

# O MERCADO DE URÂNIO E O PANORAMA BRASILEIRO

Paulo Miranda de Figueiredo Filho

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP  
Caixa Postal 11049  
055422-970, São Paulo, SP, Brasil

## RESUMO

Após uma análise do mercado do urânio, tanto do mercado de concentrado como do mercado de conversão do urânio no mundo, em relação ao panorama nuclear brasileiro conclui-se que, apesar da inviabilidade de produzir UF<sub>6</sub> em níveis competitivos na presente conjuntura, o panorama da conversão no Brasil mostra que existe um espaço a ser ocupado por P & D que permita o acompanhamento *pari passu* dos progressos do conhecimento e dos avanços tecnológicos, bem como a formação de recursos humanos. São apresentadas sugestões de linhas de pesquisas a serem desenvolvidas, buscando domínio das técnicas que permitam a simplificação do processo com procedimentos ecologicamente corretos.

**Palavras chave:** urânio, conversão, mercado, *spot market*

## I. INTRODUÇÃO

Como todo o mercado, o do urânio é fruto da oferta e da demanda, sendo definido por peculiaridades regionais, estratégicas e políticas. O grande mercado de urânio é o das usinas nucleoeletrônicas. As usinas termonucleares, à semelhança das usinas hidroelétricas, são investimentos de grande porte, desembolsados maciçamente nos primeiros anos, enquanto a renda do investimento é auferida ao longo de sua vida útil pela venda da energia gerada.

Diferentemente da hidroeletricidade, onde o “combustível” é fornecido pelo regime hidrológico (que é conhecido e pode ser estatisticamente avaliado), o combustível nuclear é produzido por uma indústria especializada. Desta forma, o abastecimento deve ser previsto e providenciado através de *contratos de longo prazo* que garantam o funcionamento da planta, independentemente das flutuações do mercado a um custo, que entra na equação do preço do serviço oferecido, de forma a cobrir o investimento, remunerar o capital e proporcionar lucro.

Os *contratos de longo prazo* são seguros tanto para a empresa produtora de eletricidade como para a empresa produtora de matéria prima para o combustível, e se constituem em fator de segurança para ambas as partes. Além disso, o custo da matéria prima do combustível é pequeno, se comparado com o investimento, com a produção do combustível, com a geração e com a distribuição da energia gerada. A troca do fornecedor de matéria prima do combustível por causa do preço de ocasião (*spot*), fora do contrato de longo prazo não reflete

significativamente no negócio como um todo. Nenhuma usina pode, ao longo dos seus trinta anos de funcionamento, depender exclusivamente do mercado *spot* para o seu abastecimento.

O presente trabalho faz uma análise da evolução do mercado de concentrado de urânio e de hexafluoreto de urânio no mundo e suas implicações no panorama nuclear brasileiro.

## II. MERCADO DE CONCENTRADO DE URÂNIO

O relatório da OECD/NEA-IAEA 1995 [1], o *Red Book*, analisa as discrepâncias de preços entre NUEXCO, USA importado, USA doméstico, Canadá exportado, Euratom e Austrália. A diferença de preços USA doméstico e importado chega a 30%. A curva da NUEXCO, que reflete o mercado *spot*, até 1979 estava bem acima dos preços mais altos dos contratos, ou seja, quem precisasse de suprimento extra tinha que pagar mais. A partir de 1980 a situação se inverteu, passando a curva do *spot* a acompanhar as demais em um nível muito mais baixo.

O mercado *spot* é suprido pelo excesso de produção ou pela desova de estoques, em função do comportamento da demanda efetiva. Ou seja: no mercado *spot* são praticados preços que não retratam o custo de produção, mas o custo de oportunidade.

A Fig. 1 reproduz o gráfico do histórico da produção de necessidades para um período de 28 anos, juntamente com os valores históricos do mercado *spot*.

