e&e
Economia e Energia

Nº 93
Outubro - Dezembro
2016 Ano XX

Porque é Necessária uma Política Nuclear
O que é Estratégico na Energia Nuclear
No Brasil, Nuclear é Estratégico?
A velha Comparação Brasil X Argentina

Economia e Energia

Revista

***Revista* - Economia e Energia e·&·e Economy and Energy**
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com]

Economia e Energia – http://ecen.com

Nº 93, Outubro a Dezembro de 2016
ISSN 1518-2932 Disponível em: http://ecen.com

Palavra do Editor

Há vinte anos, era lançada na Internet a Revista Economia e Energia – E&E. Ela pretendia contribuir para manter ativa, na área energética, a visão de longo prazo que havia perdido terreno em uma época onde predominava a ilusão de que as forças de mercado podiam suprir o planejamento. Na Internet, recém-inaugurada no Brasil, a Revista deu sequência ao esforço individual do colega Genserico Encarnação que editava, com o mesmo nome, um boletim com objetivos semelhantes.

A área energética continua sendo um refúgio para os que buscam horizontes de tempo mais amplos. A duração dos projetos exige essa visão e quem não planeja o longo prazo está se condenado, ou mais frequentemente seus sucessores, a crises de abastecimento como a ocorrida em 2001 com a eletricidade no País.

Em 17 anos, foram editadoa 91 exemplares da E&E na Internet sendo que 52 números tiveram também sua versão impressa. Ainda sob a proteção desse “refúgio” a equipe da Revista pôde presenciar o resgate do planejamento de longo prazo no Brasil. Já no âmbito mundial, foi a ameaça do aquecimento global que ampliou os horizontes de análise. Este interesse estimulou a criação da Organização Economia e Energia que, paralelamente aos trabalhos nos temas que lhe deram o nome, desenvolveu estudos relevantes na quantificação das emissões de gases do efeito estufa na área energética, sempre tentando chamar a atenção sobre os custos de mitigação e suas consequências econômicas.

Em 2013, foi lançado o último exemplar do que constituiu a segunda fase da Revista Economia e Energia. Em 2016, as atividades da Organização Economia e Energia foram paralisadas e, parte delas, foi absorvida pela Empresa ECEN Consultoria, inclusive a edição da Revista.

A época atual parece reproduzir um novo ciclo em que um refúgio para pensar o futuro é necessário. Começa uma nova fase da E&E.

Este número aborda o caráter estratégico da energia nuclear.

Carlos Feu Alvim

Sumário

Porque é Necessária uma Política Nuclear 3
O que é Estratégico na Energia Nuclear 7
No Brasil, Nuclear é Estratégico? 11
A Velha Comparação Brasil X Argentina 17
Tango X Samba 23

Opinião:

Porque é Necessária uma Política Nuclear

Carlos Feu Alvim e Olga Mafra

Para que um país alcance êxito, na área nuclear ou em qualquer atividade de importância estratégica necessita identificar objetivos de longo prazo e, em função deles, estabelecer uma Política de Estado. No setor nuclear, isto é naturalmente evidente porque os projetos nucleares forçosamente ultrapassam os períodos de um ou dois mandatos presidenciais, sendo ineficazes as políticas com horizonte de um mandato governamental.

Uma Política Nuclear precisa ter durabilidade e isto só é possível se ela for o reflexo da vontade nacional que demanda um consenso, também nacional e que exige uma aprovação ampla, mas não obrigatoriamente uma unanimidade.

Em 2013 a então Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE da Presidência da República realizou um trabalho, do qual fomos consultores que buscava estabelecer as bases do que seria uma Política Nuclear para o Brasil. A ideia parece ter tido origem nos bons resultados alcançados na Política e Estratégia de Defesa que a extinta SAE elaborou juntamente com o Ministério da Defesa.

O trabalho de preparação realizado consistiu em:

- Reunir e estudar a legislação nacional e os tratados existentes;
- Estudar as estruturas do setor nuclear dos sete países considerados como mais relevantes na área (China, EUA, Rússia, França, Reino Unido, Japão e Coreia do Sul) que representam, incluindo o Brasil cerca de 1/3 da população e superfície mundiais, um pouco mais da metade do PIB (tanto pelo câmbio nominal como pelo poder de compra) e cerca de 3/4 (75%) da capacidade instalada e da capacidade em construção no mundo de produção de eletricidade nuclear;
- Retirar do exemplo desses países a expressão das Boas Práticas da Política Nuclear;
- Localizar as vulnerabilidades e as potencialidades do Setor Nuclear no Brasil e identificar ações para prevenir as vulnerabilidades e aproveitar as oportunidades;

- Identificar Consensos existentes e pontos sob os quais se poderiam estabelecer novos consensos.

Alcançar e expressar consensos parecia, na ocasião da elaboração do trabalho (2013/2014) não só necessário como também possível. Mesmo no clima pré-eleitoral em que ele foi finalizado. Na época, ficamos surpresos com os inúmeros pontos de consenso que o Setor Nuclear havia construído nas duas últimas décadas e que não existia nas décadas anteriores.

