

*Por que ciência e tecnologia são estratégicas?*

# A C&T como fator estratégico para as atividades nucleares

SILVESTRE PAIANO

## **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E A ENERGIA NUCLEAR**

Apesar de constituir parcela considerável do fornecimento da energia elétrica em todo o mundo, a energia nuclear depende, para ser aceita amplamente, de uma demonstração cabal de que os conceitos dos atuais reatores são seguros ou pelo menos que é possível fazê-los evoluir ou criar sistemas com novos patamares de segurança. Depende ainda de assegurar que os custos da energia gerada por este processo são ou poderão vir a ser competitivos, como já acontece em alguns países tais como o EUA e França. E finalmente, de demonstrar que é possível dar aos rejeitos radioativos de alta atividade um tratamento que não comprometa as gerações futuras.

Cada um destes tópicos está no caminho crítico do futuro da energia nuclear. E eles dependem de avanços em áreas da C&T que muitas vezes não estão ligados diretamente aos fenômenos nucleares. Daí ser necessário monitorar essas áreas ou tecnologias correlatas. Segue-se que, a C&T, tomada num sentido amplo, é estratégica para a energia nuclear.

No que se segue, este ponto de vista será objeto de exemplos. Veremos também que embora de um ponto de vista técnico seja possível tratar objetivamente os problemas relativos a custos, segurança e rejeitos radioativos, no âmbito da opinião pública é necessário levar em conta fatores subjetivos que nos levam a colocar a informação e a educação como fatores estratégicos adicionais.

## **DEPENDÊNCIA DAS TECNOLOGIAS CORRELATAS**

Avanços na área da geração e transmissão de sinais elétricos tem imposto mudanças na concepção dos sistemas de controle de todos os processos industriais, e em particular das centrais nucleares. Equipamentos e sensores que há cerca de 30 anos começavam a ser transistorizados, hoje passaram a utilizar a tecnologia da microeletrônica, com notáveis reduções de tamanho e de consumo energético. A velocidade dos atuais microcomputadores está permitindo revolucionar o aspecto dos painéis

de controle, trazendo possibilidades antes não imaginadas de estudos da interação homem-sistemas, tema de trabalho que se remete à ciência do comportamento humano. Algumas vezes, e isto é especialmente válido para os sistemas de instrumentação e controle, a mudança para o novo “paradigma” não é opcional. O mercado simplesmente deixa de fabricar e de estocar as gerações anteriores de dispositivos eletroeletrônicos. O custo da energia, a segurança e a confiabilidade dos sistemas estão diretamente ligados a estas tecnologias.

Se nos voltamos para o núcleo dos reatores, veremos que o desempenho dos elementos combustíveis, no que diz respeito à queima e à manutenção da sua integridade, são temas que vem sendo pesquisados continuamente desde os primórdios da energia nuclear. Estes avanços dependem de fatores, tais como avanços no conhecimento de materiais cerâmicos microestruturados (pastilhas de  $UO_2$ ), da melhoria dos materiais que compõe vareta metálica que reveste o combustível, de manipulação remota e de conhecimentos semi-empíricos que intervêm na fabricação das pastilhas de  $UO_2$ . Os fenômenos nucleares, estritamente falando, podem ser considerados suficientemente conhecidos para este tipo de desenvolvimento, mas aí intervêm também o conhecimento de fenômenos de difusão (e o desenvolvimento de tecnologias para estudá-los), que ocorrem em escala atômica, fenômenos devidos aos danos causados pela radiação, que vão se tornando mais complexos à medida que se pretende aumentar a permanência do combustível no núcleo (isto é, aumentar a “queima” do Urânio 235 contido no combustível).

A segurança e o custo do kWh estão ligados também ao tempo de vida dos equipamentos da central. Este é o objeto da disciplina denominada Integridade Estrutural, que faz o acompanhamento sistemático do comportamento e desempenho dos grandes equipamentos e pode ter um papel importante no tempo de vida da unidade. Dentre outros, este tema envolve fenômenos de corrosão, corrosão sob tensão, corrosão sob irradiação e tensão, fadiga dos materiais. O retorno em termos de segurança e em termos econômicos da extensão por alguns anos da vida da central é imenso. Até mesmo os aspectos clássicos da geração termoeletrica apresentam oportunidades para intervenção da C&T. A eficiência destes dispositivos gigantesco, por exemplo, poderia ser melhorada em alguns pontos percentuais se fosse possível eliminar as gotículas d'água que normalmente são carregadas pelo vapor e se acumulam nas pás das turbinas.

Abordando agora o caso dos rejeitos radioativos de alta atividade, é opinião de especialistas que já se dispõe de tecnologias para imobilizá-los e os estudos de seu armazenamento em estruturas geológicas tem realizado progressos importantes, mas o campo é rico de oportunidades. A ciência dos materiais, quando aplicada a este tema, tem revelado soluções criativas e relevantes. Há também propostas recentes de tratamento do problema, através da transmutação dos isótopos em outros, de meia-vida mais curta, seja pelo uso de grandes aceleradores ou pela reinserção daqueles materiais nos núcleos dos reatores.

Os problemas dos rejeitos radiativos são, a rigor, problemas ambientais. E é exatamente a preocupação com o meio ambiente, um argumento reiterado dos opositores da energia nuclear, que tem levado certos grupos a verem na energia nuclear uma saída para evitar as imensas descargas de CO<sub>2</sub> e outros gases na atmosfera, resultantes da queima de óleo ou carvão. A comparação das várias alternativas energéticas que leva em conta não apenas os custos diretos das unidades geradoras, mas também as externalidades, como os custos ambientais de cada uma, já vai se tornando rotineira. Vários aspectos das ciências atmosféricas são relevantes para a realização destes estudos, inserindo-se, também, no quadro das variáveis estratégicas.