## Produção e Demanda de Urânio e Mercado Spot ( Países Seleccionados )

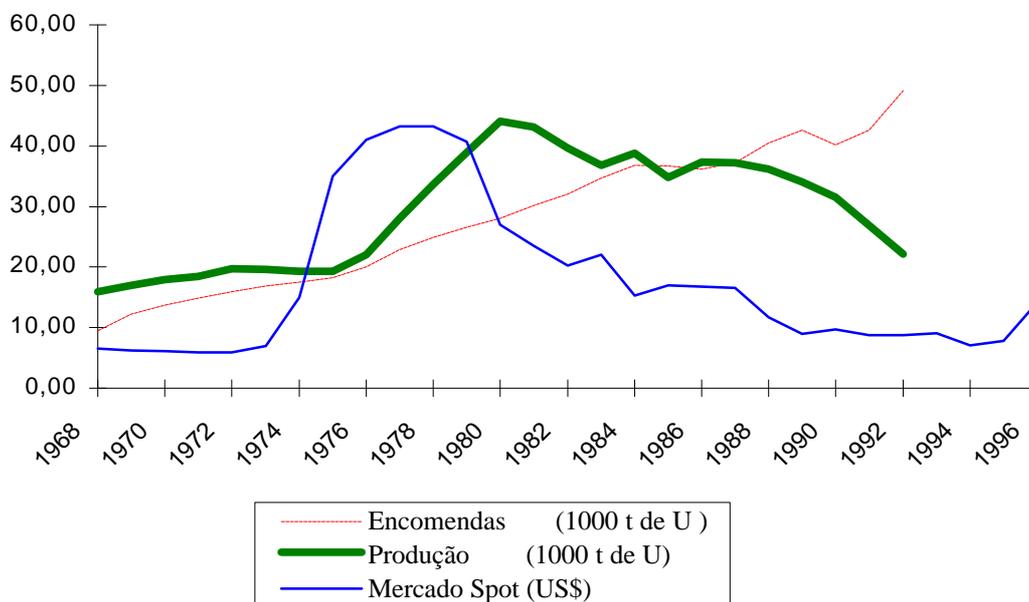


Figura 1. Produção e Demanda de Urânio e Mercado Spot - Países selecionados. [1,2]

A observação do comportamento das curvas mostra que, embora as necessidades permanecessem em uma curva ascendente tanto antes quanto após os acidentes de Three Mile Island e de Chernobyl, as projeções de geração de energia nuclear sinalizaram uma diminuição das necessidades futuras pelo cancelamento e/ou adiamento de novas usinas nucleoeletricas, de modo que os estoques ficaram desproporcionais às necessidades efetivas.

Ao mesmo tempo, o urânio disponibilizado pelos países que antes não faziam parte do mercado ocidental, o urânio reprocessado, e a possibilidade de entrar no mercado o urânio da área militar devido ao fim da guerra fria, transformaram-se em fatores que pressionaram para baixo os preços de mercado, forçando os produtores a diminuir a produção, levando vários a reduzir ou a encerrar suas operações.

Todavia, tendo em vista que as atuais 437 usinas nucleares que operam no mundo com uma capacidade total de 351,8 GWe permanecem consumindo urânio, e que estão em construção 36 novos reatores com capacidade de cerca de 27 Gwe. A AIEA acredita que o mercado deverá estar estabilizado ao redor da virada do século. As projeções de 1998 da AIEA [3] indicam que a demanda anual de urânio está projetada para crescer de 61.500 tU em 1997 para 75.000 tU em 2020.

A Tabela 1 mostra a tendência de recuperação dos preços desde 1995, o que também pode ser visualizado na

Fig. 1. Todavia, De acordo com Nicolet & Underhill [3] um total de 500 toneladas de HEU, equivalente a 153.000 toneladas de urânio natural está previsto para ser entregue numa programação de 18 t em 1997, 24 t em 1998 e 30 t em 1999, equivalentes, respectivamente, a 5.733 t, 7.644 e 9555 t de urânio natural. Na projeção das fontes de abastecimento de urânio até o ano 2020, o urânio proveniente da produção das minas continuará a ser a principal fonte, representando 76% a 78%. As fontes alternativas previstas serão LEU (urânio de baixo enriquecimento) derivado do HEU produzido no programa de armas nucleares, 11% a 13%, e reprocessamento de combustível queimado, 6%, sendo esperado que 5% virá do excesso de estoque.

