

Núcleo de Estudos e
Pesquisas do Senado



ENERGIA NUCLEAR: RISCO OU OPORTUNIDADE?

Edmundo Montalvão

Textos para Discussão **108**

Fevereiro/2012

SENADO FEDERAL

DIRETORIA GERAL

Doris Marize Romariz Peixoto – Diretora Geral

CONSULTORIA LEGISLATIVA

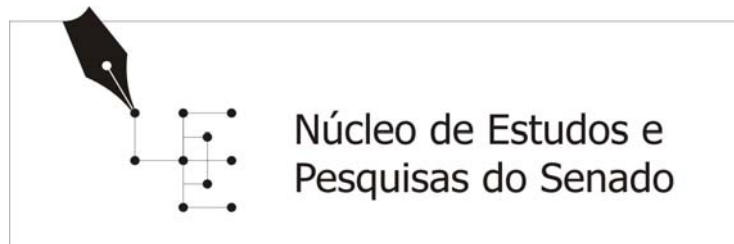
Paulo Fernando Mohn e Souza – Consultor Geral

CONSULTORIA DE ORÇAMENTOS

Orlando de Sá Cavalcante Neto – Consultor Geral

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS

Fernando B. Meneguim – Diretor



Criado pelo Ato da Comissão Diretora nº 10, de 2011, o Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado Federal tem por missão organizar, apoiar e coordenar projetos de estudos e pesquisas que visem à produção e à sistematização de conhecimentos relevantes para o aprimoramento da atuação do Senado Federal.

Contato:

conlegestudos@senado.gov.br

URL:

<http://www.senado.gov.br/senado/conleg/nepsf1.html>

ISSN 1983-0645

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade dos autores e não representa posicionamento oficial do Senado Federal.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

1	EVOLUÇÃO DA MATRIZ DE ENERGIA NO BRASIL	5
2	POR QUE NÃO PODEMOS PRESCINDIR DE ENERGIA DE ORIGEM NUCLEAR.....	6
3	A CIÊNCIA E OS RECEIOS DA SOCIEDADE.....	8
3.1	THREE MILE ISLAND.....	9
3.2	FUKUSHIMA	10
3.3	CHERNOBYL.....	10
4	CONCLUSÕES.....	15

ENERGIA NUCLEAR: RISCO OU OPORTUNIDADE?

Edmundo Montalvão¹

1 EVOLUÇÃO DA MATRIZ DE ENERGIA NO BRASIL

A matriz de energia elétrica brasileira tem evoluído sempre no sentido de se garantir um perfil renovável. As principais fontes renováveis (de energia elétrica) são as usinas hidroelétricas, que propiciam energia abundante e barata. O perfil renovável garante, além da modicidade tarifária, segurança energética para o País, haja vista que, ao contrário das fontes não renováveis, elas não se esgotam.

Além de promover as fontes alternativas, em virtude de suas vantagens econômicas e estratégicas, o mundo também tem se mostrado aberto ao retorno de usinas term nucleares. Apesar de não renovável, a energia nuclear tem uma enorme vantagem sobre as fontes fósseis de energia, já que não emite gases de efeito estufa. Desse modo, a combinação de fontes renováveis com fonte nuclear tem recebido o apoio de vários ambientalistas de renome², que vêem na energia nuclear um risco muito menor aos biomas globais do que a energia de origem fóssil.

O Brasil vem conseguindo manter o perfil renovável de sua matriz de energia elétrica e, como se observa no gráfico abaixo, o Plano Decenal de Expansão (PDE) 2011-2020³ prevê até um aumento da participação de renováveis e de energia term nuclear na potência instalada e a consequente redução das fontes fósseis. Trata-se do esforço brasileiro para reduzir a emissão dos gases de efeito estufa (GEE).

¹ Consultor Legislativo do Senado Federal. Núcleo de Economia. Área de Minas e Energia.

² Pode-se citar, por exemplo, o Dr. James Lovelock, inglês, PhD em medicina e químico de formação, que é um dos precursores do movimento ambientalista mundial. Ele é membro da Real Sociedade da Inglaterra e autor de mais de 200 artigos científicos. Registrou mais de 50 patentes, algumas das quais têm sido usadas pela NASA para a exploração planetária. É dele a Teoria de Gaia, na qual defende ser a Terra um organismo vivo, ao qual denominou Gaia. É um dos maiores defensores do uso da energia nuclear, para combater o aquecimento global. Inspirados em seu trabalho, ambientalistas fundaram, em 1996, uma organização denominada *Ambientalistas Favoráveis à Energia Nuclear*, ONG presente em sessenta países nos cinco continentes. Ver mais detalhes em: <http://www.ecolo.org/index.html>.

³ http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/PDE_2019/PDE2020.pdf, p. 81. Acesso em 31.1.2012.

