

ASPECTOS AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR (*)

Rubens Vaz da Costa

RESUMO: O autor trata do problema da poluição ambiental, situando seu início com o advento da revolução industrial, e agravamento na utilização crescente de materiais não-bio-degradáveis, produtos químicos e outras substâncias tóxicas. Embora os efluentes produzidos pelos seres humanos, animais, motores, fábricas, agricultura, mineração, etc. representem um grave problema, sua solução pode ser equacionada através de legislação adequada e estímulos e desestímulos econômicos. Já a "poluição nuclear" significa um perigo sensivelmente maior para a humanidade, vez que o "Plutônio 239", subproduto das usinas nucleares, tem uma vida radioativa estimada em 24 mil anos, o que dá uma idéia dos riscos decorrentes do aumento da quantidade desse "lixo atômico" no planeta. Examinando as possíveis soluções do problema ecológico, o autor tece considerações sobre o consumo de energia e sua relação com o desenvolvimento, necessidades futuras de energia e opções que, em termos de energia elétrica, se oferecem para o Brasil.

I — A POLUIÇÃO AMBIENTAL

A. NATUREZA DO PROBLEMA

- . A poluição do ambiente é tão antiga quanto a presença da espécie humana neste Planeta. No entanto, antes que o homem começasse a exercer atividades econômicas em escala considerável, não existia um problema de poluição ambiental. Todas as substâncias poluentes eram rapidamente absorvidas pela natureza.

(*) Palestra pronunciada na 2a. Conferência Nacional do Meio-Ambiente, em São José dos Campos no dia 15.04.77.

- . As concentrações humanas em cidades começaram a criar os primeiros problemas de preservação do meio-ambiente. O mais importante era a poluição dos rios, veículos de pestes que assolaram países europeus na Idade Média. A invenção dos esgotos sanitários com o tratamento dos efluentes foi a solução encontrada para a questão.
- . O advento da Revolução Industrial trouxe a poluição do ar, do solo e das águas. Enquanto as atividades de transformação industrial eram basicamente artesanais, o problema da poluição decorria tão-somente de excesso de substâncias poluentes, geralmente bio-degradáveis, nalgum ponto, num certo momento. A grande capacidade de auto-regeneração da natureza resolvia com rapidez relativa os problemas do excesso de matéria orgânica nas águas ou no solo, recompondo a qualidade do meio-ambiente.
- . A revolução industrial, exigindo a crescente utilização de materiais não-bio-degradáveis, produtos químicos e outras substâncias tóxicas, começou a criar sérios problemas ambientais. Metais como o mercúrio e minerais usados pela indústria passaram a ser descarregados nos rios, causando concentrações nocivas aos diversos eco-sistemas. As emissões de gases de enxofre pela queima de carvão nas fábricas, por exemplo, poluem a atmosfera. O problema é a concentração, pela ação do homem, de poluentes não-bio-degradáveis nas águas, no ar e no solo. Os veículos automotores aumentaram consideravelmente a contaminação atmosférica nas cidades. As atividades agrícolas modernas, usando intensivamente fertilizantes, concentram no ambiente substâncias poluentes, em muitos casos, acima da capacidade auto-regenerativa da natureza. A pecuária intensiva com suas engordas em confinamento, (feed-lots) apresenta idênticos problemas. Embora os dejetos sejam bio-degradáveis, sua concentração está criando problemas ambientais sérios nos lençóis freáticos, lagos e rios. Os defensivos, entre os quais se sobressai o DDT, quando usados em grandes quantidades, estão provocando graves problemas de rompimento de equilíbrio biológico.
- . Mas, o aspecto fundamental deste tipo de poluição é a concentração e o excesso de poluentes em relação ao meio-ambiente. A ação do homem não criava poluentes: concentrava substâncias poluentes no ar, no solo ou nas águas, que, pelo seu excesso ou por serem tóxicas ou não-bio-degradáveis, rompem o equilíbrio biológico. Neste contexto, já se notam os efeitos da poluição nos mares, apesar da sua quase infinita capacidade de auto-regeneração.