### III. MERCADO DE CONVERSÃO DO URÂNIO

O IAEA YEARBOOK-1996 comenta que o mercado de conversão do urânio permaneceu estável através de 1995. No passado o mercado esteve caracterizado pelo grande estoque de  $UF_6$  e por uma capacidade de produção acima das necessidades de suprimento como uma consequência de uma demanda superestimada nos anos 70. Entretanto, o fechamento da planta da Sequoya Fuel Corp. nos Estados Unidos em 1992, que tinha uma capacidade 9090 t U/ano, contribuiu

TABELA 1. Valores de Transações de Concentrado de Urânio - (Fonte : The NUCLEAR Review - Outubro/1996) [4].

mês/ano	Valores em US\$/lb U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
8/1976	40,40
8/1977	42,46
8/1978	43,40
8/1979	43,60
8/1980	31,60
8/1981	24,30
8/1982	19,10
8/1983	23,60
8/1984	16,40
8/1985	15,10
8/1986	17,45
8/1987	17,55
8/1988	15,00
8/1989	9,80
8/1990	10,80
8/1991	8,95
8/1992	7,85
8/1993	9,05
8/1994	7,10
8/1995	7,85
1/1996	8,30
2/1996	8,30
3/1996	8,40
4/1996	8,80
5/1996	10,05
6/1996	10,35
7/1996	13,65
8/1996	14,10

para reduzir o balanço suprimento/demanda. Os conversores estão operando perto de suas capacidades [5]. A Tabela 2 lista as atuais plantas de conversão de urânio e suas respectivas capacidades.

De acordo com estimativas da AIEA [5], a demanda mundial de UF<sub>6</sub> de 1995 foi de cerca de 51.000 toneladas de urânio (assumindo um enriquecimento de 0,25%). O que representa um aumento de 500 toneladas sobre 1994. A capacidade nominal de conversão é de 62.020 toneladas de urânio. As projeções da AIEA indicam que depois de alcançar um máximo de 51.000 t U/ano em 93-95, a demanda de conversão deverá ficar nivelada em 50.000 t U/ano e, então, gradualmente decrescer depois de 2005.

A tendência resulta de uma melhor utilização do combustível, devido, principalmente à extensão da queima. A conversão do urânio é um processo químico já estabelecido, não sendo esperadas modificações significativas

Atualmente, fora as plantas de conversão de urânio reprocessado, não estão planejadas plantas adicionais até bem depois do ano 2000.

TABELA 2. Capacidades de Conversão de Urânio em 1995 - t U / ano. (fonte: AIEA YEARBOOK-1996)

<i>Conversão de óxidos de urânio para UF<sub>6</sub> – urânio natural</i>	
<b>Minatom, Angarsk, Rússia</b>	18.700
<b>Comurhex, Pierrelatte, França</b>	14.000
<b>CoverDyn, Metropolis, EUA</b>	14.000
<b>British Nuclear Fuel plc. Springfield, Inglaterra</b>	6.000
<b>Atomic Energy Corp. of South Africa, Valindaba, África do Sul</b>	1.000
<b>China Nuclear Energy Corp, Lanchow, China</b>	400
<b>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – CNEN, São Paulo, Brasil</b>	20
<i>Conversão de urânio reprocessado para UF<sub>6</sub></i>	
<b>Comburex, França</b>	350
<b>Tomsk-7, Rússia</b>	dado não disponível
<b>Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp., Japão</b>	135

Em vista do fato de que a maioria das plantas está operando perto de sua capacidade é esperado que o preço da conversão aumentará e se estabilizará em um patamar mais alto nos próximos anos. É também provável que, devido a esta situação, serão necessárias plantas adicionais em um futuro próximo[5].