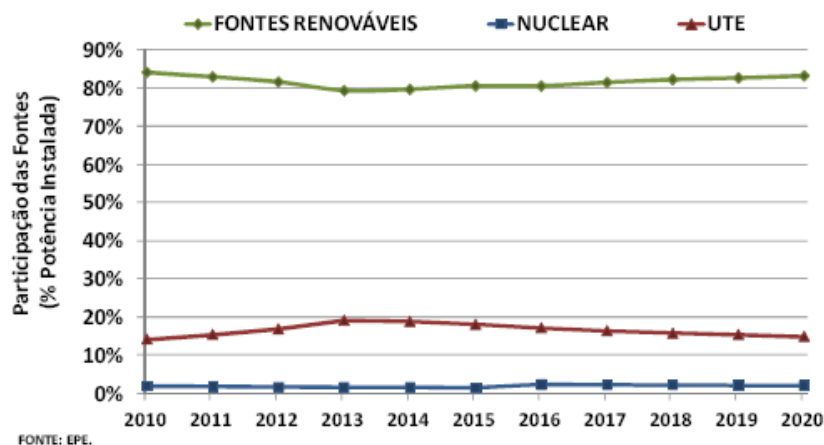


Gráfico 27 – Evolução da participação das fontes de produção na capacidade instalada do SIN (%)

2 POR QUE NÃO PODEMOS PRESCINDIR DE ENERGIA DE ORIGEM NUCLEAR

Um dos indicadores do nível de desenvolvimento de um país é seu consumo de energia elétrica *per capita*. Nesse aspecto, cada brasileiro consome cerca de cinco vezes menos do que o consumidor dos EUA e três vezes menos do que o consumidor europeu. Há um enorme espaço para o crescimento da nossa demanda por energia e o Brasil continuará a necessitar de muita energia para sustentar tanto o crescimento vegetativo da população quanto a melhoria no seu poder aquisitivo, que pressiona para cima o consumo *per capita* de energia.

Atualmente, o País necessita de aproximadamente 6.000 MW por ano de acréscimo de potência instalada para suprir suas necessidades. Ao final da década de 2010, esse acréscimo será de 10.000 MW por ano, quase uma Itaipu por ano.

Outro aspecto muito importante é a segurança energética do Brasil. A segurança energética só é assegurada por fontes passíveis de armazenamento⁴. É crucial, para a segurança energética dos países, que a energia seja armazenada para uso em momentos de carência periódica de energia ou em face do caráter aleatório da demanda. Atualmente, só as fontes convencionais oferecem essa segurança. Seus combustíveis – água, carvão, derivados de petróleo, gás natural, pastilhas de urânio – podem ser armazenados, a custo baixo, em torno das plantas de produção de energia.

Derivados de petróleo, carvão e gás natural podem todos ser estocados ao lado das usinas termoeletricas, para produzir energia sempre que os consumidores

⁴ Montalvão, Edmundo – *Ambiente e Energia: Crença e Ciência no Licenciamento Ambiental. Parte I: O Papel da Energia e do Conhecimento Científico na Evolução das Civilizações* – Texto para Discussão nº 93, p.46. Acessado em 19.7.2011. Texto disponível em: http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos_discussao.htm

demandarem. As hidroelétricas produzem energia renovável, e sua forma de armazenar energia – água em seus reservatórios – é, de longe, a mais barata; quanto maiores os reservatórios, mais energia pode ser armazenada. O combustível nuclear pode ser armazenado sob a forma de pastilhas e usado no momento requerido, nas usinas termonucleares.

O Brasil é um dos três únicos países do mundo que dominam o ciclo de enriquecimento do urânio e, ao mesmo tempo, têm reservas de urânio em seu território⁵. Os outros dois são Estados Unidos e Rússia.

Por outro lado, no momento atual, as fontes alternativas têm nas baterias o único meio de armazenagem disponível, e elas são extremamente caras. Só para dar um exemplo, um veículo elétrico com potência equivalente ao de um carro popular custa cerca de US\$ 30.000 no Japão. Só a bateria responde por 70% do custo do veículo. Portanto, impor o uso de fontes alternativas para prover o crescimento estrutural da oferta de energia, com segurança energética, no momento atual, significaria impor aos consumidores um enorme salto nas tarifas de energia.

Os governos em todo o mundo têm prudentemente mesclado as fontes convencionais com as fontes alternativas de energia. Estas têm uma modesta participação na matriz de energia, mediante incentivos específicos, mas **não são utilizadas para prover o crescimento estrutural da oferta**. As fontes alternativas ainda são muito mais caras do que as convencionais. Se o Brasil só produzisse energia elétrica a partir de fontes alternativas, haveria um aumento acentuado das tarifas, o que provocaria uma desarticulação da indústria e uma maciça onda de desemprego, em face da enorme perda de competitividade de nossas indústrias no mercado internacional. Deve-se lembrar que o Brasil já possui uma das tarifas mais altas do planeta. É preciso dar o devido tempo para que a ciência dê respostas para os problemas ambientais de nosso tempo, sem desarticular as economias.

Quando as análises se estendem até 2030⁶, vislumbra-se o esgotamento dos potenciais de energia hidráulica após 2020, o que imporá uma expansão da oferta de eletricidade de base térmica. Deve-se ressaltar novamente que biomassa, eólica e solar não são fontes aceitáveis para essa expansão, porque não propiciam segurança energética. São apenas fontes complementares.

⁵ O Brasil tem, provisoriamente, a sexta maior reserva mundial de urânio. Faltam ainda 75% do território nacional para ser prospectado em busca de novas reservas.

