



# GUERRA QUÍMICA

## O LIXO ATÔMICO

Cap. Art. DIÓGENES VIEIRA SILVA

Comportamento irresponsável seria o de um fabricante de qualquer produto que, continuamente, armazenasse sob sua fábrica materiais explosivos que pudessem levar pelos ares tôda sua obra, se qualquer acidente ocorresse. No entanto, é êsse o comportamento que a humanidade, ou melhor, parte da humanidade — uma pequena minoria que decide o que fazer e quando fazer, sem o mínimo de consideração para com a imensa maioria que a tudo assiste abobada e apáticamente — está tendo. Dezenas de usinas atômicas, centrais atômico-elétricas e fábricas as mais diversas, em contínuo funcionamento, desde que a energia liberada em Hiroshima e Nagasaki, em 1945, foi domada e colocada a serviço do homem, com finalidades pacíficas, estão diariamente produzindo subprodutos extremamente perigosos, vulgarmente conhecidos como **lixo atômico**. Pouco ou quase nada dêle se fala, a não ser, como foi o caso, recentemente, de uma experiência de certo vulto que adquire ressonância nos principais órgãos de opinião.

No corrente mês de outubro, um comunicado do Commissariado Francês de Energia Atômica, foi o responsável por tôda a grita surgida, não apenas na França, mas também no minúsculo Principado de Mônaco, inexplicavelmente rebaixada a notícia sem importância pela nossa imprensa, que se limitou a pequenas transcrições dos despachos telegráficos.

Vejamos, um pouco por alto, o que é êsse lixo atômico, e qual a razão pela qual sua colocação no Mediterrâneo levantou êsses protestos.

### 1 — O LIXO ATÔMICO

Em trabalho que publicamos nesta mesma Revista, sob o título "Guerra Atômica e Guerra Radiológica", ao tratarmos da produção dos agentes radiológicos, afirmamos:

"Talvez pela primeira vez na história da humanidade, tenha surgido como um grave problema para certas indústrias o jogar fora, como imprestável e perigosa, uma valiosa munição

de guerra. Sim, pois o tão comentado lixo atômico, resíduo dos reatores nucleares ou das pilhas atômicas, nada mais é do que um elemento que poderá ter utilização em caso de guerra, como agente radiológico."

Todos sabemos que a energia gerada pelos reatores nucleares, com ajuda de fissão nuclear, traz como conseqüência a produção de materiais radioativos que, normalmente, ficam dentro dos reatores, desde que eles tenham sido construídos e estejam sendo operados dentro de rigorosos controles técnicos e com o indispensável nível de precaução.

Mas, depois de algum tempo de funcionamento, êsse resíduo da carga inicialmente utilizada para alimentar o reator, deverá ser removido e substituído por uma nova carga ou novo combustível. Êsse resíduo é que é o chamado **lixo atômico**, dotado de alta dose de periculosidade, por ser grandemente radioativo, sendo constituído de isótopos diversos com meias-vidas de durações as mais variadas. (1)

Alguns dêsses isótopos poderão ter utilidade na indústria, na agricultura ou na medicina, porém, essas finalidades darão vazão a uma quantidade relativamente ínfima dos resíduos dêsses reatores. Por outro lado, a necessidade, principalmente para usos na medicina e na agricultura, de isótopos específicos, obriga os reatores a serem utilizados na obtenção deliberada dêsses mesmos isótopos diretamente, e não com a procura dos mesmos nos resíduos. (2)

Desde que a energia atômica começou a ser utilizada para finalidades pacíficas, portanto, surgiu o problema de dar destino certo e seguro a tais resíduos. As soluções alvitradas são diversas, porém, tôdas até hoje apresentando graves inconvenientes. Veremos uma a uma as soluções estudadas e utilizadas.

