6 200 000	16 400 000	4,5
Allis-Chalmers (Para a Itália) (Th O ₂ -UO ₂)	60			20 000					200 ⁽¹⁾
Fábrica de referência da AEC	1000	300	< 3	?	20,6	3 480 000	1 936 000	5 416 000	18 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Inclui a fabricação do combustível.

⁽²⁾ 20 dól./kg U, para um reactor grande.

QUADRO III

CUSTO DO INVESTIMENTO (dól. U. S. A.)

Edifícios (sem equipamento)	770 000
Equipamento e acessórios da instalação de corte mecânico dos elementos de combustível	119 100
Equipamento da célula de dissolução do combustível e tratamento de gases	93 700
Equipamento da célula de separação primária dos produtos de fissão	145 900
Equipamento da célula de separação do urânio e plutónio	214 300
Equipamento da célula de purificação do urânio	140 500
Armazenagem e embalagem do urânio	38 100
Purificação do plutónio e embalagem	200 000
Sistema de alimentação dos reagentes inactivos	84 000
Tubagem da parte externa das células de tratamento	86 800
Instrumentação	335 300
Secção de análise	170 000
Ligações e mecanismos de controle a distância para desligar tubos	47 700
Equipamento diverso	204 200
<i>Custo do investimento básico</i>	<i>2 658 600</i>
Despesas e lucro do empreiteiro (31 % da base)	824 200
	3 482 800
Contingência (10 %)	348 300
	3 831 100
Engineering e Administração (15 % da construção)	574 700
	4 405 800
Impostos (3 % do equipamento fabricado)	53 300
Partes sobresselentes (5 % do equipamento fabricado)	89 000
Custos de arranque (25 % dos salários e fornecimentos anuais)	228 700
	4 776 800

QUADRO IV

CUSTO DIRECTO DE LABORAÇÃO, ANUAL (dól. U. S. A.)

Coefficiente de utilização da fábrica = 270 d/ano

Mão-de-obra	576 400
Reagentes químicos e materiais	87 400
Armazenagem de resíduos	82 500
Vapor ⁽¹⁾ , energia ⁽²⁾ e água ⁽³⁾	26 000
Perdas de urânio e plutónio	36 000
Fornecimentos diversos	17 800
	826 100

⁽¹⁾ Supõe-se que o vapor pode ser obtido do reactor ao preço de 0,55 dól./t

⁽²⁾ Toma-se para preço da energia o valor de 0,01 dól./kWh

⁽³⁾ O preço da água é arbitrado em 0,0264 dól./m³

(73 t/ano) de capacidade, visto que neste caso o caudal de combustível irradiado em 1984 é já da ordem de grandeza desta capacidade. Como até 1982 se acumulará uma quantidade de combustível de cerca de 123 t, deduz-se que seria possível arrancar com essa fábrica por volta de 1982, para ela trabalhar a pleno rendimento.

Nos Quadros III e IV apresentam-se algumas informações sobre os custos de investimento e de laboração da fábrica projectada pela Phillips [6]. São válidos em relação a 1960.

J. M. PEIXOTO CABRAL

Engenheiro Químico-Industrial (I. S. T.)

BIBLIOGRAFIA

- [1] LEWIS, *Nuclear Power* 2, 60 (1958).
- [2] CULLER, TID-7534, 3, 1108 (1957).
- [3] CULLER, *Nucleonics* 20, N.º 1, 48 (1962).
- [4] MARQUES VIDEIRA, ROCHA CABRAL, CORREIA PICH e MACHADO JORGE. Colóquio sobre «Participação da produção termoelectrica na satisfação das necessidades nacionais de energia eléctrica», Secção 1 — Mercado de Combustíveis. 1.2 Combustíveis nucleares, (1964).
- [5] MANOWITZ, *Nucleonics* 20, N.º 2, 60 (1962).
- [6] SLANSKY e MCBRIDE, *Nucleonics* 20, N.º 9, 43 (1962).
- [7] AEC Press Release F-80, 1 Maio (1963).
- [8] *Nucleonics News*, *Nucleonics* 21, N.º 4, 19 (1963). *Reactor Fuel Processing*, 6, N.º 4, 1 (1963).