⁶ Ver Matriz Energética Nacional 2030, documento publicado pelo Ministério de Minas e Energia, acessado em 19.7.2011. Versão eletrônica disponível em: http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf.

É preciso que os tipos de geração que substituirão as hidroelétricas sejam gerenciados pela vontade humana e não pelos *humores* e ciclos da natureza, como são as fontes alternativas. Necessariamente, essa expansão ocorrerá a partir de fontes termonuclear, a carvão e a gás natural, principalmente porque elas passarão a entrar na base do sistema elétrico⁷. O Brasil dispõe das três fontes térmicas, e a visão de longo prazo do setor de energia prevê a utilização das três.

Duas premissas guiam a escolha da matriz de energia do Brasil:

1. a manutenção do perfil renovável da matriz e a redução das emissões de GEE. Isso impõe o aproveitamento dos potenciais hidráulicos, das fontes eólicas, biomassa, solar, bem como a construção de usinas termoeletricas complementares para garantir a segurança energética;
2. a diversificação da matriz de energia, privilegiando o aproveitamento de todas as fontes de energia disponíveis. Isso implica o uso de carvão mineral, gás natural, pastilhas de urânio levemente enriquecido, fontes eólica, maremotriz, biomassa, resíduos sólidos urbanos.

Tabela 9.8 – Estrutura da Oferta Interna de Energia

	<i>Em %</i>			
	2005	2010	2020	2030
Energia não renovável	55,5	57,0	54,2	53,4
Petróleo	38,7	34,8	29,9	28,0
Gás natural	9,4	13,4	14,2	15,5
Carvão mineral e derivados	6,3	7,2	7,6	6,9
Urânio (U ₃ O ₈) e derivados	1,2	1,7	2,5	3,0
Energia renovável	44,5	43,0	45,8	46,6
Hidráulica e eletricidade	14,8	13,5	13,7	13,5
Lenha e carvão vegetal	13,0	10,1	7,0	5,5
Cana-de-açúcar e derivados	13,8	14,1	17,4	18,5
Outras fontes primária renováveis	2,9	5,3	7,6	9,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

A evolução da matriz de energia primária (e não apenas a matriz de eletricidade) até 2030 está mostrada na Tabela 9.8 acima, extraída da página 240 da referência 4. Nota-se a previsão de expansão das fontes termonucleares. Seriam oito usinas nucleares em vários pontos do País, para atender a crescente demanda por energia elétrica. Observa-se a manutenção do perfil atual, de 46,6% de fontes renováveis. Somados aos

⁷ Um gerador que esteja na *base do sistema elétrico* significa que ele fica permanentemente gerando na sua máxima capacidade, só parando para manutenção.

3% de energia nuclear, prevê-se que, em 2030, a matriz de energia brasileira terá 49,6% de fontes que não emitem GEE. É claro que a previsão de usinas termonucleares no Plano 2030 não garante que elas serão efetivamente implantadas.

3 A CIÊNCIA E OS RECEIOS DA SOCIEDADE

A Alemanha acaba de bater o martelo quanto ao banimento das usinas nucleares em seu território. Deve-se ponderar, entretanto, que isso não garante uma percepção de segurança aos alemães, haja vista que a vizinha França tem 80% de sua matriz de energia elétrica de base termonuclear e tende a aumentar essa proporção.

No Brasil, é a sociedade, em última instância, que pesará essa questão com uma *balança de dois pratos*: de um lado, a necessidade energética do País, que aponta para a implantação de mais usinas nucleares nos próximos vinte anos; do outro, o risco que representam essas usinas, conforme percebido pela sociedade. Entretanto, esse debate não deve desconsiderar os fatos objetivos, a evolução da tecnologia nuclear e a posição científica sobre os riscos efetivos representados por essas usinas.

Em relação à busca dos fatos, repassam-se a seguir as constatações técnicas intrínsecas aos três mais graves acidentes da história das usinas nucleares: Three Mile Island, Fukushima e Chernobyl, nessa ordem. As considerações sobre Chernobyl serão mais extensas, e a prolongada reflexão sobre esse acidente vale para os outros.

3.1 THREE MILE ISLAND

Em 28 de março de 1979, um erro operacional e uma falha num equipamento de refrigeração provocaram a fusão parcial do núcleo da usina nuclear de Three Mile Island. A manutenção preventiva havia sido prejudicada por cortes de custos e materiais de qualidade inferior haviam sido usados. Mas a causa principal do acidente foram as decisões erradas tomadas por operadores despreparados. A temperatura do núcleo subiu demais e a pressão aumentou. Uma válvula de redução de pressão abriu-se, mas não se fechou, ao contrário do que estava indicado. Isso provocou a liberação de enorme quantidade de água radioativa no rio Susquehanna. Gases radioativos também escaparam para a atmosfera. O Governador do estado da Pensilvânia, onde se encontra a usina, demorou dois dias para iniciar a evacuação em um raio de 8 km ao redor da instalação nuclear.

3.2 FUKUSHIMA

É uma usina de água fervente (BWR), atualmente em desuso. Foi dimensionada para suportar um terremoto de 8,1 na escala Richter, numa área notoriamente suscetível a terremotos de grandes proporções. Foi dimensionada para suportar maremotos de até 5,7 metros de altura.