Entre esses pontos de consenso cabe destacar:

- O uso da energia nuclear deve ser exclusivamente para fins pacíficos [Constituição de 1988];
- O Brasil não dará novos passos de limitação de sua atividade nuclear enquanto não houver demonstração efetiva dos países armados no sentido do desarmamento [Política de Defesa];
- O cumprimento do Tratado de Tlatelolco tanto pelos países da Região como pelos países que possuem armas nucleares é importante para a paz na região do Tratado;
- O Brasil deve ampliar o uso de outras fontes em sua matriz energética de geração de eletricidade;
- O Sistema Integrado precisa de complementação térmica na geração de base ~~e~~ para amenizar oscilações sazonais da hidro e enfrentar os déficits plurianuais de chuva;
- A melhor térmica para gerar na base no longo prazo é a nuclear;
- Energia Nuclear é estratégica;
- O domínio do ciclo de combustível dá prestígio entre as nações;
- É necessária a independência tecnológica na área de combustível nuclear e capacidade industrial para atender à necessidade estratégica;
- O uso da propulsão nuclear é uma necessidade estratégica;
- Submarino com propulsão nuclear não é arma de destruição em massa e não está proscrito;
- Submarino com propulsão nuclear é importante para defesa do País;

- Confiança na própria tecnologia sem negar a tecnologia já desenvolvida é importante;
- Necessidade de uma capacidade de defesa de acordo com o porte do País;
- A linha de reatores a ser adotada pelo País é de um PWR avançado;
- O combustível nuclear no médio prazo é o urânio enriquecido;
- A tecnologia de enriquecimento é a ultracentrifugação (usando o processo aqui desenvolvido);
- A separação das partes licenciadora e fiscalizadora da CNEN das suas outras atividades é necessária;
- Deve haver uma sinergia entre os programas nucleares civil e militar;
- O programa nuclear da Marinha do Brasil trouxe grandes avanços tecnológicos para o País;
- A comunidade internacional reconhece as intenções pacíficas da atividade nuclear no Brasil e não o identifica como promotor de proliferação para outros países;
- A NUCLEP é importante para a indústria nacional e para a construção dos submarinos.

Alguns pontos foram identificados como de “consensos em formação” e poderiam constar da Política sendo que alguns deles foram debatidos em 2008 em reuniões do Conselho de Desenvolvimento do Programa Nuclear, formado pelos ministros de importância na área. Nesse consenso em formação, os seguintes pontos se destacavam:

- Maior participação da Iniciativa Privada nas atividades nucleares sobretudo nas etapas menos críticas do ciclo nuclear como produção e purificação de urânio, uso de radioisótopos e construção de reatores;
- Possibilidade de exportação de combustíveis nucleares desde que garantidas as necessidades nacionais ao longo da vida dos reatores existentes e planejados;
- Necessidade de se equacionar de imediato os problemas de armazenamento de combustíveis irradiados no próprio sítio

e da construção de depósito para colocação de resíduos de baixa e média atividade em local próprio;

- Encontrar uma solução de depósito intermediário de longo prazo (horizonte de 500 anos) dos resíduos de alta atividade do ciclo nuclear com possibilidades de acesso futuro;
- Atingir autossuficiência na produção de combustíveis para os reatores de produção de energia e pesquisa;
- Atingir a autossuficiência em todas as fases de produção do combustível nuclear (inclusive conversão);
- Incentivar a pesquisa mineral;
- Ampliar o uso no Brasil de técnicas e produtos de origem nuclear nas áreas de Medicina, Indústria, Agricultura e Meio Ambiente;
- Alcançar autossuficiência na área de produção de fármacos e atender as necessidades na área de testes de materiais mediante a instalação de Reator Multipropósito que atenderá ainda as necessidades de pesquisa e desenvolvimento.

O trabalho que realizamos sobre a Política Nuclear se encerrou em meados de 2014. A ideia era apresentar os resultados ao novo Presidente já que a proposição de uma Política fica melhor no momento de força que se supõe existir no início de mandato. A extinção da SAE e os percalços do início do governo, fizeram que a iniciativa de se fazer uma proposta de Política Nuclear fosse adiada.

Neste reinício de governo e com a crise que atingiu o País e o Setor, existe uma urgência por decisões nessa e em outras áreas. Bom seria que elas fossem tomadas visando objetivos coerentes de uma política de longo prazo. Nesse momento, o consenso possivelmente se tornou mais difícil, mas também mais necessário.

O que é Estratégico na Energia Nuclear

Todas as grandes economias mundiais consideram a energia nuclear estratégica. Defesa e geração de energia são os principais determinantes dessa classificação.

A Tabela 1 resume a situação das dez maiores economias em 2013 (em PIB medido pela paridade de poder de compra – PPC) mais Coreia e Argentina.

Tabela 1: Energia Nuclear nos Maiores Países e na amostra estudada (destacado em amarelo)

Rank PIB PPC 2015	País (ordem de PIB PPC em 2013)	Armamento Nuclear	Domínio do Ciclo de Combustível	Submarino Propulsão Nuclear	Fabricação de Reatores
2	EUA	Próprio	Sim	Sim	Sim
1	China	Próprio	Sim	Sim	Sim
4	Japão	Guarda Chuva	Sim	Não	Sim
3	Índia	Próprio	Sim	Sim	Sim
5	Alemanha	Compartilhado	Sim	Não	Sim
6	Rússia	Próprio	Sim	Sim	Sim
9	Reino Unido	Próprio	Sim	Sim	Sim
7	Brasil	Não	Sim	Planejado	Não
10	França	Próprio	Sim	Sim	Sim
12	Itália	Compartilhado	Desativado	Não	Não
13	Coreia S/N	Proteção EUA /Sim	Impedida pelo EUA/ Sim	Não/ Não	Sim/ Não
	Argentina	Não	Sim	Não	Sim

Na Tabela 1, pode-se observar que, entre 2013 e 2015, portanto em apenas dois anos, importantes mudanças ocorreram na ordenação dos países em termos econômicos. A China superou os EUA e a Índia o Japão assumindo os dois membros do BRICS, respectivamente o primeiro e o terceiro lugares. Na Tabela 1 estão destacados os países considerados mais relevantes para os estudos anteriormente mencionados sobre a política nuclear.

