

# REJEITOS RADIOATIVOS E O MEIO AMBIENTE

**JOSÉ ALBERTO MAIA BARBOSA**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
(IPEN/CNEN/USP), Mestrando em Ciências

## 1. INTRODUÇÃO

Em um mundo que tem enfrentado de forma contínua o aumento populacional, o crescimento da produção industrial, a expansão econômica e, como consequência, o aumento no consumo de energia, é uma preocupação primária poder garantir o fornecimento de forma confiável, de produção de energia.

Essa discussão é particularmente relevante quando levamos em consideração as grandes mudanças ocorridas no mundo nesses últimos 10 anos, como por exemplo, o aumento no preço do petróleo, os conflitos internacionais e as preocupações com o meio-ambiente. Explorar a contribuição da tecnologia nuclear e as possibilidades futuras de todas as fontes de energia atualmente desenvolvidas, encorajando o uso de fontes de energia viáveis que gradualmente possam complementar e mais tarde substituir o petróleo e o carvão por fontes de energia menos agressivas para o meio-ambiente<sup>1</sup>.

A Agência Internacional de Energia (AIE) vêm insistindo, com governos de todo o mundo para que invistam em energia nuclear. Pela primeira vez em seus 32 anos de existência, a AIE se posiciona fortemente a favor da energia nuclear. A agência diz que isso é essencial tanto para combater o aquecimento global quanto do ponto de vista de garantia do suprimento de eletricidade, diminuindo a dependência do petróleo do Oriente Médio.

Alguns países, incluindo os EUA, a Índia, China e a França, já estão planejando novas usinas. Já a Alemanha e a Espanha são contra. No Brasil o governo parece ter mudado sua posição, com a conversão da ministra Dilma Rousseff, e já fala não apenas em concluir Angra 3, mas em novas usinas.

Nesse contexto, passamos a discutir e analisar as seguintes questões, considerando o mundo de forma geral e o Brasil, num contexto particular: O tratamento e dispensa de rejeitos radioativos, assim como aspectos de segurança nuclear.

## 2. A ORIGEM DO REJEITO NUCLEAR

O rejeito nuclear é produzido em todos os estágios do ciclo do combustível nuclear- desde a mineração do urânio até o reprocessamento de combustível nu-

<sup>1</sup> MAIOCCHI, R. A Era Atômica. São Paulo: Ed. Ática, 1996.

clear irradiado. Tem origem nos laboratórios de pesquisa e centros de tratamento em medicina nuclear (15%) ou das usinas de energia nuclear (85%).

Alguns elementos radioativos desintegram-se instantaneamente, outros têm uma meia-vida (termo técnico para o tempo de atividade radioativa de determinado elemento) que pode chegar a milhares de anos.

Nas centrais nucleares, o rejeito nuclear pode ser o próprio urânio usado (retirado dos reatores quando sua atividade já não produz a energia necessária) ou componentes de equipamentos (tubos, materiais de desmonte e outros materiais) contaminados.

Durante o funcionamento de um reator nuclear são criados isótopos radioativos extremamente perigosos - como céσιο, estrôncio, iodo, criptônio e plutônio. O plutônio é particularmente perigoso, já que pode ser usado em armas nucleares se for separado do combustível nuclear irradiado por meio de um tratamento químico chamado reprocessamento.

Como parte da operação de rotina de toda usina nuclear, alguns materiais residuais são despejados diretamente no meio ambiente. Resíduo líquido é descarregado (como "água de resfriamento de turbina") no mar ou em rio próximo à usina; resíduos gasosos vão para a atmosfera.<sup>2</sup>

Os rejeitos tecnológicos e os utilizados em aplicação médica têm vida curta e fraca atividade radioativa. Entretanto, o combustível das usinas representa um duplo perigo. Ele tem vida longa e alta atividade radioativa. O combustível nuclear utilizado pode ser tratado, mas ainda assim sobram resíduos. Grande parte destes rejeitos permanecerá perigosa por milhares de anos, deixando uma herança mortal para as futuras gerações, se nada for feito para mudar este panorama.