O maior terremoto da história do Japão, ocorrido em 11 de março de 2011, teve intensidade de 9,2 na escala Richter e gerou um maremoto de mais de 14 metros de altura. A usina de Fukushima, equivocadamente, não havia sido dimensionada para suportar desastres naturais dessa intensidade. O maremoto encobriu e inundou as instalações nucleares e provocou o desligamento do sistema de resfriamento do núcleo. Os reatores 1, 2 e 3 sofreram fusão parcial, com liberação de hidrogênio – gás altamente combustível – pela oxidação das varetas, seguida de implosão dos edifícios onde estão os reatores nucleares pela queima do hidrogênio. Houve vazamento de água radioativa para o mar e liberação de gás radioativo na atmosfera.

3.3 CHERNOBYL

No início da madrugada do dia 26 de abril de 1986, aproveitando um desligamento de rotina da usina de Chernobyl, foram realizados alguns testes para observar o funcionamento do reator a baixa energia. Os técnicos encarregados desses testes não seguiram as normas de segurança e, pelo fato de o moderador de neutrons ser à base de grafite (em desuso no mundo), o reator poderia apresentar instabilidade num curto período de tempo. E foi o que ocorreu.

As pessoas foram alertadas 30 horas depois do acidente. Até então, tudo foi mantido em segredo. Apenas cinco trabalhadores da usina sobreviveram ao acidente⁸.

Os fatos mostram que o acidente de Chernobyl, que alcançou o grau máximo de gravidade de acidente nuclear, ocorreu por uma conjugação de três eventos, destacados acima: falha humana, numa usina com tecnologia ultrapassada (tendo o grafite como moderador), e irresponsabilidade do Governo, que não evacuou a região do acidente em tempo hábil. Nas usinas modernas, esse acidente não seria possível.

Em relação às consequências reais, aferidas e validadas pela abordagem científica, é oportuno citar o artigo *Ensinos de Chernobyl*, de Ronald K. Chesser e Robert J. Baker, disponível na revista Scientific American Brasil nº 42, Edição Especial, *Os Riscos e as Soluções da Energia Nuclear*. O Dr. Chesser é professor de ciências biológicas da Universidade do Texas e diretor do Centro de

⁸ Ver em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Chernobyl>

Estudos da Radiação Ambiental. Sua linha de pesquisa se concentra em temas relacionados a contaminação radioativa e saúde humana no entorno de usinas nucleares. O Dr. Baker é professor honorário de ciências biológicas da mesma universidade e diretor do Laboratório de Pesquisas em Ciências Naturais. Seu programa de pesquisas calcula a variação molecular em organismos expostos à radiação em Chernobyl. É uma das maiores autoridades mundiais em variação genética e filogenética de espécies de morcegos.

Em razão da importância das conclusões desses cientistas em seu artigo, citam-se *in verbis* e extensivamente partes de seu artigo.

Em 1994, os autores estiveram na zona de exclusão de Chernobyl, para investigar os efeitos biológicos de longo prazo da radiação ionizante⁹ liberada pelo acidente. Estiveram a apenas 2 km dos reatores. Coletaram alguns camundongos para exames em laboratório improvisado.

Passaram 12 anos na área, tentando identificar os efeitos do ambiente radioativo sobre a vida selvagem. Realizaram uma série de estudos e experimentos na zona de exclusão.

As opiniões de vários cientistas sobre as consequências biológicas da exposição ao ambiente contaminado em Chernobyl têm variado muito. Alguns artigos concluem que *o trigo, camundongos, pássaros e seres humanos tiveram taxas de mutação extremamente elevadas e a adaptação evolutiva dos organismos é reduzida*. Outros estudos tentaram reproduzir, sem sucesso, esse eventual aumento na taxa de mutações genéticas ou os efeitos na sobrevivência dos animais que vivem em Chernobyl, quando as amostras foram comparadas com os animais que vivem em ambientes limpos.

Na edição de 25 de abril de 1996, a prestigiosa revista *Nature* apresentou artigo de capa dos Drs. Baker, Chesser e mais cinco outros autores, com os primeiros resultados de suas pesquisas de campo em Chernobyl. Com base em métodos manuais e menos precisos, o projeto experimental de sequenciamento de DNA concluiu que os ratos silvestres que viviam em Chernobyl exibiam taxas elevadas de mutação genética.

Logo após a publicação desse artigo, os laboratórios que ambos dirigiam compraram um sequenciador automático de DNA, que fornece resultados mais precisos que o método manual. Ao utilizar as mesmas amostras, para a surpresa e

⁹ É a radiação com energia suficiente para ionizar átomos e moléculas. Por essa razão, pode danificar células de seres vivos e afetar o material genético, com potencial para causar doenças graves, como câncer.

espanto dos autores, *o sequenciador automático foi incapaz de replicar o resultado relatado na revista Nature. O método mais preciso não encontrou a taxa elevada de mutação que havíamos sustentado no artigo, mesmo repetindo o sequenciamento várias vezes.*

Na realidade, a população de camundongos não havia sofrido qualquer dano cromossômico evidente. Isso ocorreu mesmo com camundongos trazidos de regiões não contaminadas. Trouxeram também camundongos geneticamente modificados para a região. Invariavelmente, os impactos genéticos se revelaram fracos e insuficientes para ameaçar o processo reprodutivo e a longevidade dos roedores. Na realidade, o que eles haviam observado nas primeiras análises eram apenas indivíduos de espécies diferentes, e não indivíduos de uma espécie com mutações. Só conseguiram perceber isso após aprofundadas análises dos genes.