A comparação da situação dos diversos países mostra claramente que as grandes economias consideram, de modo geral, a energia nuclear também no enfoque de defesa. Por outro lado, possuem ou possuíam domínio sobre o ciclo de combustível e a grande maioria se ocupa da fabricação de reatores. A Argentina, como vizinho mais próximo com desenvolvimento nuclear, foi também incluída na Tabela 1, embora não tivesse seu setor nuclear analisado no estudo realizado.

O domínio tecnológico e industrial de uma área estratégica é fonte de poder e a atitude dos países que detêm esse poder é, naturalmente, negá-lo aos demais. Por essa razão, a energia nuclear é a área de atuação humana onde mais organizações existem para, na prática, limitar o acesso a ela e dificultar ou dissuadir os países de dominar seu uso e suas técnicas. Faz parte da dissuasão praticada pelos países centrais, convencer os outros países a considerar a energia nuclear não estratégica para eles.

Se não há muita dúvida sobre a natureza estratégica da energia nuclear, parece válido perguntar se tudo a ela relacionado tem a mesma importância neste aspecto. Nisto deve-se lançar mão do que é considerado estratégico pelas duas principais organizações internacionais que se ocupam da não-proliferação: A AIEA (Agência Internacional de Energia Atômica) que administra a aplicação das Salvaguardas Nucleares e o NSG (*Nuclear Suppliers Group*) que controla o comércio de bens e serviços nessa área sensível.

Do lado da AIEA, deve-se considerar duas etapas: a das salvaguardas tradicionais e as resultantes da aplicação do Protocolo Adicional ao qual Brasil e Argentina não aderiram. O NSG, por sua vez, cria empecilhos para exportações considerando uma *trigger list* de tecnologias e equipamentos de uso nas etapas críticas do ciclo do combustível nuclear (enriquecimento e reprocessamento) e as de uso dual.

A Tabela 2, organizada por etapa do ciclo, procura destacar os controles da AIEA nas salvaguardas tradicionais (em vermelho) que contabilizam o material nuclear da purificação até o depósito definitivo.

O vermelho sublinhado corresponde às etapas do ciclo mais críticas de enriquecimento e reprocessamento. O mecanismo de salvaguardas fixa-se no urânio enriquecido, principalmente no altamente enriquecido, e no Plutônio que são considerados de uso direto para produção de um artefato nuclear. O processo de verificação da AIEA deixa de fora as operações de mineração e purificação, por isso começa a contabilidade dos materiais nucleares a partir do urânio nuclearmente puro. Também não há verificação prevista para radioisótopos não fissionáveis.

As salvaguardas tradicionais parecem se basear na suposição de que os países periféricos estariam sempre importando reatores e combustível e bastaria acompanhar sua operação e uso. Com efeito, reatores ditos de pesquisa foram utilizados para gerar plutônio e fabricar bombas. Mais recentemente, a proliferação se concentrou no enriquecimento com desenvolvimento próprio o que levou um maior cuidado com as fábricas de centrífugas e o controle da construção de reatores.

Nenhum sistema de controle internacional se ocupa de salvaguardar radioisótopos tanto os resultantes da fissão como os provenientes de outras reações nucleares. Isso é uma forte indicação de que não se trata de material estratégico mesmo quando se considera a possibilidade das chamadas “bombas sujas” onde radioisótopos seriam espalhados em uma explosão convencional.

A construção de reatores não se enquadra nas áreas de controle específico da AIEA exceto no que concerne ao acompanhamento de detalhes da construção que permitam aplicar as salvaguardas sobre o material e sobre a instalação quando concluídas e em operação. As definições daquela agência para salvaguardas apontam como estratégica a operação da usina e não sua construção.

O Protocolo Adicional, que a AIEA procura implementar em todos os países, introduziu a necessidade de controlar não apenas as instalações e materiais declarados, mas buscar localizar possíveis instalações e materiais não declarados. Baseia-se, como é natural, nos casos surgidos de proliferação, quase todos em instalações de enriquecimento desenvolvidas nos próprios países como Coreia do Norte e Irã e não pelo uso de equipamentos e material importado. Isso levou também à necessidade de algum controle qualitativo das atividades antes do ponto inicial da aplicação de salvaguardas tradicionais (urânio nuclearmente puro). Existem também controles sobre materiais e equipamentos do NSG nas áreas assinaladas na tabela e outras de uso dual. Ter restrições de compra é, ao mesmo tempo, uma limitação ao desenvolvimento tecnológico imediato e, por

outro lado, um estímulo a outros países a desenvolver tecnologias críticas o que pode, paradoxalmente, favorecer sua proliferação.

