



## ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA

CG 03/2018  
FB

Rio de Janeiro, 14 de março de 2018

Ao Exmo. Senhor General de Exército Sergio Westphalen Etchegoyen  
M.D. Ministro de Estado Chefe do Gabinete de Segurança Institucional da  
Presidência da República

Assunto: O uso de energia nuclear como complementação das fontes renováveis.

Prezado Senhor,

Escrevo a Vossa Excelência como Presidente da Academia Nacional de engenharia. Uma Academia cujo principal propósito é servir ao País apoiando seus mandatários nas suas mais complexas decisões, sempre preservando o engrandecimento da engenharia brasileira e que reúne em seu quadro, por eleição, destacados nomes de nossa engenharia, em suas diversas áreas, e cujos feitos podem ser avaliados pelos respectivos currículos, expostos no site [anebrasil.org.br](http://anebrasil.org.br).

O motivo dessa carta é apresentar a posição desta Academia sobre o uso da energia nuclear como fonte para geração de energia elétrica, cujo foco não seja defender ou contraindicar o seu uso mas, tão somente, apresentar os fatos relevantes para uma tomada de decisão, observados do ponto de vista estratégico, econômico e de segurança para o meio ambiente e para a população.

Observa-se que cada vez mais os países demandam energia não apenas para o conforto de sua população, mas para aumentar a produtividade de sua população economicamente ativa e o consequente desenvolvimento econômico. O Departamento de Energia dos EUA, por exemplo, estima um acréscimo de 22% na energia produzida, até 2040.

É possível traçar uma correlação muito forte entre a quantidade de energia elétrica produzida e o PIB de um país ou entre a quantidade de energia elétrica produzida per capita e o IDH de sua população. Não há como crescer economicamente sem aumentar a produção de energia elétrica, da mesma maneira que a melhora na qualidade de vida da população também demanda acréscimo de energia elétrica produzida per capita. A grande maioria dos países desenvolvidos já esgotaram ou estão no limite de esgotarem os recursos existentes em seus territórios para produção energética, daí a busca incessante por métodos alternativos de produção de energia elétrica.



## ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA

Dentro desse cenário, nos tempos atuais e futuros, não existe fonte energética que seja solução única para as demandas de um país e a energia nuclear tem sido usada como uma fonte complementar no atendimento às necessidades de geração elétrica de alguns países como EUA, Reino Unido, Alemanha e Espanha, além de ter sido empregada para alavancagem da economia de países que se tornaram dependentes da mesma, como Japão, França, Bélgica, Suíça, Suécia e Coreia do Sul. No total, cerca de 15% da energia elétrica produzida no mundo é de origem nuclear.

Atualmente, na busca por soluções energéticas, muitos avanços têm sido alcançados no uso de fontes renováveis, que deve continuar aumentando sua participação na geração total. No entanto, como essas fontes dependem da natureza (chuvas, ventos, sol), sempre haverá necessidade de complementação de fontes térmicas para garantir atendimento da demanda devido às flutuações temporais ou à imprevisibilidade dos fenômenos naturais.

Cada país estabelece o percentual dos vários tipos de suprimento energético, por região, em função de fatores estratégicos, do desenvolvimento tecnológico de sua indústria e dos pontos de vista de segurança e da economia. A seguir comentasse cada um deles.

**1 - Fatores Estratégicos:** Quanto aos fatores estratégicos, é conveniente balancear o uso dos recursos disponíveis no território, para fugir à dependência externa. Os recursos disponíveis no território brasileiro abrangem todos os tipos possíveis de geração energética sendo que, para alguns tipos de energias renováveis, algumas regiões são mais favorecidas do que outras.

No caso da energia nuclear, apesar de o combustível estar presente no mundo todo (inclusive na água do mar), alguns poucos países têm jazidas que são economicamente exploráveis, entre eles o Brasil. Mesmo ainda incompleto, o inventário das jazidas que já foram estudadas (nem todo o território nacional foi levantado e nem todas as jazidas foram estudadas) coloca-nos como a sexta maior reserva de urânio do mundo.

Acrescente-se a isso, que o tório, também, pode ser usado como combustível de reatores térmicos no futuro, usando uma tecnologia similar e que Brasil e Índia possuem as maiores reservas desse combustível.

**2 - Fatores Tecnológicos:** Quanto aos fatores tecnológicos, interesse maior desta Academia, o Brasil detém plena capacidade, pois:

- opera usinas nucleares a longo tempo, sem acidentes, fruto da capacidade tecnológica de nossos engenheiros,
- foi capaz de projetar e construir um reator para uso em submarino nuclear, que demanda tecnologia mais complexa que a dos reatores comerciais, em



## ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA

virtude dos movimentos a que é submetido e da constante variação de demanda energética e

- desenvolveu todo o ciclo do combustível, incluindo o enriquecimento, a parte mais sensível do ponto de vista tecnológico e dominada por apenas cerca de dez países no mundo. O que nos coloca, junto com EUA, Rússia e China, entre os quatro países que possuem o combustível e a tecnologia para processá-lo.