Estes são apenas alguns exemplos, que não esgotam o assunto, que também seria muito ampliado se abordássemos o universo das aplicações das radiações nucleares na indústria, na agricultura, na medicina, em hidrologia e outras disciplinas.

Portanto, a C&T, tomada em seu sentido mais amplo, tem uma forte correlação com a tecnologia nuclear. Estas áreas correlatas requerem monitoração freqüente e são, evidentemente, estratégicas para a energia nuclear.

O raciocínio inverso também é válido. Usuária de muitos produtos e resultados das tecnologias que aqui chamamos correlatas, a energia nuclear também coloca demandas e oferece oportunidades para os demais ramos da C&T. Para nos determos num único exemplo, o programa nuclear teve uma contribuição, que é reconhecida por muitos, para o desenvolvimento de sistemas de qualidade no País. Assim, mantidas as devidas proporções, pode-se dizer que a energia nuclear é uma das variáveis estratégicas a ser considerada no planejamento da C&T.

## **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO SÃO ATIVIDADES ESTRATÉGICAS**

No mundo atual, a C&T inunda a sociedade com informações sobre seus avanços, conquistas, descobertas. A energia nuclear é um exemplo marcante, na história recente, de mobilização da opinião pública em torno de um tema complexo. Mas isto não é uma exclusividade da energia nuclear. Em rápida sucessão, os problemas éticos do transplante de órgãos, da prolongação artificial da vida, os alimentos transgênicos, a clonagem de mamíferos, os efeitos da atividade humana sobre o clima, as conquistas espaciais, as descobertas da astrofísica, vêm sendo apresentados ao grande público.

Saindo do laboratório, as inovações e descobertas, transformam-se em grandes projetos e passam a ser submetidas ao crivo da opinião pública, um novo ingrediente estratégico, que em última instância poderá decidir sobre os destinos do projeto.

Este é um raciocínio válido para a C&T em geral, mas vamos nos deter na questão da geração energética.

O custo da energia pode ser calculado de forma razoavelmente objetiva, as várias alternativas podem ser comparadas quando se consideram as externalidades. Mas, quando se fala em segurança, entram em jogo outros fatores. Para o público em geral, o conceito de segurança está ligado à percepção de risco, que é subjetiva, e à avaliação do custo/benefício da tecnologia, nem sempre expressa em termos objetivos. Ora, as opiniões dos indivíduos, num regime democrático, são formadas a partir de informações, que são supridas pelas escolas, pelos formadores de opinião, mas principalmente pela mídia.

O ingrediente fundamental desta questão parece ser, portanto, a capacidade de decodificar, de filtrar as informações, a qual deve ser vista como uma forma de reduzir as componentes subjetivas na formação de opiniões dos indivíduos e da sociedade. O grande público (e isto não se limita aos países periféricos) não está preparado para isto. As audiências públicas que atualmente se realizam previamente à aprovação de grandes projetos procuram contornar esta dificuldade, mas ainda o fazem de forma limitada. A mídia participa deste processo, mas não raro fazendo prevalecer uma visão particular dos problemas, e as fontes de informação, quando comprometidas com o projeto podem ser tendenciosas, ainda que isto não seja fruto de uma postura pré-concebida.

Desta forma, nas fases de expansão dos grandes projetos, a despeito da inegável importância estratégica da C&T, numa relação de precedências, a informação e a educação situam-se num nível equivalente, ou mesmo antecedem a própria C&T como fatores estratégicos.

## CONCLUSÃO

Procuramos mostrar, através de exemplos, que a C&T é altamente estratégica para a tecnologia nuclear, podendo influir decisivamente para sua aceitação em maior ou menor escala. Tal conclusão era previsível já que a própria tecnologia nuclear pertence ao conjunto daquilo que se entende por C&T. Por sua vez, a energia ou a tecnologia nuclear, tem o potencial de influenciar a C&T, através de demandas colocadas através das chamadas tecnologias correlatas, colocando-se, portanto, como uma variável estratégica, mantidas as devidas proporções, para o planejamento amplo da C&T.

A capacidade de decodificar a grande quantidade de informações, hoje concentrada em número reduzido de pessoas, é crucial para a validação da C&T pela sociedade (e em particular para a aceitação da energia nuclear). O fornecimento de informações não tendenciosas ao público é um caminho para promover a aceitação de determinadas tecnologias. Entretanto, tal estratégia terá pouco valor se não houver uma preocupação permanente com a educação de parcelas crescentes da população.

**Resumo**

O autor mostra, em exemplos, a forte interação da energia nuclear com algumas áreas na C&T. Tecnologias como microeletrônicas, microcomputadores, dispositivos eletrônicos, novos materiais, entre outras, são importantes e estratégicas para energia nuclear. Por outro lado, o raciocínio inverso também é válido: a energia nuclear coloca demandas e oferece oportunidades para alguns ramos da C&T. Entretanto, o autor coloca sua preocupação no que diz respeito à correta disseminação de informações para a validação da C&T e à aceitação da energia nuclear para a sociedade como um todo.

**Abstract**

The article brings few instructive examples on the interaction between nuclear energy and other areas of science and technology. Microelectronics, computer technology, and new materials are among the many technologies which are crucial for developing nuclear energy technology. On the other way round, nuclear energy presents also a wide range of new demands and opportunities for several areas of science and technology. The problem is that such a relationship is not well understood by the society, and to a large extent it brings about the very process of legitimating the use of nuclear energy.

**O autor**

SILVESTRE PAIANO. É Coordenador Geral do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).