Tabela 2: Salvaguardas e Assuntos Estratégicos

Etapa do Ciclo de Combustível	Fases	Produto ou [Insumo crítico]
Mineração e Purificação		U308
Conversão		UF6
Enriquecimento	Fabricação de Centrífugas Uso de Centrífugas	[Materiais e Equipamentos] Urânio Enriquecido Urânio empobrecido
Reconversão		UO2
Fábrica Água Pesada	Só para HWR	[Equipamentos]
Fabricação Elemento Combustível	Pastilha Tubos e Grades Montagem	Pastilhas Zircaloy Elemento Combustível
Irradiação em Reatores de Potência e Pesquisa	Fabricação do Reator Operação do Reator Armazenagem comb. Descomissionamento	[Materiais e Equipamentos] Energia, Radioisótopos Combustível Irradiado

Etapa do Ciclo de Combustível	Fases	Produto ou [Insumo crítico]
Reprocessamento	Separação Prod. Fissão **Separação Pu do U**	[Equipamentos e Reagentes] Produtos de Fissão (Radioisótopos) Separação alta/baixa atividade Pu e U para reutilização
Fabricação de MOx		U, Pu (óxido misto)
Armazenamento Temporário	No prédio ou externo	U, Pu, PF
Armazenamento Longo Prazo	Preparação e Estocagem	U, Pu e PF
Armazenamento Definitivo	Processamento e Estocagem	Resíduos (principalmente PF) ou U, Pu e PF

Convenções de cor:
Vermelho: Controle AIEA Salvaguardas Normais
Vermelho Sublinhado: Principal Objeto das Salvaguardas
Laranja (Controle NSG ou Protocolo Adicional)

No Brasil, Nuclear é Estratégico?

Um indicador importante do caráter estratégico ou não de um assunto para o país é o nível em que ele é tratado na estrutura governamental. A Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, criada junto à Presidência da República há 60 anos, tinha nisso um indicador da importância da área nuclear na época. Na fase atual, ela está relegada a uma posição secundária, mas, mais do que isso, perdeu a capacidade de coordenação política que desfrutou mesmo em épocas onde sua posição no organograma não indicava tanta relevância.

O assunto nuclear tem variado de prioridade ao longo dos diversos governos e a proximidade com o centro de poder continua sendo uma indicação importante de que seu papel é efetivamente estratégico.

No Brasil, o governo que melhor percebeu a energia nuclear como estratégica foi o do General Geisel. Nele, o Presidente se ocupou pessoalmente da área e elegeu duas prioridades: dominar o ciclo de combustível e participar da indústria de geração de eletricidade nuclear. A eleição de prioridades claras na área já configura uma Política Nacional.

Opção idêntica foi feita por EUA, China, Rússia, França, Inglaterra, Japão e Coreia do Sul, países que estudamos e que são responsáveis por cerca de 3/4 (75%) da potência instalada e em construção. Poderíamos acrescentar nesta lista Canadá, Índia, Argentina e até a Alemanha que escolheram as mesmas prioridades.

A Lei 4.118 de 1962 que organizou o Setor Nuclear já faz referência a uma Política Nuclear que nunca chegou a ser explicitada. Igualmente temos um Sistema de Proteção e um Conselho de Desenvolvimento do Programa Nuclear, mas não existe um programa explícito. Seria desejável, a exemplo do que se organizou para a Defesa, contar com uma Política, uma Estratégia e um Programa Nuclear. A falta da definição da Política parece ser a principal lacuna.

O Brasil teve, ao que se sabe, um único Programa Nuclear explícito, o assinado pelo Presidente Geisel que se baseava na cooperação com a Alemanha. O Programa buscava principalmente as prioridades acima assinaladas: autonomia no ciclo de combustível e a capacidade de fabricar reatores. Isso implicava em conquistar e manter o domínio tecnológico e industrial do Setor. A estratégia adotada seria obter essa condição através da cooperação externa e para isso o País aceitou as mais duras salvaguardas já aplicadas na área nuclear onde,

equipamentos, materiais e tecnologia relevante estariam sob salvaguardas da AIEA sob um acordo específico entre a Agência e os países.

Compunham o programa 8 novos reatores. A transferência de tecnologia e a responsabilidade pela construção seriam repassadas paulatinamente da KWU para empresas binacionais brasileiro estatais – privadas alemãs. Na área de combustíveis, foi instalada uma fábrica em Resende (fabricação e montagem de combustíveis). O enriquecimento seria pelo método *jet nozzle*, o qual, embora testado no nível laboratorial e de demonstração, foi abandonado por ter surgido opção autóctone e menor consumo energético. Quanto ao reprocessamento, nada foi feito.

O grande passo dado foi a descoberta das reservas de urânio atuais sob o comando do geólogo John Forman. Da área da construção de reatores sobrou a fábrica de elementos pesados NUCLEP e a participação de empresas nacionais na montagem de Angra 2, sob a supervisão da NUCLEN / Furnas que se reuniram na Eletronuclear.

No mesmo Governo Geisel, foi buscada uma estratégia alternativa para atingir o domínio do ciclo de combustível: foi organizado o "Programa Autônomo"[1] que buscava o objetivo da Política através de tecnologia própria e sem as limitações das salvaguardas. As etapas de purificação, conversão, enriquecimento por ultracentrifugação, reconversão e fabricação do elemento combustível foram desenvolvidas em uma cooperação que envolveu principalmente o IPEN/CNEN (liderança de Rex Nazaré) com a Marinha (liderança Othon Pinheiro da Silva). Ainda na parte de reatores, foi construída uma montagem crítica (reator com potência zero) IPEN/MB 01. Ainda dentro do Programa Autônomo foi também obtido o urânio metálico e desenvolvido grafite com pureza nuclear. Na parte que visava a construção dos submarinos, vários progressos foram realizados.

Em todos os países cuja organização nuclear foi analisada, existe uma forte participação estatal na política e estratégia do setor. Alguns escolheram manter sob o Estado o controle completo do setor. São os casos óbvios de países onde a atividade teve início sob o regime comunista, como Rússia e China, mas também países de economia mais liberal como notadamente Coreia do Sul e França. Outros países optaram por uma estreita relação entre suas indústrias e governo, com planejamento e financiamento estatal como os EUA e Japão.