Ao compararem roedores das áreas contaminadas com aqueles da mesma espécie de regiões sem radiação, não notaram *qualquer evidência de aumento de taxa de mutação tributável à exposição à radioatividade.*

Constataram ainda que

após a diminuição inicial das populações animais, dizimadas pela precipitação radioativa, a vida selvagem está prosperando. A região tornou-se um refúgio para populações do cavalo-de-przewalski e do bisão europeu. A densidade populacional de porcos-do-mato selvagens da Rússia é de 10 a 15 vezes maior na zona de exclusão do que nas áreas adjacentes desabitadas. Cegonhas negras, águias rabalvas, ameaçadas de extinção, também são mais comuns na zona de exclusão.

Ironicamente, as proximidades de Chernobyl tornaram-se *uma zona de preservação ambiental.*

Segundo os autores,

o que vimos naquele primeiro verão em Chernobyl nos assombrou, e as descobertas naquele ambiente curiosamente maravilhoso nos intrigaram, e essa sensação permanece. Esses esforços nos levaram a alguns dos momentos mais paradoxais de nossa vida profissional: ao mesmo tempo felizes e desoladores.

Os autores do artigo da *Nature*, cientistas que praticam ciência de qualidade e, portanto, comprometidos com a verdade perante a comunidade científica, publicaram uma retratação do artigo anterior, na edição de 6 de novembro de 1997.

A releitura, pelos autores, de alguns estudos sobre o tema mostrou que várias das pesquisas pareciam estar fora do padrão científico. Um desses estudos relatou que

andorinhas-de-bando coletadas no norte da Ucrânia estavam sofrendo de albinismo parcial e aumento das taxas de mutação de genes, com perda concomitante do ajuste evolutivo. Infelizmente, o estudo não identificou exatamente onde os pássaros foram coletados, não calculou as doses de

radiação a que os animais foram submetidos e forneceu pouca informação sobre o nível de contaminação do solo.

Já a pesquisa de campo feita pelos Drs. Baker e Chesser *mostrou que as andorinhas coletadas na zona de exclusão tinham dez vezes menos radiação do que a que se recebe ao se submeter a um raio X*. Seria, portanto, absurdo responsabilizar essa ínfima dose pelas elevadas taxas de mutação relatadas pelo estudo, que também não forneceu qualquer evidência para essa afirmação. O estudo também não considerou outras hipóteses possíveis: 1) variações genéticas ocorrem naturalmente nas populações de animais. Seria surpresa não encontrar populações com variações genéticas decorrentes de variações geográficas; 2) mutações podem resultar de qualquer outra razão que não a radiação ionizante de Chernobyl.

PREPARE-SE PARA SER IMPOPULAR. Essa é uma das lições que os Drs. Baker e Chesser aprenderam com a experiência de fazer pesquisas científicas em Chernobyl. No 20º aniversário do acidente nuclear, em 2006, novas fontes de informação liberaram dados desconhecidos sobre as consequências do acidente nuclear. Só na contagem de mortos, havia quatro diferentes dados publicados: 1) 95.500; 2) 70.000; 3) 4.000, e 4) 31.

Nenhum dos relatos tentou explicar

a enorme dificuldade que é determinar com precisão o número de mortes provocadas por câncer devido à precipitação de radiação de Chernobyl. A imprensa não questionou as opiniões divergentes entre os cientistas, nem os resultados contraditórios de pesquisas com animais expostos a radiação. Pelo contrário, deu voz aos legisladores, militantes de movimentos contrários a centrais nucleares, que questionavam por que os cientistas estavam tentando ocultar o impacto 'real' da radiação sobre as pessoas e o ambiente.

Nesse cenário, constatam os autores,

os pesquisadores às vezes se vêem em situação difícil, ao apresentarem dados ou conclusões impopulares. Mas quando se tem o compromisso com a verdade, isso faz parte do trabalho. Com suas conclusões, cientistas ajudam a orientar políticas públicas, estabelecer normas e desenvolver novas tecnologias. Os resultados da ciência de boa qualidade são, na verdade, importantes demais para ser influenciados por apelos emocionais. Infelizmente, a ciência de má qualidade atrai grande publicidade, principalmente se gerar controvérsias ou sugerir que os governos estão procedendo temerariamente, ao colocar a vida dos cidadãos em perigo. Mas, no final, ciência medíocre gera políticas fracas.

E isso é culpa, principalmente, de cientistas contaminados por ideologias, que não estão à altura da profissão que escolheram, pois não têm compromisso com a verdade, e usam argumento de autoridade para respaldar suas posições ideológicas. Há também cientistas bem intencionados que não seguem o protocolo científico e tiram conclusões precipitadas a respeito de fatos verificados.