**3 - Segurança Estrutural e de Pessoal:** Quanto ao fator segurança, iniciando-se pela segurança física e de pessoal, muito se fala sobre acidentes nucleares e isso desperta na população (talvez de forma proposital) uma percepção de risco maior que a real. É inegável que existe possibilidade de acidente em usinas nucleares, como, também, é inegável os danos que um acidente em uma usina possa causar.

No entanto, toda atividade humana envolve risco, seja se locomover de carro ou avião e sofrer um acidente ou andar à pé e ser baleado por bala perdida em uma troca de tiros, etc. Algumas atividades têm maiores riscos que outras. Quando o risco das instalações e do pessoal é analisado, dois fatores são foco da análise e de ações preventivas - a probabilidade de algum evento indesejável ocorrer e o dano material, ambiental e pessoal que esse evento possa causar.

Na área nuclear, não há nada mais importante que a segurança e várias medidas são tomadas para minimizar a probabilidade de eventos indesejáveis e reduzir os danos de tais eventos se ocorrerem, motivo de a engenharia nuclear ser usada como referência para análise de risco e de ter um dos menores índices de acidentes ou mortes, não apenas entre as formas de gerar energia elétrica.

A base científica e tecnológica para projeto, construção, fabricação, montagem e operação de uma usina termonuclear é extensa e as tecnologias envolvidas são bem conhecidas no Brasil. Os acidentes registrados em alguns outros países foram em tipos de reatores diferentes (com menor segurança) dos que são usados no Brasil e por não observância de algumas regras de segurança que são de conhecimento geral. Adicionalmente, os sistemas existentes para evitar falhas humanas ou técnicas têm progredido com o avanço tecnológico.

Essa parte do texto pode parecer uma defesa da energia nuclear, mas não é. Trata-se de quantificar e comparar probabilidades mas, apesar de a probabilidade de ocorrência de um evento nuclear ser muito baixa, e que em qualquer possível ocorrência sempre haverá tempo para evacuar as pessoas, os danos, na maioria à propriedade ou ao meio ambiente, podem atingir até 15 km e a maneira de minimizá-los pode ser instalar as usinas em locais afastados de regiões ocupadas, o que não é um problema para um país das dimensões do Brasil.

Pode-se ainda, sob o ponto de vista da segurança, acrescentar que entre as formas de energias não renováveis (que são independentes das variações



## ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA

climáticas), a segurança do transporte e armazenamento do combustível são melhores para as usinas term nucleares do que nas demais usinas térmicas.

4 - **Segurança Ambiental:** Abordando o ponto de vista de segurança do meio ambiente, é sabido que a energia nuclear passou a ser defendida por ecologistas de nome como James Lovelock, principalmente por não emitirem gases de efeito estufa ou que provoquem chuvas ácidas, permitindo, em comparação com energia gerada por combustíveis fósseis, a melhora da qualidade do ar e da qualidade de vida, evitando doenças.

No entanto, essa comparação não é muito útil no Brasil, cuja matriz de geração elétrica tem as hidroelétricas como forma de geração predominante. Além disso, a maior parte do uso de combustíveis fósseis (na maioria dos países do mundo) é para transporte. Essa comparação será válida no futuro (que não está muito longe) quando os carros serão movidos por energia elétrica.

Outra vantagem apontada pelos que apoiam a energia nuclear é a pequena área para construção da usina. Essa vantagem só é válida se a comparação for com as geradoras que utilizam energia renovável, já que as geradoras que utilizam ciclo térmico não exigem grande área para instalação. Mesmo se quisermos comparar com hidroelétricas há que levar em consideração que uma hidroelétrica pode ter usos múltiplos e não serve apenas para geração elétrica, mas para regularizar vazões, permitir transporte em rios com quedas d'água, controlar cheias e gerar piscicultura e lazer.

Além disso, se dermos importância à segurança patrimonial, uma área com raio de cerca de 15 km deverá ser isolada ao redor da usina nuclear, o que, também, não é ruim por preservar o meio ambiente.

Os detratores dessa forma de geração normalmente apontam o resíduo nuclear (que eles costumam chamar de lixo, ignorando que podem ser reciclados e que serão valiosa fonte energética para o futuro) como um dos inconvenientes da energia nuclear. Já os que defendem a energia nuclear apontam o fato de que todo o resíduo tóxico, radioativo ou danoso à saúde das pessoas é cuidadosamente armazenado, diferentemente do que ocorre com as demais formas de geração não renováveis, que lançam seus resíduos na atmosfera.

Além disso, os resíduos gerados são perfeitamente gerenciáveis e de pequenos volumes, comparados à quantidade de energia gerada (para efeito de comparação, todo o resíduo gerado, até hoje, pelas unidades term nucleares de Angra I e II permanecem no local da usina). Os métodos de armazenamento desenvolvidos para esses resíduos são perfeitamente seguros, nunca tendo ocorrido acidentes ou contaminação provocados por resíduos dessas usinas nucleares.



## ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA

Outro argumento, normalmente usado contra a energia nuclear, é que a água de resfriamento, que retorna ao meio ambiente, volta com temperatura mais elevada, o que diminui a solubilidade do oxigênio na água, afetando o ecossistema do local. Nas usinas modernas essa diferença é de um grau, o que diminui bastante o seu impacto ao meio ambiente; além disso, para evitar esse impacto, há a solução de usar torres de refrigeração como em muitas usinas no exterior.

5 - **Economia:** Quanto ao fator econômico, muito se fala sobre o custo de uma usina nuclear. Há que se considerar, no entanto, que uma avaliação econômica não pode ser feita considerando apenas o custo, mas, também, os benefícios econômicos. Ambos dependem de vários outros fatores, inclusive do local da instalação e de outras disponibilidades. Além disso, os custos devem ser avaliados em todos os seus componentes, não apenas os custos de instalação.

- **Custo de instalação** - O custo de instalação é alto em relação às outras opções não renováveis em virtude do nível de tecnologia envolvido e do nível de segurança, ambiental e pessoal. Esse custo inicial tem que ser considerado, ao longo da vida útil da usina, como parte do custo de energia gerada e representa grande parte deste custo. Em compensação, essa característica permite que o custo da energia seja estável e previsível ao longo dos anos principalmente se as usinas nucleares forem implantadas com gestão competente e com garantia de aportes financeiros para a instalação. Infelizmente em nosso País esses aspectos de boa gestão não têm sido possíveis, tendo ocasionado processos de "stop and go" característico de inúmeras paradas que ampliam os cronogramas de implantação, o que faz com que custos e prazos de implantação de usinas fiquem dilatados quando comparado ao que ocorre em outros países.

- **Custo do combustível** - Em virtude da alta densidade energética do combustível, e de ser sólido, o custo do combustível por energia gerada é bem menor que todos os outros tipos de combustíveis. O custo de transporte também é menor, em virtude do pequeno volume transportado quando comparado ao transporte de outros combustíveis para gerar a mesma quantidade de energia. Adicionalmente, como o Brasil tem as reservas e a capacidade de produzir todo combustível para as suas usinas, esse custo não está sujeito às especulações do mercado internacional.

- **Custos de transmissão** - A instalação das usinas, como das demais formas de geração térmica, pode ser a distâncias próximas dos centros de carga, minimizando custos de transmissão. Principalmente se considerarmos que as grandes cidades e centros industriais estão no litoral ou próximo a rios, o que facilita o suprimento de água de refrigeração e de apoio técnico.

- **Custo de Mão de Obra** - A geração nuclear é mais intensa em mão de obra que as demais fontes, (0,5 empregos por MWh produzido contra 0,19 na geração em termelétricas a carvão, 0,05 nas gerações a gás e eólica – Fonte "[Nuclear Energy's Economic Benefits](#)," Nuclear Energy Institute, April, 2014) só perdendo para a geração fotovoltaica (1,06 empregos / MWh). O que significa que maior parcela do custo da energia retornará ao mercado em forma de salários e encargos.



## ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA

- Comparação do custo total - O fato de no Brasil existirem apenas duas usinas nucleares e de a construção ter sido paralisada diversas vezes e por longos períodos, não nos permite uma comparação justa, mas, certamente é mais econômica e previsível que as demais usinas térmicas.
- Fator de capacidade - As usinas termonucleares têm como característica operacional seus elevados fatores de capacidade, ou seja, sua utilização é intensa, produzindo energia com constância atendendo eficientemente a demanda de base. As usinas de Angra I e principalmente Angra 11, mais moderna, são unidades que têm apresentado elevados fatores de capacidade.

Diante dos dados apresentados, esta Academia considera que o país deva continuar a explorar seus recursos renováveis para geração de energia e que, diante da necessidade evidente e demonstrável de complementação da energia gerada por fontes que não dependam apenas de fenômenos da natureza e que sejam confiáveis, deva optar, mantidas todas as garantias de segurança pessoal, patrimonial e ambiental, pela energia nuclear, pelos seguintes motivos:

- a quantidade de recursos de urânio e tório disponíveis, aliada à capacidade desenvolvida de fabricação de combustível, nos torna independente das flutuações e especulações do mercado de combustível, da necessidade de longos transportes e de eventuais boicotes.
- não ser poluente como as outras fontes térmicas,
- termos, no país, toda a capacitação necessária a desenvolver nossos próprios projetos com consequente manutenção da capacidade nacional e possibilidade de exportação de serviços de engenharia,
- ter um custo de geração mais previsível, estável e barato que as demais fontes térmicas.

Na esperança de termos sido claros e concisos nos argumentos apresentados, cuja única intenção é a defesa dos interesses brasileiros, coloco a capacitação dos membros dessa Academia à disposição de Vossa Excelência e do Poder Executivo ou Legislativo, para quaisquer esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários sobre esse ou outros assuntos que envolvam engenharia.

Subscrevendo-me atenciosamente, apresento a V. Ex.<sup>a</sup> os meus protestos de estima e consideração.

Francis Bogossian  
Presidente da Academia Nacional de Engenharia  
(2017/2020)