## 2.1 Categorias dos rejeitos nucleares

Há três categorias de rejeitos nucleares: resíduo de alto nível (HLW, de high level waste); resíduo de nível intermediário (ILW, intermediate level waste); e resíduo de baixo nível (LLW, de low level waste).

O HLW consiste principalmente de combustível irradiado proveniente dos núcleos de reatores nucleares (embora a indústria nuclear não o considere como "lixo") e de resíduos líquidos de alta atividade produzidos durante o reprocessamento. A remoção de plutônio pelo reprocessamento resulta num imenso volume de resíduo líquido radioativo. Parte desse mortal resíduo de reprocessamento, armazenado em grandes tanques, é misturado com material vítreo quente e solidificado. Os blocos de vidro resultantes também são classificados como HLW. Ainda que o processo de vitrificação possa tornar mais fácil o transporte e o armazenamento dos rejeitos nucleares, de forma alguma diminui o terrível risco para as pessoas e o ambiente durante o milênio que virá. De maneira geral, o HLW é mil vezes mais radioativo que o ILW.

O ILW consiste principalmente de "latas" de combustível metálicas que originalmente continham urânio combustível para usinas nucleares, peças de metal

<sup>2</sup> LOUREIRO, M.D. Energia Nuclear, Rio de Janeiro: Ed. Bloch, 1980.

do reator e resíduos químicos. Têm de ser blindado para proteger operários e outras pessoas contra a exposição durante o transporte e a destinação final. Normalmente, ele é estocado no local em que é produzido. O ILW, de maneira geral, é mil vezes mais radioativo que o LLW.

O LLW pode ser definido como o resíduo que não requer blindagem durante o manuseio normal e o transporte. O LLW consiste principalmente de itens como roupas de proteção e equipamentos de laboratório que possam ter entrado em contato com material radioativo.<sup>3</sup>

### **3. O POSICIONAMENTO DOS AMBIENTALISTAS**

Os ambientalistas questionam as soluções propostas pelas centrais nucleares para a destinação dos rejeitos radioativos. Segundo eles, poderá haver contaminações do ar causadas por explosões ou vazamento contínuo de gases de um sítio (possíveis teoricamente), ou contaminações da água, causadas por vazamento dos invólucros que armazenam os rejeitos e que poderiam atingir um lençol freático. O fato é que, principalmente com relação aos rejeitos de alta radioatividade, a solução a ser encontrada deve levar em conta a longa meia-vida dos rejeitos radioativos, que chega a milhares de anos.

A solução mais adequada, hoje, para os rejeitos radioativos de vida longa seria esfriá-los na superfície durante 10 anos e enterrá-los a grande profundidade em camadas geológicas adequadas (sal, argila, granito, xisto), sem circulação de água subterrânea e sem riscos de terremotos. Essa solução, no entanto, é inviável devido ao alto custo e falta de locais adequados para a construção dos depósitos.<sup>4</sup>

### **4. DESTINAÇÃO ATUAL DOS REJEITOS RADIOATIVOS**

O combustível nuclear altamente radioativo é retirado do reator e, em geral, vai sendo armazenado temporariamente em piscinas de resfriamento no interior da própria usina. À medida que essas piscinas vão ficando cheias, muitos reatores chegam a ter de ser desligados devido à falta de espaço para armazenamento desse resíduo mortal. De acordo com estimativas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), a quantidade total de combustível gasto era de 125 mil toneladas em 1992 e vai subir para 200 mil toneladas no ano 2000 e para 450 mil toneladas em meados do próximo século. Contudo, embora diversos métodos de destinação tenham sido discutidos durante décadas — incluindo o envio para o espaço — ainda não há solução para os rejeitos nucleares.

A maioria das “soluções” atualmente propostas para a disposição final dos rejeitos nucleares envolve seu enterro no subsolo numa embalagem especial com proteção forte o bastante para impedir que sua radioatividade escape. A indústria

<sup>3</sup> FRANCA, E.P., Depósitos de Rejeitos Radioativos. Ciência Hoje - SBPC, São Paulo, v.7, 1987-1988.