Os Drs. Baker e Chesser concluem seu artigo seminal afirmando que *os relatos conflitantes sobre os impactos genéticos e biológicos da radiação ambiental tornam difícil, mesmo para os cientistas mais gabaritados, inteirar-se de todos os dados*. Gera perplexidade o fato de que:

ainda não há uma contagem precisa do número de mortes ou defeitos de nascença causados pelo desastre de Chernobyl. As pesquisas sobre os efeitos da radiação ionizante em organismos vivos devem ter como base princípios científicos sólidos¹⁰, pela simples razão de que as avaliações de risco, os estatutos normativos e a eficácia das medidas corretivas frequentemente se baseiam nessas pesquisas. A comunidade, os cientistas e o público precisam reconhecer que os estudos ecológicos sobre Chernobyl que não trabalharam com informações precisas sobre a exposição de animais não podem ser qualificados como pesquisa radiológica.

Entre as lições para a ciência, os autores sugerem, como ponto de partida para uma pesquisa de qualidade, *a adoção da hipótese zero (partir da premissa de que os efeitos da radiação sobre os seres vivos no ambiente de Chernobyl não devem ser diferentes dos efeitos sobre os seres vivos fora dele)*. Se essa hipótese for falseada¹¹ – o que do ponto de vista da ciência de qualidade, ainda não ocorreu – haverá profundas implicações para a sociedade. Se houver uma taxa de mutação elevada e perda de saúde, então medidas adequadas devem ser tomadas para nossa própria proteção. Ninguém seria contra essas medidas.

Em relação às políticas públicas, os autores concluem que

os custos dos exageros na normatização (baseada na ciência de má qualidade) podem ser muito altos. Zbigniew Jaworowsky, antigo coordenador do Comitê Científico das Nações Unidas para os Efeitos da Radiação Atômica, estimou que os custos para o controle do cumprimento das normas de segurança para material radioativo nos Estados Unidos foram de US\$ 3 bilhões por vida salva da exposição accidental. Só para efeito de comparação, cada vida salva pela vacina contra o sarampo tem custo de US\$ 99.

Os Drs. Baker e Chesser terminam seu artigo defendendo ações coordenadas para garantir que as políticas públicas estejam lastreadas em ciência de qualidade, forçando *padrões de agrupamento e avaliação de dados, estabelecendo protocolos para a verificação dos resultados por autoridades e para a preservação de amostras, para*

¹⁰ Sobre esses princípios, ver: Edmundo Montalvão – *Ambiente e Energia: Crença e Ciência no Licenciamento Ambiental. Parte I: O Papel da Energia e do Conhecimento Científico na Evolução das Civilizações*. Texto para Discussão nº 93. Acessado em 20.7.2011. Disponível em http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos_discussao.htm

¹¹ Falseamento é conceito introduzido por Karl Popper – o maior filósofo da ciência do século XX – para corrigir deficiências no raciocínio indutivo. Esse raciocínio usa conclusões de situações singulares para validar conclusões universais. Por exemplo: *já que todos os cisnes que conheço são brancos, então todos os cisnes são brancos*. A descoberta de cisnes negros na Austrália mostrou falha na conclusão. Em resumo, *falseabilidade* ou *refutação* de uma hipótese é o ato de realizar uma experiência que mostre que a hipótese é falsa. Ver detalhes na referência 8.

estudos futuros. Sem essa coordenação, terminam os autores, estaremos desperdiçando recursos escassos em estudos desconectados e irreprodutíveis. Com ela, a ciência poderá dar respostas precisas a essas questões que envolvem morte e segurança ambiental. Atualmente, a ciência de qualidade ainda não as deu.

4 CONCLUSÕES

Com base no exposto, aduzem-se algumas conclusões, que servem para separar verdades científicas dos mitos e das ideologias, tão nocivos para o desenvolvimento da ciência de qualidade e para a correta formulação de políticas públicas. Eis algumas dessas constatações:

1. A radiação produzida pela fissão nuclear nos coração dos reatores é potencialmente letal para a vida. Mas ainda não há consenso científico que dimensione as reais consequências da radiação ionizante a longo prazo. Pesquisas mais profundas sugerem que elas podem ser bem menos graves do que se costuma propalar.
2. As usinas nucleares *jamais* se transformarão numa bomba atômica. Enquanto as bombas atômicas têm uma concentração de urânio 235 (físsil) de 90%, a concentração do mesmo átomo nas usinas nucleares é de apenas 3% (misturado em 97% de urânio 238, não físsil). Uma usina nuclear nunca produzirá uma reação nuclear em cadeia instável, como nas bombas atômicas. Podem até ocorrer explosões nas usinas nucleares, mas elas são devidas à produção de hidrogênio no interior do núcleo, que é um gás altamente combustível. O impacto dessa explosão é local; o perigo (ainda não corretamente dimensionado pela ciência de qualidade) reside no espalhamento da radiação liberada, que pode ser levada pelas águas ou pelos ventos.
3. Políticas públicas na área nuclear devem levar em consideração as conclusões tiradas pela ciência de qualidade, filtrando os resultados que tenham questionamentos de outros cientistas, aguardando os resultados do desenvolvimento científico e das novas tecnologias.

Desde Chernobyl, não ocorreram acidentes resultantes de falhas humanas ou de manutenção. Apesar da moratória tácita de construção de novas usinas nucleares desde o acidente na Ucrânia, as usinas antigas continuam funcionando com segurança. O acidente de Fukushima certamente não teria ocorrido se a usina estivesse na Europa Central ou no Brasil, pois não são áreas passíveis de terremotos e/ou de maremotos deles decorrentes. O que houve lá foi um erro de projeto de uma usina instalada em área de grande risco.