---

[1] Também conhecido como "Programa Paralelo" que conseguiu articular o esforço nacional de pesquisa e desenvolvimento em torno de objetivos definidos.

Concluindo, a participação do Estado nas atividades nucleares resulta de sua natureza estratégica. A discussão dos limites dessa participação deve, pois, começar por definir o que, no Setor Nuclear, tem uma importância estratégica que indica a necessidade da participação do Estado. Como foi assinalado no item anterior, uma boa indicação dos assuntos estratégicos são os controles existentes na AIEA e no NSG mostrados na Tabela 2.

Uma das definições que se espera da Política Nuclear é a sobre a participação do Estado e da iniciativa privada no setor. Um bom princípio é dar preferência à ação privada onde a atividade for considerada menos estratégica, visando alcançar maior dinamismo nas atividades nucleares.

Dentro desse princípio, pode-se localizar na Tabela 2 como não sujeito a controles e salvaguardas tradicionais as etapas de mineração e purificação do urânio, uso de radioisótopos, e construção de reatores.

Na situação atual, as atividades de mineração e purificação de urânio estão sob o monopólio estatal assim como as com radioisótopos de vida longa, já que os de vida curta já foram dele excluídas. Também faz parte do monopólio a construção e operação de reatores.

Na mineração e purificação, o controle do Estado, deveria ser feito a partir do urânio com pureza nuclear. A legislação parece permitir que a empresa estatal (no caso a Indústrias Nucleares Brasileiras - INB) compre os serviços de extração e purificação, reservando-se à empresa a comercialização do urânio e, muito provavelmente, alguma supervisão dessas etapas, mas isso não foi testado na prática.

Na manipulação de radioisótopos, coerentemente com a análise realizada, o monopólio já foi rompido para a produção e manipulação de isótopos de curta duração. Ele não faz sentido para nenhum radioisótopo de longa duração (como o Cobalto 60) salvo os fissionáveis (U 233, Pu 239, e poucos outros). Os produtos de fissão (como Césio 137 e Molibdênio 99 e seu “filho” Tc 99) não são estratégicos e sua manipulação apenas deve estar sujeita a rigoroso controle radiológico de órgãos governamentais.

Os radioisótopos produtos de fissão, normalmente resultantes da partição de átomos de Urânio 235, são gerados com o uso de reatores de pesquisa ou potência. No Brasil, seu manuseio faz parte do monopólio, mas, não se trata de um produto estratégico do ponto de vista nuclear e dos controles de proliferação. Já sua separação do urânio e do plutônio formado é estratégica porque faz parte do reprocessamento. A partir de sua separação não faz sentido a atuação ser monopólio do Estado. A imensa dificuldade de manipular e distribuir estes produtos em

todo território nacional em organizações de administração direta indicam a inconveniência de colocar a responsabilidade dessa produção em organizações do Estado

A dependência externa quanto ao fornecimento de radioisótopos medicinais deve ser considerada estratégica por razões econômicas e de segurança de abastecimento; daí a importância da construção do Reator Multipropósito planejado. Só a construção do reator é estratégica do ponto de vista nuclear; a manipulação e a distribuição são estratégicas por questões de saúde e assim como outros medicamentos críticos, mas, isso nada tem a ver com os propósitos da legislação que cuida do nuclear.

Outra área aberta à participação privada, mas onde a supervisão governamental é fundamental, é a de construção de reatores. Um obstáculo novo nas pretensões de independência é que a atividade de construir reatores de potência tornou-se multinacional. Estão ocorrendo associações consideradas, há algum tempo, improváveis, como a de França e China na construção de uma central nuclear no Reino Unido.

Nesse segmento, já existe no Brasil a possibilidade da empresa estatal, a Eletronuclear, supervisionar a construção de uma usina como aconteceu com Angra 1 (chave na mão) e Angra 2 (esta com maior participação da estatal). O processo de construção e montagem já está aberto para a participação de empresas estrangeiras e nacionais. O que a política implícita “Geisel” buscava na área de construção de reatores era uma participação nacional nessa indústria e isso continua sendo a política dos países de nuclearização mais tardia como Coreia do Sul, China, Índia e nossa vizinha Argentina.

Na legislação atual, a distribuição nas responsabilidades no consórcio de fabricação e montagem dos reatores já permite alternativas que estão sendo estudadas pela própria Eletronuclear. Certamente o impasse atual que se chegou em relação a Angra 3 abre espaço para aprofundar essas alternativas que podem requerer algum ajuste na legislação.

É necessário pensar melhor, no entanto, se seria conveniente privatizar a operação das usinas permitindo que empresas estrangeiras (inclusive estatais) o façam. Para que se tenha uma melhor ideia dos problemas envolvidos, basta lembrar que entre as empresas certamente credenciadas para operar as centrais encontram-se as estatais russas e chinesas. Talvez porque os fantasmas da guerra fria ainda não desapareceram completamente, ainda é difícil para muitos brasileiros admitirem tranquilamente que uma empresa russa ou chinesa assuma, para ser mais concreto, a operação das usinas de Angra. Com menor intensidade, pode-se pensar que igualmente haveria resistência para a

hipótese de se entregar a operação de Angra para uma empresa, digamos, americana ou japonesa.

Algumas perguntas adicionais teriam que ser respondidas antes de se pensar na desestatização da operação das usinas: Quem assumiria os riscos regulatórios que poderiam inviabilizar o empreendimento por restrições ambientais? De quem seria a responsabilidade com os rejeitos? Que esquema de segurança seria montado e sobre qual responsabilidade para a proteção física das instalações, inclusive contra ataques terroristas que estes países estão atualmente mais sujeitos que o nosso? Estaríamos dispostos a admitir forças de segurança estrangeiras atuando na proteção das instalações?