## 2 — DISPERSÃO NA ATMOSFERA

O lixo atômico pode se apresentar sob a forma sólida, líquida ou gasosa. A possibilidade de dispersão na atmosfera foi estudada para tôdas as três formas acima, se bem que a mais fácil de utilizar tenha sido a forma gasosa. O gás radioativo é descarregado na atmosfera por meio de canos semelhantes a altas chaminés, tomando-se a precaução de só permitir o escapamento nos momentos em que a condição de **lapse** acentuada facilite a ascensão dêsses gases para as altas ca-

---

(1) Como resultado da fissão nuclear, um total de aproximadamente 280 nuclídeos separados são produzidos, e todos eles podem aparecer nos detritos de um reator nuclear. (James Stockley).

(2) O Dr. E. Glueckauf, do Instituto Britânico de Energia Atômica de Harvard, apresentou, em Genebra, um projeto, a longo prazo, visando a obter, do lixo dos reatores atômicos, vários produtos úteis, como o estrôncio 90 e o cézio 137, para serem usados como fonte de calor e, posteriormente, metais raros, como rutênio, rádio e paládio, com muitas aplicações, em virtude da dureza e resistência à corrosão apresentadas.

madas. Além disso, êsses pontos de liberação devem ser localizados em locais elevados, de modo a se reduzir ao mìnico o risco de deposição nas camadas mais baixas. Talvez o subproduto gasoso que mais problemas tenha acarretado seja o criptônio 85 que, apresentando uma meia-vida de 10,4 anos, traz ainda a desvantagem de ser de difícil ligação com outros elementos, por ser um gás nobre. (3)

Outro método de dispersão na atmosfera é para o lixo atômico sob a forma sólida ou líquida, ou mesmo o gasoso transformado a uma dessas duas últimas. Nesse caso, os resíduos seriam colocados em foguetes de alta potência que, lançados ao espaço interplanetário, ali lançariam êsse lixo. As desvantagens são óbvias, pois muitos e grandes riscos surgirão com tal hipótese. O foguete poderia falhar por ocasião do seu lançamento, espalhando os resíduos logo nas proximidades, como também poderia falhar antes de sair da atmosfera terrestre, explodindo, e nela espalhando os perigosos detritos.

### 3 — DERRAMAMENTO CONTROLADO

Muitas fábricas e usinas nos Estados Unidos descarregam seus resíduos em rios, lagos e córregos. Na Europa também tem sido um meio largamente utilizado, inclusive na Holanda, onde há algum tempo descobriram estranhas mutações nas rãs encontradas no pântano onde ia ter o córrego em que os detritos eram lançados.

Dentre outros, podemos citar o Rio Colúmbia, onde são lançados os detritos da grande fábrica de plutônio de Hanford (Washington — USA) (4); o Rio Walnut em que é lançado o lixo das instalações de Rocky Flats. Outros cursos d'água utilizados para lançamento de resíduos atômicos são: Desplaines, para o Laboratório Nacional de Argonne, em Lamont (Illinois); Rio Miami, para os detritos da Fábrica de Fernald e também para o Laboratório de Mound, em Miamisburg (Ohio); Rio Clinch, para a descarga dos resíduos do Laboratório Nacional de Oak Ridge (Tennessee); Rio Savannah, para a Fábrica de Aiken; Rio Mohawk, utilizado pelo Laboratório de Energia Atômica Knolls, de Schenectady (New York); Rio Peconic, utilizado pelo Laboratório Nacional de Brookhaven (Upton — Long Island). (5)

(3) Os três principais gases residuais radioativos liberados são o criptônio, o xenônio e o vapor de iodo. O último é que oferece menos problemas, pois, tendo meia-vida de 8,14 dias, se deixarmos seu vapor esfriar de 2 a 3 meses, êle irá se degenerar consideravelmente.

(4) No caso de Hanford, as condições geológicas facilitaram grandemente o problema, pois êsse derramamento é coado através de 190 metros de solo, cascalho, pedra e argila, até o lençol freático completamente independente do que abastece de água tanto a Usina de Hanford quanto a vila próxima, Richland. Por êsse lençol vão ter ao Rio Columbia, 16 km a leste.

(5) A água comum é um ótimo absorvente de neutrons; o hidrogênio nela existente pode capturar um neutron, transformando-se em deutério.