- . O advento da era nuclear acrescentou uma nova e perigosa fonte de poluição, neste caso, criada pelo homem. O subproduto das usinas nucleares — o chamado “lixo atômico” — (o elemento Plutônio 239) não existe em estado natural. O Plutônio pode ser manipulado com risco radiológico relativamente pequeno, mas, se for aspirado ou entrar no sistema circulatório, é uma das substâncias mais mortíferas que se conhecem. Apenas 10 milionésimos de um grama podem causar câncer pulmonar e meio quilo de Plutônio seria o suficiente para envenenar toda a humanidade. Ademais, a vida radioativa do Plutônio é estimada em 24 mil anos, o que pode dar uma idéia dos riscos decorrentes do aumento da quantidade desse “lixo atômico” no planeta.
- . Embora os efluentes produzidos pelos seres humanos, animais, automotores, fábricas, agricultura, mineração, etc., representem um grave problema, sua solução pode ser equacionada através de legislação adequada e estímulos e desestímulos econômicos. Não se deve minimizar este problema que aflige principalmente os milhões de habitantes das grandes cidades, mas sua solução é viável a um custo suportável, embora elevado, num lapso de tempo razoável. Exemplo disto, é a melhoria considerável do ar e das águas do rio Tâmis, em Londres.
- . Já a “poluição nuclear” é questão de outra natureza. Não se sabe como fazer a “disposição final” do Plutônio, porque o homem não inventou ainda um material de embalagem que dure mais de 24 mil anos. O que se vem fazendo, precária e perigosamente, é depositar o “lixo atômico” em quantidades crescentes no fundo do mar, em tonéis de aço revestidos de cimento, e em cavernas na própria terra. E, pior ainda, o Plutônio 239 é matéria-prima para explosivos nucleares, de que já estão armazenados o suficiente para “matar a humanidade 20 vezes” ou mais. Não se faz preciso aumentar esse tipo de poluição nuclear.

B. AS CATEGORIAS DE POLUIÇÃO

- . A poluição ambiental pode ser vista de outros ângulos. Pode ser dividida, didaticamente, em poluição da riqueza, que é um subproduto indesejável e evitável da industrialização e do desenvolvimento econômico mal planejado, e em “poluição da pobreza” — isto é, a miséria das favelas e de certas áreas rurais — que é decorrência da falta ou insuficiência de desenvolvimento econômico. A sujeira, a promiscuidade, as doenças são algumas das suas manifestações.
- . Uma cidade como São Paulo, por exemplo, inclui entre seus problemas as duas categorias de poluição: industrialização desordenada e predatória do

meio ambiente e a crescente favelização, convivendo lado a lado numa simbiose doentia.

C. AS SOLUÇÕES DO PROBLEMA ECOLÓGICO

- . Do ponto-de-vista econômico, é fácil esquematizar soluções para reduzir e controlar a agressão das atividades humanas, agrícolas, de mineração e industriais ao meio-ambiente. As soluções práticas, no entanto, são onerosas, difíceis politicamente e requerem tempo. Por isto mesmo, não há tempo a perder na contenção do “crescendo” poluidor que ameaça a ecologia, especialmente nas áreas urbanas. Quanto mais demorarem soluções sensatas e bem fundamentadas, maior a responsabilidade que se lançará sobre as gerações futuras.
- . O problema econômico pode ser colocado de maneira simples. Trata-se de equilibrar os custos sociais — isto é, os efeitos negativos da poluição sobre a comunidade, com os benefícios privados advindos aos que exploram atividades econômicas poluidoras. Noutras palavras, fazer o poluidor ou seus produtos pagarem o preço necessário a “limpar” o ambiente que estiverem contaminando. Esta estratégia é adequada a indústrias e no que se refere a poluição futura. Na realidade, o consumidor ou usuário pagará o custo da prevenção da poluição.
- . No que diz respeito à poluição que já se acumulou no meio ambiente, o poder público deve promover sua “limpeza”, o que significa que o custo será suportado pelo contribuinte. Se a primeira estratégia funcionar adequadamente, isto é, se as fábricas reduzirem suas emissões de poluentes a níveis compatíveis com a capacidade regeneradora do ambiente, se houver o tratamento dos efluentes domésticos e disposição final satisfatória do lixo, o problema da poluição acumulada no passado será resolvido com relativa facilidade e a custo moderado.
- . Infelizmente, nem todos os tipos de poluição podem ser resolvidos através de estímulos e desestímulos econômico-financeiros. Há casos em que só a regulamentação bem orientada e sensata e seu cumprimento estrito, resolvem. Aqui se inclui, por exemplo, o caso dos fertilizantes e defensivos agrícolas. O poder público deve decidir o tipo e a quantidade máxima a ser aplicada, de acordo com as condições locais. Obviamente, certas substâncias, por seus efeitos lentos e de longo prazo, devem simplesmente ter seu uso proibido. A poluição pela emissão de gases pelos veículos automotores é outro exemplo em que só a regulamentação e seu cumprimento podem dar resultados.