Todas essas considerações parecem levar a conclusão que, sendo estratégica, a operação das centrais continuará nas mãos de empresas nacionais, muito provavelmente estatais. Isto não exclui as associações com o capital estrangeiro que, aliás, já estavam previstas no Acordo Brasil-Alemanha.

A Velha Comparação Brasil X Argentina

No Brasil e Argentina, houve sempre uma certa concorrência quanto ao desenvolvimento nuclear. A preocupação com uma corrida armamentista entre os vizinhos foi desarmada e passou a existir possibilidade concreta de cooperação que fortaleça o desenvolvimento de ambos países no aproveitamento da energia nuclear. Essa cooperação, pressupõe um certo equilíbrio entre os dois países o que é sempre bom verificar. A comparação, baseada nos controles externos anteriormente mencionados, está mostrada na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação Brasil x Argentina baseada na relevância dos controles da AIEA e do NSG

Etapa do Ciclo	Fases	Produto ou [Insumo crítico]
Mineração e Purificação		U308
Conversão		UF6
Enriquecimento	Fabricação de Centrífugas Uso de Centrífugas	[Materiais e Equipamentos] Urânio Enriquecido Urânio empobrecido
Reconversão		UO2
Fábrica Água Pesada	Só para HWR	[Equipamentos]
Fabricação Elemento Combustível	Pastilha Tubos e Grades Montagem	Pastilha Zircaloy Elemento Combustível
Irradiação em Reatores de Potência e Pesquisa	Fabricação do Reator Operação do Reator Armazenagem comb. Descomissionamento	[Materiais e Equipamentos] Energia, Radioisótopos Combustível Irradiado

Etapa do Ciclo	Fases	Produto ou [Insumo crítico]
Reprocessa	Separação Prod. Fissão **Separação Pu do U**	[Equipamentos e Reagentes] Produtos de Fissão (Radioisótopos) Separação alta/baixa atividade Pu e U para reutilização
Fabricação de MOx		U, Pu (óxido misto)
Armazenamento Temporário	No prédio ou externo	U, Pu, PF
Armazenamento Longo Prazo	Preparação e Estocagem	U, Pu e PF
Armazenamento Definitivo	Processamento e Estocagem (*)	Resíduos (principalmente PF) ou U, Pu e PF

Convenções de cor:

Vermelho: Controle AIEA Salvaguardas Normais

Vermelho Sublinhado: Principal Objeto das Salvaguardas

Laranja (Controle NSG ou Protocolo Adicional)

Vantagem Brasil

Vantagem Argentina

Traço interrompido para atividades descontinuadas.

(*) A Argentina tem os elementos Candu guardados externamente em silos (depósito a seco) que o Brasil ainda não possui. Esse tipo de armazenamento é, no entanto, mais simples que o de combustível enriquecido do PWR

A principal razão da preocupação da chamada comunidade internacional com Brasil e Argentina no início da década de noventa era justificada pela existência, em ambos os países, de programas nucleares independentes não sujeitos às chamadas “salvaguardas abrangentes” onde o país compromete-se a declarar e permitir a verificação, nos locais declarados, de todos os materiais nucleares e todas as instalações que os manipulem. Em 18 de julho de 1991, foi assinado o Acordo Bilateral Brasil-Argentina para Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear, o Acordo de Guadalajara comumente referido como Acordo Bilateral. Esse acordo entrou em vigor em 12 de dezembro do mesmo ano quando oficialmente começou a funcionar a Agência Brasileiro-Argentino de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares - ABACC que está completando 25 anos. No dia seguinte, os dois países assinaram com a Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA e com a ABACC o Acordo Quadripartite de Salvaguardas.

Na época, a pretensa corrida Brasil X Argentina se dava na busca das tecnologias sensíveis que poderiam deixar os países mais perto de uma “explosão nuclear pacífica” que os dois ainda reivindicavam o direito de desenvolver. O Acordo Bilateral suprimiu essa hipótese ao reconhecer a impossibilidade prática de distinguir uma explosão pacífica de uma com finalidade bélica.

Era comum, na época que precedeu ao Acordo, tentar apurar o placar nessa corrida onde a capacidade de enriquecer urânio ou de reprocessar o combustível irradiado, separando o Pu produzido do urânio remanescente e dos produtos da fissão eram os parâmetros. Como se sabe, o urânio, altamente enriquecido do isótopo U235, e o Pu239 são matéria prima para construção de explosivos nucleares. A situação à época era mais ou menos de empate porque os argentinos haviam conseguido reprocessar e os brasileiros enriquecer o urânio.

Hoje existe uma promissora cooperação entre os países cujo maior símbolo talvez seja o recente fornecimento de urânio enriquecido pelo Brasil à Argentina para alimentar um reator experimental e o contrato de participação de empresa estatal argentina no Reator Multipropósito.

Ambos os países decidiram não possuir explosivo nuclear e, pelo o que atestam as inspeções da ABACC e da AIEA, têm mantido esse compromisso, mas nunca desistiram, em suas estratégias nacionais, da intenção de manter e ampliar seu domínio nas técnicas nucleares e participar da indústria nuclear. Os dois países têm ainda interesse na propulsão nuclear e estão trabalhando nesse sentido: O Brasil mais diretamente com o PROSUB e o LABGENE e a Argentina com o seu

Reator CAREN de 25 MW elétricos, com muitos pontos em comum com um reator naval.