Os acidentes nucleares têm semelhança com os acidentes aéreos, no sentido de que a busca incessante das causas dos acidentes serve de instrumento de melhora da segurança de todos os vôos. Não é por outra razão que o Governo da França gastou

vários milhões de euros e dois anos intensivos de trabalhos em alto mar para localizar a caixa preta do vôo da Air France, que caiu no trajeto entre o Rio de Janeiro e Paris.

Na aviação, as mortes de passageiros por acidentes vêm diminuindo continuamente desde que se iniciaram os vôos comerciais, em razão dessa busca. Atualmente, andar de avião é muito mais seguro do que andar de carro. Os poucos acidentes nucleares já ocorridos também vêm sendo úteis para depurar as tecnologias de construção de novos reatores, e melhorar os procedimentos operativos e o treinamento dos operadores.

As usinas nucleares resultantes de novas tecnologias são muito mais seguras do que as que estão em operação atualmente. Os três maiores acidentes da história da indústria nuclear não teriam ocorrido se estivessem disponíveis as tecnologias dos novos reatores. Estes têm dispositivos passivos para resfriamento do núcleo, que independem de eletricidade ou da intervenção humana. São reatores com vida útil mais longa, com maior eficiência térmica e com maior robustez.

Tem havido propostas de ambientalistas para uma moratória na construção de usinas nucleares no Brasil e para o fechamento imediato das usinas termonucleares de Angra dos Reis. Mas, em face de tudo o que foi dito, é fundamental que não se limite voluntariamente as opções energéticas do Brasil, por meio de uma moratória unilateral. A sociedade alemã provavelmente optou por esse caminho em razão de o tema não ter sido suficientemente esclarecido, e também em face de uma ideologia já cristalizada na opinião pública daquele País que torna difícil qualquer mudança de posição. Ademais, alemães, suecos, italianos não dispõem de reservas de urânio para garantir a segurança energética interna, razão pela qual não têm muito a perder com esse abandono. Não é o caso do Brasil.

A Constituição brasileira não dá um *cheque em branco* para o Poder Executivo construir usinas nucleares. Cada nova unidade precisa da autorização do Congresso Nacional; a escolha de qualquer local para eventual construção de uma usina termonuclear também precisa ser referendada pelo Congresso Nacional. Dessa forma, o Poder Legislativo pode tomar a decisão de não construir qualquer usina nuclear, caso o Poder Executivo não dê as devidas garantias de segurança para a sociedade.

As usinas nucleares existentes de Angra estão na base do sistema elétrico e são imprescindíveis para a segurança energética do País. Não deveriam, portanto, ser desativadas. Elas passam por contínuos melhoramentos em sua segurança. Aliás, os países detentores de usinas nucleares estão em constante contato para trocarem informações e procedimentos que melhorem continuamente a segurança de todas as instalações nucleares do mundo.

O Brasil precisará, na próxima década, da opção nuclear para garantir a segurança energética em relação ao seu sistema elétrico e ao fornecimento de combustíveis. Precisarão também dessa fonte de energia para garantir a modicidade

tarifária. A renúncia a esse enorme potencial energético deixaria o País dependente de fontes fósseis, mais caras e finitas.

Ambientalistas mais abertos ao debate perceberam a importância ambiental da energia nuclear como substituta das fontes emissoras de GEE e fundaram a Associação dos Ambientalistas a Favor da Energia Nuclear (AAEN), presente em sessenta países. Em seus estatutos, estabelece como objetivo da Associação *informar, de maneira completa e correta, sobre as questões energéticas, divulgar as vantagens ambientais da energia nuclear e reunir as pessoas favoráveis a uma utilização inteligente e com fins pacíficos da energia nuclear, respeitando o meio ambiente.*

Para a AAEN,

a oposição à energia nuclear, do ponto de vista ambiental, é o grande engano e erro do século, resultado de falta de informação e desconhecimento do assunto. Se for gerenciada adequadamente, a energia nuclear é uma energia muito limpa, não emite nenhum gás poluente para a atmosfera, utiliza em sua construção um número reduzido de materiais (por kWh) se comparada com a energia solar e eólica, produz pequena quantidade de rejeitos (totalmente confinados), e não contribui para o efeito estufa, pois não emite dióxido de carbono (CO₂), ao contrário do carvão, petróleo e gás.

A Associação conclui que *os verdadeiros ambientalistas são a favor da energia nuclear. A AAEN presta serviços informando ao público sobre os benefícios da energia nuclear para o meio ambiente, a mais limpa das fontes energéticas disponíveis para a produção de energia elétrica em grande escala.*

Conclui-se este texto com uma entrevista do Dr. James Lovelock, um dos mais influentes cientistas do século XX. A entrevista abaixo foi dada para a revista Superinteressante, em dezembro de 2004¹².

Por que usar energia nuclear e não outras formas tidas como ecologicamente corretas, como a eólica e a solar?