<sup>4</sup> ANTUNES, P.B. Direito Ambiental. Rio de Janeiro: Ed. Lermen Júris, 1999.

nuclear dá a entender que, após qualquer forma de processamento, a disposição no subsolo ou no fundo do mar será suficientemente segura. Essa filosofia foi gerada principalmente devido às pressões de ter de convencer um público preocupado em saber se a indústria nuclear sabe como dar destinação final a esses resíduos. Contudo, essa afirmativa é falsa.

Pretender, como a indústria nuclear freqüentemente o faz, que algumas experiências, perfurações de teste ou levantamentos geológicos é tudo o que é necessário para o manejo dos rejeitos nucleares simplesmente é dissimulação ou ignorância científica — ou, possivelmente, ambas as coisas. Os testes adequados demandariam dezenas de milhares de anos.<sup>5</sup>

#### **4. 1 Principais riscos no enterro dos rejeitos nucleares: a contaminação do ar e a da água**

- Contaminação do Ar

As liberações explosivas ou lentas de gases de um sítio de destinação final subterrâneo são possíveis teoricamente. Infelizmente, não há forma confiável de estimar esse risco — há incógnitas demais relativas aos atuais métodos de deposição e às interações químicas possíveis num ambiente real.

- Contaminação da Água

Geralmente este é considerado o mecanismo de poluição mais provável ligado à disposição final de resíduos em rochas. Elementos radioativos podem vazar do invólucro e entrar em contato com o lençol freático, contaminando água potável de comunidades locais e distantes.

Além do enterro dos resíduos, vários esquemas de armazenamento no local de uso estão sendo investigados. Nisso, o armazenamento de combustível usado em grandes recipientes de aço ou concreto é de interesse primordial. Ainda que esse tipo de armazenamento conserve o material no ponto em que foi criado e reduza os custos de transporte, centenas de comunidades de todo o mundo estão ameaçadas de fato por depósitos de alto nível às suas portas. Também há planos para consolidar o combustível usado e colocá-lo em contêineres em algumas poucas instalações regionais de superfícies, o que resulta num número imenso de viagens em recipientes não destinados a resistir a possíveis acidentes.

A melhor solução para o futuro será a descoberta de um método para se aproveitar em 100% os rejeitos nucleares produzidos em qualquer parte do mundo.

#### **5. O DESCOMISSIONAMENTO DE USINAS NUCLEARES**

Grande quantidade dos rejeitos nucleares também é produzido quando um reator nuclear é desativado. Isso porque muitas das peças que o compõem, incluindo o combustível, tornam-se radioativas. Não podem simplesmente ser jogadas

<sup>5</sup> Carvalho, Joaquim Francisco. Lixo atômico: o que fazer? Ciência Hoje, São Paulo, n. 12, p.18, 1984.

fora. O processo de tratamento de uma usina de energia nesse ponto é chamado “descomissionamento”. Entretanto, além da remoção do combustível usado, não há consenso sobre o que deve acontecer a seguir. Nenhum reator de dimensões normais foi desmontado em lugar algum do mundo. Ainda que alguns países planejem retirar toda a estrutura, até mesmo as partes radioativas, restando um espaço plano desocupado; outros sugerem deixar a edificação onde está, cobrindo-a com concreto ou, possivelmente, enterrando-a sob um monte de terra.

O custo do descomissionamento dos reatores nucleares é objeto de muita especulação. As estimativas de custo originam-se de estudos genéricos, a partir da projeção dos custos de descomissionamento de pequenas instalações de pesquisa. O detalhamento e a sofisticação empregados no desenvolvimento dessas estimativas variam demais; a falta de padronização torna difíceis as comparações. Além disso, a limitada experiência de descomissionamento — nenhuma, se considerados reatores de grande porte — torna impossível saber se as estimativas são razoáveis, mas já se sugeriu que os custos de descomissionamento poderiam ser de até 100% do custo de construção inicial.