Esta parece ser uma posição prudente porque houve pouco progresso no desarmamento do clube original dos cinco países, considerados como vencedores da Segunda Guerra Mundial, possuidores de armas nucleares (EUA, Inglaterra, França, China e União Soviética, sucedida pela Rússia). Além desses, Israel, Índia, Paquistão e Coreia do Norte passaram a integrar o grupo de países com posse de artefatos nucleares mesmo sem integrar o clube admitido pelo TNP. Além disto, existem outros países no limiar da posse de armamentos nucleares como Japão e Alemanha que optaram pela proteção nuclear dos EUA, mas têm todas as condições tecnológicas e industriais para rapidamente se armarem. Não será surpresa que o Japão se arme nuclearmente se julgar provável a retirada do "guarda-chuva nuclear" americano.

A análise comparativa do desenvolvimento Brasil X Argentina pode ser feita em duas áreas fundamentais: domínio do ciclo de combustível e capacidade da indústria de reatores. Como se sabe, Brasil e Argentina optaram por tecnologia diferentes na produção de energia elétrica nuclear. O Brasil escolheu a linha de reatores pressurizados água leve que utilizam urânio enriquecido (~4%) como combustível e a Argentina a linha de reatores à água pesada e urânio natural[2]. A análise do desenvolvimento no ciclo deve considerar essa opção.

No domínio do ciclo de combustível, existe todo um aparato internacional que procura inibir a proliferação nuclear ente os quais se destacam a AIEA, na aplicação de salvaguardas, e o NSG que tem uma lista específica de equipamentos para as áreas críticas de enriquecimento e reprocessamento. Além disto, existem listas específicas de equipamentos de uso dual cuja exportação sofre controles nos quais se considera a tecnologia e o país e até mesmo a organização de destino. Existem, por exemplo, restrições específicas aos laboratórios de desenvolvimento da Marinha no Brasil que cuidam de aplicações não proscritas. Pelo que se sabe, mesmo empresas de origem estrangeira instaladas no Brasil praticaram ou tentaram praticar este tipo de restrição.

A comparação feita com auxílio da Tabela 3, mostra a vantagem do Brasil na área do enriquecimento isotópico e sua desvantagem nas áreas ligadas ao reprocessamento. Essas atividades foram interrompidas na Argentina, mas o conhecimento adquirido certamente subsiste. Está ativa a área de separação de produtos de fissão (preparação do Mo99), mas embora tenha sido interrompida a separação do Pu e fabricação do óxido misto Pu-U o conhecimento técnico normalmente persiste. A área

---

[2] Pare melhorar o uso do combustível pode-se usar urânio levemente enriquecido.

de fabricação de água pesada, que também foi objeto de tentativa de desenvolvimento no Brasil, foi dominada pela Argentina que, na instalação de usina industrial, optou por tecnologia importada. A Argentina está fazendo as adaptações necessárias pa extensão de vida de Embalse.

Na área de construção de reatores de pesquisa, existe clara superioridade da indústria argentina que desenvolveu seus próprios reatores e exportou outros para Peru, Argélia, Egito e, recentemente, para a Austrália. Na área de reatores de potência, a Argentina participou no desenvolvimento do projeto e na construção de Atucha 1 e 2 e está desenvolvendo um reator modular o CAREN de 3ª geração. A Argentina domina ainda a técnica de fabricação dos tubos e placas de elementos combustíveis de zircaloy que o Brasil ainda importa. Do lado Brasil existem as extraordinárias instalações da NUCLEP e o desenvolvimento de engenharia na montagem e operação de usinas pressurizadas a água leve – PWRs. Também a experiência de montagem e fabricação de submarinos convencionais contribui, nos últimos anos, para avanços em áreas nucleares afins.

O desenvolvimento do Reator Multipropósito, projeto do Brasil com participação argentina, e o protótipo em terra de propulsão naval da Marinha (reator + sistema de geração) são requisitos mínimos para equilibrar um pouco o jogo. Estes projetos de arrasto têm ainda o mérito de poder mobilizar em torno deles a cooperação dos institutos da CNEN e da indústria nacional. No quesito reatores de potência, a participação brasileira na construção das centrais de Angra não tem a intensidade da participação argentina nas unidades de Atucha que incluiu a fase dos projetos básico e detalhado. Concluir Angra 3 é, no entanto, indispensável. O projeto CAREN pode manter o jogo desequilibrado em favor da Argentina na área de reatores.

BRASIL X ARGENTINA OU BRASIL & ARGENTINA?

A crise econômico-política que atingiu ambos os países, também pode impor mudanças de planos nos projetos nucleares. No Brasil, a crise atingiu em cheio o setor causando a paralização das obras de Angra 3 e a substituição de diretores da empresa estatal proprietária das usinas. Ainda não se tem uma avaliação do possível efeito no programa do submarino. Na Argentina, provavelmente o quadro econômico imporá atrasos o que, aliás, não é novidade no histórico de nossos países com crises mais ao menos a cada dez anos nas quais os longos projetos nucleares são quase inevitavelmente atropelados. O importante tem sido, nas crises, manter o rumo.

Existe uma nítida complementariedade entre as capacidades dos dois países. Existe também uma já significativa cooperação na área nuclear que, assim como a distensão que deu origem à ABACC, fixa bases na boa relação (formal e informal) entre técnicos, cientistas e até militares dos dois países que, aliás, nunca deixou de existir e foi uma das bases do próprio Acordo Bilateral. Outro fator favorável é que, coincidência ou não, nossas opções políticas de governo têm estado em fase desde os regimes militares até as diversas duplas de presidentes pós abertura. Deve-se considerar ainda que na atual crise, também simultânea, existe a oportunidade de redução de custos com a adoção de projetos nucleares compartidos.