A grande desvantagem de tal processo é de que só pode ser utilizado para resíduos líquidos de baixo nível radioativo, assim mesmo, sendo mantidos durante algum tempo em depósitos junto às fábricas, com a finalidade de baixar ainda mais esse nível.

#### 4 — ENTERRAMENTO TERRESTRE

Existem já vários **cemitérios** atômicos nas principais potências, sendo alguns em grutas naturais e outros em minas abandonadas que tenham atingido grandes profundidades.

Muitas vês, o método anterior é conjugado com êste de enterramento, e o córrego, no qual os detritos radioativos tenham sido lançados, é encaminhado para uma descontinuidade da superfície terrestre. São poços profundos como os que existem próximo às fábricas de Hanford (4), Oak Ridge, Arco e Aiken, e denominados **cemitérios**. Normalmente os detritos sólidos aí lançados apresentam de baixo a médio nível de radioatividade, mas assim mesmo surgiu o temor de que as nascentes localizadas nas proximidades apresentassem, com o correr do tempo, acentuada radioatividade. Mas, o mesmo cuidado dispensado continuamente aos rios e córregos, em que são lançados os resíduos líquidos, é utilizado nas nascentes localizadas até uma certa distância dos **cemitérios**: a medição continua, para contrôlo, dos níveis de radioatividade. Afirma a Comissão de Energia Atômica que os níveis encontrados, até o momento, se acham muito abaixo daquele capaz de oferecer perigo à vida humana ou mesmo animal e vegetal.

O Laboratório de Los Alamos (New Mexico) utiliza como **cemitério** alguns **canions** ermos, onde lança detritos.

Por outro lado, espeologistas e geólogos estão atualmente estudando a possibilidade de utilizar com essa finalidade algumas grutas bastantes profundas, existentes em território norte-americano, bem como minas de sal-gema, já abandonadas.

#### 5 — CONFINAMENTO SUBTERRÂNEO (6)

Outro processo semelhante ao do **enterramento**, é o do **confinamento**, porém, dêle se diferencia por ser o primeiro utilizado para resíduos de baixo a médio nível de radioatividade, enquanto o último é usado para o lixo altamente radioativo. Além disso, no do enterramento, o resíduo fica em contacto direto com o solo do local em que foi lançado, ao passo que no processo de confinamento, êle fica isolado do meio circundante, colocado em enormes caixas de aço e çumbo, ou mesmo de cimento armado. É utilizado para resíduos líquidos de alta radioatividade e mesmo para alguns sólidos.

(6) Segundo James Stockley (O novo mundo do átomo) essa colocação de resíduos em tanques subterrâneos foi o primeiro usado, em 1945, na usina de Hanford. Foi retirado do reator o plutônio criado, e o material combustível, que ainda continha apreciável quantidade de urânio, foi armazenado nos tanques subterrâneos.

Os principais locais nos Estados Unidos em que estão sendo armazenados tais caixas são na Fábrica de Hanford (Washington), na Estação Experimental de Reatores (Arco — Idaho) e na Fábrica de Aiken (Carolina do Sul). Alguns tanques têm capacidade para conter dezenas de milhares de litros, porém, outros possuem capacidade para milhões de litros. Calcula-se que por meio de tal processo já foram armazenados mais de meio bilhão de litros de resíduos líquidos com alto teor de radioatividade.

Algumas objeções são colocadas a este método, a primeira das quais é o seu alto custo, seguido logo depois do perigo constante, de em qualquer movimento de adaptação da crosta terrestre ou abalo cismico, ocorrer o rompimento das caixas e a dispersão desses resíduos, normalmente com alto teor de radioatividade, apresentando elevadas meias-vidas. Verdade que os locais até agora escolhidos não são sujeitos a fenômenos de tal espécie, porém, os caprichos da natureza são imprevisíveis, de modo que nunca se pode estar seguro quanto ao futuro.