Nas próximas três décadas, mais de 350 reatores nucleares serão desativados. Desde que a primeira usina nuclear começou a produzir eletricidade, a indústria nuclear ainda hoje não tem respostas sobre como desmantelar, de forma segura e economicamente eficiente, um reator.<sup>6</sup>

## 6. ATUAIS ASPECTOS DA SEGURANÇA NUCLEAR

O armazenamento dos rejeitos nucleares nas usinas ainda é provisório porque não há uma política nacional sobre a destinação final desse material. Nem mesmo a Alemanha e os Estados Unidos, países dos quais o Brasil adquiriu a tecnologia nuclear, têm soluções definitivas para os rejeitos nucleares. Desde 1988, o Poder Legislativo discute o destino dos rejeitos nucleares sem chegar a um consenso. Após passar pelo Senado, o projeto ficou até 1999 parado na Comissão de Minas e Energia da Câmara. Seu relator, o deputado federal Antônio Feijão (PST-AP), chegou a visitar usinas nucleares pelo mundo, mas nunca concluiu o trabalho.

Diante da morosidade na tramitação do projeto, o deputado Luiz Sérgio Nóbrega (PT-RJ), conseguiu convencer o presidente da Câmara a transferir o projeto para a Comissão de Meio Ambiente. Antes de chegar ao plenário, o projeto passou ainda pela Comissão de Constituição e Justiça. O deputado federal Fernando Gabeira (PV-RJ) anunciou que iria pedir ao presidente da Câmara, Michel Temer (PMDB-SP), para colocar em regime de urgência a votação do projeto de lei 189/91, de autoria do então senador Itamar Franco, que regulamenta o destino dos rejeitos nucleares no Brasil. O projeto não foi votado em abril de 2000, mas no final de maio. As Forças Armadas obstruíram o regular andamento do projeto, porque não querem seus galpões sendo inspecionados pela sociedade civil.

<sup>6</sup> GAINES, M. Energia Atômica. São Paulo: Ed. Melhoramentos, 1969.

Além de estabelecer o processo de seleção dos locais, determina algum tipo de incentivo ao município que se dispuser a abrigar os depósitos definitivos. No projeto que agora está no Senado, as instalações militares ficam isentas de pagamento de taxa aos municípios onde desenvolvem atividades nucleares ligadas à Segurança Nacional.

Os Estados que produzem maior quantidade de rejeitos nucleares são Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. No Estado do Rio de Janeiro há rejeitos não só das duas usinas de Angra, mas também da Fábrica de Combustível de Resende, do Instituto de Engenharia Nuclear da Ilha do Fundão e do Instituto de Radioproteção e Dosemetria, além dos produzidos em clínicas, hospitais e em alguns segmentos da indústria. Em São Paulo há rejeitos radioativos do Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, na USP, e do Centro Tecnológico da Marinha, localizado em Iperó, a cerca de 20 quilômetros de Sorocaba. Em Belo Horizonte há os rejeitos nucleares do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, da antiga mina de urânio de Poços de Caldas. Na Bahia também terá de haver um destino para os rejeitos da mina de urânio de Caetité, no interior do Estado, e também em Pernambuco, onde está sendo construído o Centro Regional de Ciências Nucleares do Norte e Nordeste.

## **6. 1 O complexo nuclear de Angra 1 e 2**

Os rejeitos produzidos em Angra 1 e 2 podem ser classificados em três níveis de radioatividade: alta, média e baixa. Ainda não há, no Brasil, um lugar escolhido para o depósito definitivo dos rejeitos nucleares, ficando armazenado em depósitos intermediários. Para os rejeitos de baixa e média radioatividade (que deveriam ficar no depósito intermediário por no máximo três anos) o destino são dois galpões de concreto construídos dentro de rochas, ao lado da usina. Nestes galpões ficam armazenados tambores que, ou contém botas, macacões e outras roupas contaminadas (rejeitos de baixa radioatividade, com meia-vida aproximada de 60 anos) utilizadas por trabalhadores ou peças de metal do reator e resíduos químicos (rejeitos de média radioatividade). A maior parte dos tambores contém rejeitos de baixa radioatividade que podem, inclusive, ser reutilizados. Segundo Kleber Cosenza, Superintendente de produção de Angra 2, em uma inspeção periódica, o material estocado passou de 1400 tambores para 400, devido à constatação de que aqueles objetos haviam perdido a radioatividade. Algumas peças de roupas foram reutilizadas.