Seria ótimo se pudéssemos contar somente com essas fontes de energia, mas elas não satisfazem nossas necessidades. Se houvesse um bilhão de pessoas no mundo, bastaria usar as energias solar, eólica, hidrelétrica e uma quantidade modesta vinda da queima de madeira. Mas já somos mais de seis bilhões e a população continua aumentando. A energia nuclear é limpa e não provoca aquecimento. Uma estação pode ser construída em três anos. É também uma fonte de energia altamente disponível, não está acabando nem ficando mais cara, como o petróleo.

¹² Ver em http://www.ecolo.org/lovelock/lovelock_gandhi_nuc-Braz_04.htm

Um desastre como o de Chernobyl, na União Soviética, não seria suficiente para banir as usinas nucleares?

Há muita mentira em torno desse assunto. De acordo com informes da ONU, houve 45 mortos em consequência da explosão do reator em Chernobyl. Quase todos eram trabalhadores da usina, bombeiros e integrantes das equipes que sobrevoaram o fogo para apagá-lo. Os 45 morreram principalmente devido à radiação recebida pelo reator aberto e pelos escombros altamente radioativos que se espalharam ao redor dele. Aqueles que moravam perto da usina foram expostos à radiação, mas continuam vivos. É verdade que alguns podem morrer antes do esperado com cânceres provocados por radiação, mas lembre-se: em 1952, 5 mil pessoas morreram em Londres, num único dia, envenenadas por fumaça de carvão. Estima-se que centenas de milhares morreram desde então em decorrência de câncer do pulmão causado pela inalação de substâncias cancerígenas na fumaça. Mas a mídia não fala da queima de carvão como causa massiva de tumores.

Por que, então, há tanta oposição ao uso da energia nuclear?

As pessoas sempre têm medo de algo. Antes, eram fantasmas e vampiros. Hoje, energia nuclear. A oposição baseia-se numa ficção hollywoodiana, na mídia e em *lobbies* do movimento verde.

Você sempre foi considerado um guru dos ecologistas e agora não perde uma oportunidade para criticá-los. Qual é o motivo desse desentendimento?

Os verdes são importantes, mas estão errados. Eles se preocupam com as pessoas e esquecem da saúde da Terra. Não percebem que somos parte do planeta e dependemos dele. Eu mesmo sou um verde, mas tento mostrar que estão errados sobre energia nuclear.

Ao quebrar átomos, as usinas nucleares não alteram o equilíbrio de Gaia?

Ao contrário. Se você olhar para o Universo, verá que sua energia natural é nuclear. Toda estrela é uma estação nuclear, inclusive o Sol. O único método anômalo de obtenção de energia é a queima de combustíveis aqui na Terra. É muito mais natural usar energia nuclear do que queimar carvão e mandar gás carbônico para a atmosfera.

Você pede o fim da queima de óleo e carvão. Mas muitos países, como o Brasil, têm na água a maior fonte de energia. Como a troca que você propõe mudará um quadro com tantas variáveis?

Concordo que diferentes países terão soluções distintas para o problema. Mas, no momento, usar energia nuclear é a saída mais acessível e realista para o aquecimento global. Estados Unidos, China e Europa precisam cortar imediatamente 60% do combustível fóssil queimado para não

termos consequências desastrosas. Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, a temperatura no planeta aumentará em média 3,5 graus até 2100. Para comparar, na última era do gelo, que terminou há 12 mil anos, a média de temperatura era 3,5 graus menor que em 1900. Ou seja: a mudança até 2100 será comparável àquela entre a era do gelo e 1900. A floresta amazônica não existia naquele tempo. E ela pode também não existir no fim deste século.

Basear a eletricidade em energia nuclear não provocará uma exploração desenfreada de urânio que ameaçaria a natureza de países como o Brasil?

Não, porque as quantidades são pequenas. Um quilo de urânio produz aproximadamente 10 milhões de vezes mais energia que a mesma quantidade de carvão ou petróleo. Na verdade, o Brasil poderia ter benefícios econômicos com a mudança, tornando-se um grande provedor mundial de urânio.

E o que faremos com o lixo atômico?

O volume de lixo atômico de alto nível produzido pelas usinas nucleares do Reino Unido, em seus 50 anos de atividade, equivale a 10 metros cúbicos. É do tamanho de uma casa pequena. Se colocado numa caixa de concreto, esse lixo seria totalmente seguro e a perda de calor (do resíduo) ainda poderia ser aproveitada para aquecer minha casa.

As usinas nucleares não podem se tornar alvo preferencial de terroristas?

Não creio. As estações nucleares estão localizadas em construções fortes. Parecem mais bunkers que edifícios normais. Tenho informações de que elas podem suportar o choque de um avião, por exemplo. O grande perigo em relação aos terroristas é que eles roubem plutônio ou urânio em quantidade suficiente para fazer uma bomba atômica rudimentar. Enormes estoques desses elementos foram armazenados na Europa, na ex-União Soviética e Estados Unidos durante a Guerra Fria.

Você acredita que as multinacionais do petróleo podem encampar sua proposta e produzir energia nuclear?

Certamente. Elas não se consideram companhias de petróleo, e sim energéticas. Não lhes importa de onde a energia vem, mas o lucro que conseguem nesse processo. Creio que elas poderiam, inclusive, investir na construção e operação de usinas nucleares.