## 6 — LANÇAMENTO AO MAR

Outro processo também já muito utilizado é o de encerrar o lixo em caixas de concreto, cilindros de aço, caixões de cimento ou imensos blocos de concreto que posteriormente são lançados ao mar, escolhendo-se para isso locais de grande profundidade.

Pequenas quantidades foram lançadas durante muito tempo no oceano ao largo de Seattle. Outros pontos de eliminação muito usados pela Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos, foram: um ponto localizado a 192 quilômetros da costa de New Jersey e outro a 42 quilômetros de São Francisco, ambos com profundidades da ordem de 1.600 metros. No Oceano Atlântico existem outras duas zonas de lançamento de resíduos: uma a 640 quilômetros da costa entre Boston e New York, e outra 192 quilômetros a leste de Norfolk, na Virgínia. No Pacífico ainda existe um outro ponto a 96 quilômetros da costa sul da Califórnia. (7)

Este sistema de lançamento ao mar, já tão amplamente usado, sem alardês, a não ser algumas reclamações de cientistas preocupados com possíveis acidentes de conseqüências imprevisíveis, reclamações essas que não encontram eco nos responsáveis pelas políticas das grandes potências, é que fez com que, no corrente mês de outubro, a atenção mundial mais uma vez se voltasse para o problema. (8)

(7) "Como se desfazer do lixo atômico" — Frank Carey — "O Globo", de 25 de setembro de 1957.

(8) Curiosamente, existem cientistas que procuram provar a não existência de tais perigos. Os norte-americanos E. Teller e A. Latter são desse grupo, tendo tido seus trabalhos de divulgação rudemente atacados, dentre outros, pelo Professor Alexander Kuzin, diretor da revista russa "Biofísica", que considera tais perigos ainda muito acima do já divulgado e do imaginado pelos mais pessimistas, entre os quais se inclui.

Telegramas de Paris, datados de 5 de outubro, anunciaram que o Comissariado Francês de Energia Atômica estava se preparando para inaugurar o primeiro dos seus **cemitérios atômicos**, situado a 80 quilômetros ao sul de Antibes, no Mar Ligúrcio, entre a Côte d'Azur francesa e a Ilha da Córsega. Nesse local, em que se encontra uma profundidade da ordem de 2.500 metros, seriam lançados 6.500 barris de aço inoxidável, carregados de detritos radioativos, provenientes da Fábrica de plutônio de Marcoule. Esses barris, com capacidade para 2.000 toneladas de resíduos, desceriam pelo Rio Ródano, sendo posteriormente transladados para um navio que os levaria até o local de lançamento, onde uma bóia luminosa assinalaria permanentemente a existência desse cemitério. (9)



A operação foi aprovada pelas autoridades do Euratom, sendo fixada a data de 14 de outubro para execução do lançamento, dos dez primeiros recipientes, continuando os outros lançamentos a partir do dia 20.

Apesar da opinião dos técnicos franceses do Comissariado Francês de Energia Atômica, corroborada pela dos técnicos do Euratom, de que não haveria perigo nenhum no lançamento, inúmeras vezes se levantaram contra tal medida, sendo de se destacar a do Cmt Cousteau,

(9) "Cemitério de restos radioativos" — "Correio da Manhã", de 6 Out 1960.

especialista em oceanografia e autor do filme "O mundo do silêncio". Suas declarações, que ocuparam três colunas do vespertino "Le Monde", foram incisivas, condenando os preparativos secretos feitos pelos técnicos, sem consultas aos organismos nacionais ou internacionais especializados no estudo dos oceanos e com especialidade do Mediterrâneo. (10) Ainda segundo êle, as sondagens que ali efetuou com o navio oceanógrafo "Calipso" na elaboração do filme acima citado, revelaram não existir fôssos algum naquela região, e que a mesma se caracteriza precisamente por contínuos deslocamentos de água, concluindo por afirmar que **parecia difícil escolher um lugar pior**, não apenas por essa razão, mas também pelas correntes marítimas **particularmente violentas** no local.