- . A “disposição final” do “lixo atômico” é o caso mais dramático. A rigor, a produção desta terrível fonte de contaminação deveria ser proibida. Mas isto, no nível atual da tecnologia, significaria desistir da produção de energia nuclear, opção com que, infelizmente, a humanidade não conta no presente. O que se impõe, por conseguinte, é a adoção das mais estritas medidas de segurança, o que, não obstante, oferece pouca tranquilidade no que toca às futuras gerações.
- . Impõe-se que as leis e regulamentos visando a proteger o ambiente sejam razoáveis e sensatas. O Brasil não tem recursos para obter “descarga zero” de poluentes, nem isto tem sentido econômico ou ecológico. Assim, não se deseja ver no país versões nativas dos “Sierra Clubes”, como bandos de “vigilantes” batalhando pela preservação do meio-ambiente, em detrimento dos objetivos nacionais de crescimento econômico e de satisfação das necessidades básicas do povo brasileiro. Precisa-se, isto sim, e ainda não se tem, de um corpo de legislação criando incentivos e desestímulos econômicos e regulamentando adequada e sensatamente a proteção do ambiente que se herdou dos antepassados e se deve legar aos filhos e netos em condições que assegurem o seu desfrute e gozo.
- . Finalmente, neste particular, e antes de abordar outro assunto, é mister frisar que, apesar da complexidade, o problema do ambiente pode ser reduzido à sua essência, através de uma analogia. Assim como uma dona-de-casa deve limpar e manter limpo o seu lar, para satisfação e conforto próprio e dos seus familiares e amigos, a espécie humana tem o dever indeclinável de limpar o ambiente que contaminou, preservá-lo de contaminação desnecessária e fazer o possível para mantê-lo limpo no futuro. O assunto é desta simplicidade elementar em sua conceituação básica.

II – A. ENERGIA E DESENVOLVIMENTO

- . Como se viu, a contaminação ambiental é filha espúria do desenvolvimento econômico. E a história do desenvolvimento econômico está correlacionada com a utilização crescente de fontes menos nobres de energia.
- . Nos primórdios da humanidade, só a energia muscular humana era usada pelos caçadores e coletores de frutos que então habitavam a terra. A agricultura e a domesticação de animais adicionaram a força muscular animal como fonte de energia. Em seguida, o homem usou a força dos ventos, ao inventar a vela para navegar. A água foi fonte energética que conquistou para movimentar moinhos e produzir hidroeletricidade. Da máquina a va-

por, movida a lenha, carvão ou óleo combustível, que permitiu a ampliação dos mercados através das ferrovias e de navios maiores e mais rápidos, passo de gigante no desenvolvimento econômico foi dado com a invenção do motor de explosão, movido a derivados de petróleo, fonte de energia rica, barata, de fácil transporte e de grande conveniência, cujas reservas, nalgum momento, pareciam inesgotáveis.