Nota: Sobre a Política Nuclear Argentina

"El caso de la Argentina no es el típico de la mayoría de los Estados en desarrollo que al emprender el camino de la actividad nuclear suelen recibir el aporte foráneo "llave en mano", es decir, a través del suministro de instalaciones y equipos diseñados y fabricados en el país proveedor.

No fue esa la política de la Argentina: dentro de los límites de sus posibilidades, el país prefirió desarrollar su propia tecnología. Así, cuando las capacidades científicas, tecnológicas e industriales lo permitieron, utilizó su propio potencial para realizar por si misma las obras programadas o, en aquellos casos en que ineludiblemente debió recurrir a celebrar contratos comerciales con empresas extranjeras, participó activamente en la ejecución de esas obras."

El desarrollo nuclear argentino: 60 años de una historia exitosa ROBERTO ORNSTEIN – Comisión Nacional de Energía Atómica 2010

http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/60anios.pdf

Tango X Samba

Carlos Feu Alvim

Por 11 anos eu participei da direção da ABACC alternando com meus colegas argentinos como Secretário e Secretário Adjunto dessa Agência que muito contribui para estabelecer confiança na área nuclear entre o Brasil e Argentina e da Comunidade Internacional em relação a nossos dois países.

Meu interesse anterior pelo país irmão me fez firmar um conceito, comprovado nos últimos anos, de que os argentinos têm nacionalmente um comportamento exagerado que propicia mudanças radicais cuja face mais visível é a política, mas que também se verifica em muitos outros aspectos do seu temperamento. Eu brincava com eles que enquanto eles dançavam o tango e iam e voltavam de um lado ao outro o salão, nós dançávamos samba e fazíamos nossa agitação sem grandes mudanças de rumo.

Outra provocação que costumava fazer aos argentinos mais próximos era de que, no nuclear, nós havíamos feito as escolhas certas no tipo de reator (PWR) e no processo de enriquecimento (ultracentrifugação) e eles as “erradas” do reator PHWR e da difusão gasosa para o enriquecimento.

Ainda durante a elaboração dos estudos sobre a Política Nuclear para a SAE/PR tive a oportunidade de ler um interessante trabalho do colega argentino Roberto Ornstein, sobre o programa nuclear argentino que havia sempre se concentrado em uma preocupação básica: “Alcançar a tecnologia própria de seu programa nuclear (evitar chaves na mão)”.

Na área de reatores de pesquisa, optaram pelo desenvolvimento próprio, adaptando tecnologias existentes, e construindo os próprios reatores, conseguindo exportá-los para Peru, Argélia, Egito. e ultimamente, o da Austrália cujo projeto está sendo adaptado para nosso Reator Multipropósito.

Na área de reatores de potência, os argentinos escolheram a “linha errada” mas construíram três usinas sendo que nas de Atucha (1 e 2) participaram ativamente na concepção do projeto e na resolução de seus problemas. Há décadas vêm, persistentemente, desenvolvendo o pequeno reator CAREN da nova geração, PWR com segurança intrínseca e dentro de conceito de reatores modulares que está adquirindo força no mundo. O reator está em construção.

Enquanto isso, ao mesmo tempo que afirmávamos nosso direito a explosões pacíficas com tecnologia própria decidimos importar nossos reatores de pesquisa praticamente chave na mão. Abandonamos o projeto do reator água pesada urânio natural do Grupo do Tório para comprar, chave na mão, o reator da "linha certa" da Westinghouse. Assinamos um bilionário acordo com a Alemanha envolvendo a criação da estatal Nuclebras atuando da prospecção mineral à construção e posteriormente dividimos a Nuclebras. Planejamos construir 8 reatores no Programa com a Alemanha e interrompemos por muitos anos a construção do primeiro (Angra 2), recomeçamos o segundo (Angra 3) e recentemente o paralisamos. As atividades de enriquecimento inicialmente dirigidas para a importação de tecnologia (jet-nozzle) foram abandonadas e investimos (corretamente) no processo desenvolvido internamente de ultracentrifugação. A construção do submarino nuclear que teve progressos nos anos oitenta foi colocada em "banho maria" nos anos noventa e, na última década, retomada com a cooperação, na parte convencional, dos franceses. Foram criados competentes institutos de pesquisas nucleares, com um número expressivo de mestres e doutores, com boa formação profissional, e razoavelmente bem equipados, mas poucos de suas atividades estão atualmente ligadas ao desenvolvimento da energia nuclear. Empresas privadas que se aventuraram à participação em projetos nucleares descontinuaram suas atividades na área por falta de constância nos pedidos.

Foi só recentemente, em uma prévia deste trabalho apresentado no SIEN 2016 e fazendo uma revisão do estudo que fizemos para SAE/PR sobre Política Nuclear, é que me dei conta que **na questão nuclear, nós brasileiros é que dançamos tango.**

P.S.: Não obstante a trajetória oscilante, o setor nuclear ainda se destaca no Brasil, ao lado dos setores de exploração de petróleo submarino e do aeronáutico, entre os de maior sucesso na área tecnocientífica industrial. Isto se deu quando se uniram esforços em uma direção e se persistiu nela.

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 2242-2085

Internet :http://ecen.com.

Editor Gráfico: Marcos Alvim

ECEN - Consultoria Ltda.

Remetente:
***Revista* - Economia e Energia**
Rio: Av. Rio Branco,123 Sala 1308 - Centro
CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