As necessidades de conversão de urânio poderão ser suplementadas pela disponibilidade de Urânio Altamente Enriquecido (HEU) das armas atômicas desmanchadas e do uso do combustível MOX. Conforme o acordo de 1994 entre a Federação Russa e os Estados Unidos, 10 t de HEU serão diluídas e enviadas para os Estados Unidos por ano, nos próximos 5 anos, seguidas de 30 t em cada um dos 30 anos seguintes. O total anual de 30 t de HEU é equivalente a cerca de 9000 t U/ano, representando cerca de 14% da capacidade de conversão do mundo. Em julho de 1995 o primeiro embarque de 24 t de urânio enriquecido a 4,4%, diluído, do HEU foi enviado para os Estados Unidos. Mas devido a problemas políticos e técnicos, os progressos têm sido prejudicados. Em 1995 os Estados Unidos começaram a diluir o HEU em Portsmouth, para ser entregue no mercado doméstico. Quanto ao combustível MOX, o impacto na demanda da conversão será pequeno (cerca de 0,7% em 1995 e 4% em 2000). Quanto à reutilização do urânio reprocessado, a falta de atratividade econômica tem determinado que a maior parte dele seja estocado [5].

Os valores de hexafluoreto de urânio apresentados na tabela abaixo demonstram a tendência de recuperação dos preços no ano de 1996 [6].

TABELA 3. Valores de Hexafluoreto de Urânio (valores nos meses de agosto de cada ano) – fonte: The NUCLEAR Review, 09 / 1996 [6].

Ano	Valores em US\$/kg U na forma de UF <sub>6</sub>
1985	44,50
1986	48,00
1987	47,00
1988	41,00
1989	29,75
1990	32,25
1991	26,25
1992	24,25
1993	24,50
1994	24,50
1995	29,50
1996	46,50

#### IV. PANORAMA BRASILEIRO

No artigo *Nuclear power awakes in Brazil*, na revista The NUCLEAR Review, de novembro de 1996, Mari Angeles Major-Socias [7], com dados da INB e da ABEN (Associação Brasileira de Energia Nuclear), faz um resumo do panorama nuclear brasileiro, mostrando que 96,8% das necessidades energéticas brasileiras são supridas por hidroeletricidade, 2,5% por combustíveis fósseis e menos de 0,7% nuclear. Em 1995 a Usina Angra I operou por 337 dias, gerando aproximadamente 2,5 milhões de Mwh e suprindo cerca de 12% da eletricidade consumida no Rio de Janeiro durante as horas de pico. Os 121 elementos combustíveis de Angra I equivalem a 51 t de urânio enriquecido. Com a entrada em operação de Angra II, em 1999, o total de energia nuclear alcançaria perto de 34% do consumo do Rio de Janeiro. Angra III consta nos planos da Eletrobrás como entrando em operação comercial ao redor do ano 2005 [7].

O abastecimento de urânio para as usinas brasileiras está a cargo das Indústrias Nucleares Brasileiras - INB e baseia-se na produção nacional. O "yellow cake" será obtido na Usina de Lagoa Real, Bahia, que beneficiará o minério das jazidas Cachoeira e Quebradas, a serem lavradas por *open pit* com tratamento de lixiviação em pilhas. A capacidade de Lagoa Real será de 300 toneladas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> por ano [7].

Sobre os planos de enriquecimento isotópico, o Centro Tecnológico da Marinha (CTM/SP) conta com 700 ultracentrífugas de fabricação 100% nacional, estando projetada a instalação de outras 4000 nos próximos 3 anos. O enriquecimento feito pelo CTM visa abastecer o projeto do submarino nuclear. Porém está planejada a transferência para a INB da tecnologia do estágio de pesquisa para um estágio comercial em Resende, RJ [7].

A INB assinou um contrato de 21 milhões de dólares com a Siemens para a instalação da reconversão e unidade de pelotização na Fábrica de Elemento Combustível -FEC, em Resende [7].

O artigo silencia quanto aos planos de produção de UF<sub>6</sub>. Informações colhidas junto à Assessoria da INB, dão conta que, tendo em vista as condições de mercado, o hexafluoreto de urânio será comprado no mercado internacional.

A análise das possibilidades de futuro para o Programa Nuclear ressaltou a existência de uma forte interdependência econômica e tecnológica entre os diversos países e a conseqüente reavaliação dos conceitos e diretrizes no campo nuclear para fazer face à nova ordem internacional globalizada. No Brasil merece destaque a entrada em vigor do acordo quadripartite de salvaguardas assinado entre Brasil, Argentina, Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle e a Agência Internacional de Energia Atômica, tendo, depois deste acordo, o Governo Brasileiro passado a fazer parte de alguns foros internacionais importantes como ETDE - Energy Technology Data Exchange, que permite o intercâmbio de informações sobre tecnologia de energia no âmbito do OCDE. O Brasil foi também convidado a participar do Nuclear Suppliers Group. O Brasil voltar a participar de atividades de cooperação técnica com outros países, sendo esta uma das principais formas de manter a atualização dos quadros técnicos nas várias especialidades da área nuclear.