- . O uso crescente de energia fóssil — carvão e petróleo — fator decisivo do desenvolvimento econômico — criou problemas ambientais por cuja solução ainda muito se tem que lutar. Foi uma maneira “barata” de fazer desenvolvimento, agredindo e depredando o meio-ambiente, a custos sociais altíssimos, mas com lucros e benefícios privados muito elevados, o que facilitou a formação de capital. Este tipo de desenvolvimento não foi ainda devidamente analisado porque as estatísticas nos mostram apenas o crescimento do “Produto Nacional Bruto” — medida do valor dos bens e serviços produzidos. Mas, como advoga o Prof. P. A. Samuelson, é necessário abater das cifras do PNB o custo social da poluição ambiental, até agora não quantificado, para se chegar ao “Bem-Estar Líquido” (BEL) de um povo, medida mais adequada da qualidade da vida.
- . Quando tais cálculos forem feitos, ver-se-á que o BEL é muito menor que o PNB e que, em certas circunstâncias e nalguns anos, às elevadas taxas de crescimento do PNB pode corresponder uma redução do BEL. No momento em que se passa a defrontar com a primeira fonte de poluição realmente criada pelo homem — o Plutônio 239 — as demais são transferidas de um ponto a outro da natureza e ali concentradas — é necessário que se disponha de instrumentos mais sofisticados e compreensíveis do que o PNB para medir o quanto se está progredindo ou regredindo.
- . A continuação do crescimento econômico, ou melhor ainda, do aumento do Bem-Estar Líquido (BEL) requer que se tornem disponíveis novas fontes de energia. As taxas de crescimento do PNB guardam, historicamente, relação unitária ou maior do que um com as taxas de crescimento do consumo de energia. Assim, o crescimento de 10% do PNB significa um aumento do consumo de energia da ordem de 10%. O Balanço Energético Nacional, publicado pelo Ministério das Minas e Energia, utiliza em suas projeções modestas a razão de 0,8 entre consumo de energia e crescimento do PNB.
- . Por outro lado, os níveis de desenvolvimento das nações estão relacionados com o consumo de energia. De acordo com dados publicados no livro “Mankind at The Turning Point”, a relação entre consumo per capita de energia e produto interno bruto per capita, ao nível de renda de US\$ 200

por ano (África Tropical), é de 0,7. Já nos países da Europa Ocidental, quando o PIB per capita era da ordem de US\$ 1.500, a razão consumo de energia per capita e PIB per capita era de 2,5. Na América do Norte, ao nível de PIB per capita de US\$ 1.000, era 4,0.

- . Não se pode, pois, imaginar o aumento do nível de consumo, objetivo central do desenvolvimento econômico, sem uma utilização intensiva e crescente de energia, a menos que a escassez desta obrigue a uma transformação radical nos padrões de conforto e de desperdício de energia a que se acostumaram os países industrializados, modelo que os povos em vias de desenvolvimento vêm copiando quase que cegamente.

B. NECESSIDADES FUTURAS DE ENERGIA

- . A continuidade deste “modelo” requer que, dentro de um século, toda a energia consumida seja de origem nuclear, admitindo-se que não seja desenvolvida, como fonte alternativa, a energia solar. Supondo que, por volta do ano 2.075, a população do mundo seja da ordem de 12 bilhões de pessoas, o modelo de computador dos Profs. Mesarovic e Pestel, apresentado no livro acima referido, estima que serão necessários 3.000 “parques nucleares”, com 8 reatores “fast breeders” em cada, ou seja, que estejam funcionando 24.000 reatores, convertendo cada 5 milhões de KW, a 40% de eficiência, para gerar a eletricidade então requerida.
- . Nesta hipótese, será necessário que nos próximos 100 anos sejam construídos 4 reatores nucleares, **por semana**. Supondo a vida útil de 30 anos, só para substituir os reatores esgotados, será preciso construir mais dois reatores **por dia**. É fácil imaginar que o investimento de dinheiro na produção de reatores será fantástico, pois só a substituição dos reatores usados custaria cerca de US\$ 2.000 bilhões por ano (aos preços atuais), mas esta não seria, talvez, a principal dificuldade.
- . A operação dos 24.000 reatores requererá o processamento e transporte de 15 milhões de quilos de Plutônio 239, por ano. Que fazer com esta fantástica carga poluente? Estes dados, divulgados no livro “Mankind at The Turning Point”, já citado, dão muito o que pensar e refletir. E é por isto que seus autores colocam-se frontalmente contra a solução nuclear para a questão energética, propondo a alternativa da energia solar.
- . Sugerem os Profs. Mesarovic e Pestel, naquele relatório ao Clube de Roma, a seguinte estratégia alternativa:

a curto prazo — até o fim da próxima década — deve ser assegurado um fluxo constante e confiável de petróleo das regiões produtoras e exportado-

ras, a fim de ser mantida a estabilidade sócio-econômica das regiões importadoras. Em compensação pela sua colaboração, seria garantido aos produtores de petróleo um papel permanente na indústria produtora de energia da era pós-petróleo;

a médio prazo — entre os anos 1985-2.000 — as fontes primárias de energia seriam suplementadas com carvão, gás e carvão liquefeito;

a longo prazo — no século 21 — a estratégia proposta se fundamenta na energia solar.

- . Se tal proposição fosse factível, a era nuclear não iria além do que já está feito. A viabilidade política e prática do modelo "Mesarovic/Pestel" é altamente duvidosa, considerando-se que muitos países já embarcaram na solução nuclear. Isto não significa que sua propositura não seja a que faz mais sentido e, se implementada, evitaria os graves problemas com que se está defrontando a humanidade. O temor de o "lixo atômico" — Plutônio 239 — ser usado na fabricação de artefatos nucleares é o que motiva o Presidente Carter em sua campanha contra a venda de usinas de reprocessamento e o seu propósito de proibir, por lei, a instalação de tais usinas nos Estados Unidos.

III — HÁ OPÇÕES PARA O BRASIL?

- . No que toca ao Brasil, infelizmente até o momento não foram encontradas reservas satisfatórias de combustíveis fósseis e físseis. A produção de petróleo há tempos estacionou em cerca de 10 milhões de toneladas por ano, pelo que vem aumentando, assustadoramente, a dependência do Brasil de petróleo importado. Até que as recentes descobertas entrem em produção e novos campos de grande capacidade sejam localizados, ter-se-á que conviver com uma situação crítica no que se refere a combustíveis líquidos. O carvão brasileiro é pobre e são escassas as reservas. O Balanço Energético Nacional, publicado pelo Ministério das Minas e Energias, estima que a dependência externa de carvão quintuplicará até 1985, passando das 2.800 mil toneladas importadas em 1976, para uma necessidade de importação de 13 milhões de toneladas em 1985.
- . Quanto ao urânio (yellow cake), de acordo com aquele documento oficial, a dependência brasileira será total na próxima década. O Brasil deverá estar importando mais de 600 toneladas em 1985, para manter em operação os reatores de Angra dos Reis. Diz, ainda, o Balanço, que "cerca de 11.000 toneladas de urânio já fazem parte de nossas reservas razoavelmente asseguradas, havendo possibilidade de que esse número venha a se elevar, a curto

prazo, significativamente". Prossegue o Balanço: "Quanto ao tório, pode-se afirmar que o Brasil se encontra entre os principais detentores de reservas do aludido minério. Seu aproveitamento deverá iniciar-se no final da próxima década, quando a respectiva tecnologia estiver mundialmente consolidada".