A autoridade de quem lançou o protesto, Comandante Jacques Cousteau, Diretor do Museu Oceanográfico de Mônaco, fêz com que outras reclamações se sucedessem. O município de Nice resolveu declarar uma greve da administração local, seguindo o protesto do prefeito de Ajaccio, capital da Córsega, secundado logo depois pelos prefeitos de Toulon e outras cidades do sul da França. (11)

Realçavam êles as conseqüências danosas que adviriam para a indústria pesqueira da região, além de prejudicar o turismo, fonte de recursos importante em várias cidades das proximidades. O Alto Comissário da Energia Atômica da França, Sr. François Perrin, procurou defender seu projeto, mas o próprio Príncipe Ranier, do Principado de Mônaco, na qualidade de Presidente da Comissão Internacional para a Exploração Científica do Mediterrâneo, intercedeu diretamente junto ao General De Gaulle, de modo a ser adiada a experiência, o que ocorreu finalmente no dia 12, antevéspera da data fixada. (12)

## 7 — CONCLUSÃO

Apesar de muitas declarações de que os processos utilizados para a neutralização dêsse **lixo atômico** não oferecem perigo, vozes há discordantes, e igualmente categorizadas. Dentre elas podemos citar o Dr. Polycarp Kusch, professor de Ciências Físicas na Universidade de Colúmbia, e detentor do Prêmio Nobel, e que declarou:

"Não é o número de gente que se mata com uma bomba atômica o que mais importa, mas sim o que se reserva às próximas gerações.

Vejamos agora o problema da destruição do lixo atômico.

---

(10) "Resíduos atômicos no Mediterrâneo" — "Correio da Manhã", de 11 Out 1960.

(11) "Causam os resíduos atômicos preocupações na Costa Azul" — "Diário da Notícias", de 12 Out 1960.

(12) "Adiada a perigosa experiência" — "Diário de Notícias", de 13 Out 1960.

Nós o encerramos em blocos de concreto e jogamos esses blocos no fundo do mar ou os enterramos em lugares de maneira a não poder contaminar o povo. Suponhamos, porém, que um movimento sísmico rompa esses blocos de concreto e disperse o veneno entre os homens?"

Em outra potência nuclear, a Rússia, o problema também tem preocupado seus cientistas. Da obra de D. I. Voskoboinik, "Instalações Energéticas Nucleares", podemos destacar:

"Ao submergi-los em recipientes herméticos no oceano, deveremos cuidar para que sua resistência à corrosão se mantenha durante várias dezenas de anos; ao enterrá-los na terra, convém que se cuide da ação das águas subterrâneas, que com o tempo podem lavar o cemitério de substâncias radioativas e contaminar uma grande superfície."

O problema apresenta acentuado perigo, que pode ser calculado com um exemplo simples. Os resíduos obtidos em uma instalação energética comum podem apresentar uma atividade de 1 milhão de curies. (13) Para muitos isótopos encontrados nesses resíduos, a dose máxima permissível para o organismo humano é de 10-12 curies. Assim, os recipientes, que os armazenarem, devem ser tão herméticos que não permitam perdas de 1/10-18. Isso, em cálculos aproximados, mas que já nos podem dar uma idéia do vulcão que estamos construindo sob nossos pés.

Recentemente, estudam os técnicos mais um método, destinado a diminuir os efeitos das águas subterrâneas sobre esse lixo. Consiste em uni-los a argilas, enterrando a mistura assim obtida em grandes profundidades, de modo a tornar mais lenta a ação da água.

No entanto, os perigos permanecem, e podemos de uma hora para outra, por um simples capricho da natureza, nos encontrarmos na situação de vítimas de uma tremenda guerra radiológica, por nós preparada com carinho durante anos e desencadeada em um momento, pelas forças que julgamos controlar.

Curitiba-PR, 16 de outubro de 1960.

**Diógenes Vieira Silva**  
Capitão de Artilharia

---

(13) Um curie é a radioatividade de uma grama de rádio puro, ou, segundo o FM 3-8 "Chemical Corps Reference Handbook", a quantidade de qualquer material radioativo dando  $3.7 \times 10^{10}$  desintegrações por segundo.