Os serviços de conversão, pouco representativos no custo total do combustível, continuam sendo feitos no exterior, porém existem planos para nacionaliza-los, o que deverá ocorrer em condições de consenso entre os órgãos interessados. O panorama da conversão no Brasil deixa claro que existe um espaço a ser ocupado. É fundamental que continue a formação de recursos humanos, bem como as pesquisas e que os progressos tecnológicos sejam repassados às indústrias de modo a não haver perigo de solução de continuidade no ciclo do combustível e no abastecimento do combustível.

A longo prazo pode-se encetar estudos em linhas de processos que não foram perseguidas no IPEN nas décadas precedentes devido à total concentração de esforços na produção do UF<sub>6</sub>, naquela época.. A purificação por destilação fracionada no final do processo é uma tecnologia que não dominamos, mas que leva a uma diminuição do número de etapas do processo e tem possibilitado a implantação do complexo industrial na boca da mina, baixando o custo a níveis muito competitivos, além de serem ecologicamente mais corretos.

#### V. CONCLUSÕES

A curva de demanda de urânio apresenta valores crescentes e as projeções da AIEA indicam um crescimento constante até o ano de 2020.

O cancelamento e/ou adiamento de novas usinas nucleares em função dos acidentes de Three Mile Island e Chernobyl e a queda do muro de Berlim, determinaram a

tendência da queda dos preços no mercado *spot* na década de 80. Essa curva já atingiu o ponto de inflexão em função da utilização dos estoques, devendo o mercado estabilizar-se ao redor da virada do século.

As recentes oscilações do mercado *spot* são creditadas as incertezas introduzidas pela baixa demanda de curto termo, ou porque os estoques podem ser maiores do que estavam estimados, ou ainda pelas dúvidas com relação à entrada do LEU recuperado do HEU dos estoques militares.

Atualmente não estão planejadas construções de plantas adicionais de UF<sub>6</sub> até bem depois do ano 2000, uma vez que a capacidade de produção cobre, com segurança, a demanda de UF<sub>6</sub>, sendo possível que o preço se estabilize em um patamar mais alto do que o atual, podendo decrescer, após 2005, tendo em vista uma melhor utilização do combustível, à disponibilidade de HEU e ao uso de MOX.

#### AGRADECIMENTO

O autor organizou a base de dados sobre minerais de interesse nuclear quando bolsista do CNPq.

#### REFERÊNCIAS

- [1] OECD/NEA-IAEA – **Uranium 1995 – Resources, Production and Demand.** – OECD, Paris, 1995.
- [2] OECD/NEA-IAEA – **Uranium 1993 – Resources, Production and Demand.** – OECD, Paris, 1993.
- [3] NICOLET, J.P. and UNDERHILL, D. – **Global Trends in Uranium Production and Demand,** IAEA BULLETIN,40/1/1998
- [4] **Historical Market Data – Transaction Values** – The NUCLEAR Review, n. 338, p.31, October, 1996
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA Yearbook 1996- IAEA – ISMB 92, Auatria, 1996.
- [6] **Historical Market Data - UF<sub>6</sub> Values** – The NUCLEAR Review n 337, p.33, September, 1996.
- [7] MAJOR-SOCIAS, M.A., **Nuclear Powers Awakes in Brazil,** The NUCLEAR Review, n 339, p 24-29, November, 1996.

#### ABSTRACT

Through an analysis of world uranium market, including uranium concentrate as well as the uranium conversion market, and its relation to the Brazilian nuclear scenery, it is concluded that, despite UF<sub>6</sub> production unfeasibility at competitive cost levels, under present circumstances, the conversion scenery in Brazil points out to an space to be occupied by R & D that allow the accompaniment of knowledge and technological progresses. Research lines suggestions to be developed looking for the domination of techniques that allow process simplification with ecologically correct procedure processes, are presented.