- . Em contraste com este quadro sombrio em combustíveis fósseis e físseis, dispõe-se de um enorme potencial hidroelétrico, estimado em cerca de 150.000 MW. Estão sendo aproveitados atualmente 17.000 MW e programado, até 1985, o aproveitamento de mais 27.000 MW, com o que quase triplicará a atual capacidade instalada. Mas, de acordo com o Balanço Energético, "grande parte do potencial remanescente encontra-se em regiões afastadas dos principais centros consumidores", o que dificulta e encarece o seu aproveitamento.
- . O Balanço Energético apresenta uma estimativa da produção de energia elétrica que aumentaria de 87.500 GWh em 1976, para 225.000 GWh em 1985. A hidroeletricidade mais que duplicaria, passando de 82.400 GWh para 200.000 GWh, enquanto a produção de energia termoeletrica estacionaria em 5.000 GWh. Mas, em 1985, as usinas da NUCLEBRAS, em Angra dos Reis, já estariam gerando 19.000 GWh, ou seja 8% do total da eletricidade produzida no Brasil.
- . Supondo um crescimento da demanda de cinco por cento ao ano, de 1986 até o fim do século, seria necessário produzir 450.000 GWh no ano dois mil. Na hipótese de que o melhor uso da capacidade hidroelétrica e de novos aproveitamentos elevem a produção de hidroeletricidade para 300.000 GWh, e supondo que as descobertas de carvão e petróleo se destinem ao atendimento das necessidades de transporte, vapor industrial, calefação e outros fins, toda a necessidade adicional de energia elétrica deveria ser suprida por reatores nucleares.
- . Assim, entre 1985 e 2.000, a produção de eletricidade pelos reatores deveria atingir 150.000 GWh, ou seja, um terço de toda a geração de eletricidade do País. Esta estimativa, elaborada pelo autor, é coincidente, em ordem de magnitude, com o que foi divulgado recentemente pela ELETROBRÁS, calculando a participação da eletricidade de origem nuclear em 30% do total, no ano 2.000.

A tabela abaixo sintetiza estas projeções:

Projeção da Produção de Energia Elétrica

(1.000/GWh)

A n o	<u>1 9 7 6</u>	<u>1 9 8 5</u>	<u>2 0 0 0</u>
<u>Fonte</u>			
Hidro	82,4	201	300
Termo	5,1	5	—
Nuclear	—	19	150
Total	87,5	225	450

FONTES: Balanço Energético Nacional/1976 — MME e estimativas do Autor.

As cifras apresentadas indicam claramente que a estratégia sugerida por Mesarovic e Pestel não é válida para o Brasil. A única maneira de se aguardar a energia solar, mantendo o processo de desenvolvimento econômico, é promover a capacitação na área nuclear. Na verdade, já se está atrasado na construção de usinas nucleares, razão por que não é tolerável qualquer adiamento na execução do acordo assinado com a Alemanha. Se, por acaso, elementos fortuitos ou falta de recursos dilatarem o prazo da conclusão e operação das usinas, estar-se-á correndo o risco do racionamento de eletricidade e da diminuição da taxa de crescimento econômico, consequências potencialmente desastrosas para um país cuja população aumenta 3 milhões por ano.

Por outro lado, não se pode ficar indiferente ao perigo que representa a acumulação, no território nacional, de quantidades crescentes de Plutônio 239. Todas as precauções para preservar o meio-ambiente de uma possível contaminação atômica devem ser tomadas, visando ressaltar a saúde da população presente e das gerações vindouras. É um delicado equilíbrio a que se está forçado, pois, para o Brasil, não há no momento opção viável e aceitável ao desenvolvimento da sua indústria nuclear.

Abstract: The author discusses the problem of environmental pollution, starting with the industrial revolution and worsening with the increased use of non-biodegradable materials, chemical products, and other toxic materials. Even though the wastes produced by humans, animals, motors, industry, agriculture, mining, etc. present serious problem, solution could be achieved through adequate legislation and economic policies. Nuclear pollution already represents a major threat to humanity, given that Plutonium 239, a by-product of nuclear plants, has an estimated radioactive life of 24,000 years. This gives a good idea of the risks associated with an increase in the quantity of atomic wastes on the planet. The author examines possible solutions to the ecological problems in terms of energy consumption and its relationship to development, future energy needs, and the alternatives facing Brazil in terms of electric energy.