O rejeito de alta radioatividade, que a indústria chama de subprodutos, é formado pelo elemento combustível já irradiado dentro do reator. Este rejeito tem uma meia-vida bastante longa, podendo chegar a dezenas de milhares de anos, o que torna a questão sobre o destino a ser dado a ele muito mais importante. Por incrível que pareça, o elemento combustível também pode ser reutilizado. Normalmente, ele é retirado do reator com apenas 15% de sua capacidade utilizada. Se a usina recebe elementos combustíveis com qualquer tipo de problema, pode recorrer ao combustível estocado a ser utilizado em combinação com o novo. O local de estocagem dos

rejeitos de alta radioatividade de Angra são as suas piscinas. Para a usina de Angra 2 foi construída uma piscina dentro do reator (diferente da de Angra 1, que fica fora) com capacidade para armazenar os rejeitos produzidos por metade de sua vida útil, 20 anos. A piscina de Angra 1 pode armazenar os resíduos de seus 40 anos de atividade previstos. Ambas mantêm os resíduos submersos a mais de dez metros de profundidade, sendo a água a blindagem utilizada.

As principais preocupações que a energia nuclear suscita estão relacionadas ao risco de um acidente, como o ocorrido na usina de Chernobyl, e o tratamento e disposição final dos seus rejeitos. Além disso, são levantadas possibilidades de atentados contra instalações nucleares e desvio de material fissil. O problema dos rejeitos nucleares não é exclusivo da área nuclear, ele é decorrente de todas as atividades humanas. O nuclear tem o armazenamento e o descarte rigorosamente controlados, resultando na prática em uma menor agressão ao meio ambiente, enquanto os outros rejeitos são encontrados em qualquer lugar.<sup>7</sup>

Contudo os rejeitos nucleares continuam sendo produzidos todos os anos, e cada vez mais, enquanto isso os depósitos em alguns países ainda são precários e faltam lugares para armazenar esse material. Somente a criação de políticas serias que restrinjam o uso de material radioativo e determine normas rígidas poderá impedir a multiplicação de depósitos de rejeitos radioativos, visto que não ainda não existem meios eficazes para o seu tratamento e reaproveitamento em um grau de 100% de eficiência e segurança. Desafio para esta geração e as futuras, de encontrarem esta solução, para o bem do planeta e dos seres que o habitam.

## **6.2 A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e os rejeitos radioativos**

Os rejeitos gerados ao longo de mais de quatro décadas, encontram-se armazenados em instalações pertencentes ou supervisionadas pela CNEN. Esses rejeitos dão um volume de 13.700 m<sup>3</sup>. A cada ano, a CNEN realiza operações de recolhimento de rejeitos em todo o país.

A CNEN atua na área de segurança de rejeitos da seguinte forma:

1. Processo de licenciamento, pela CNEN, dos sistemas de processamento (baixa e média atividade);
2. Encapsulamento em embalagens qualificadas para transporte e armazenagem (baixa e média atividade);
3. Imobilização em matriz sólida, como cimento e betume (baixa e média atividade);
4. Armazenamento inicial na própria usina (baixa e média atividade);
5. Armazenamento prolongado na piscina de elementos combustíveis na própria usina (alta atividade);
6. Armazenamento intermediário na própria usina, em instalações monitoradas, até a transferência para o depósito definitivo, ainda não existente (alta atividade).

<sup>7</sup> Brasil em Números, IBGE, v. 5, 1997.

O físico Anselmo Paschoa, consultor do Ministério Público sobre as questões nucleares e chefe do Laboratório Van de Graaff (PUC), disse que, mais grave do que o problema dos depósitos de rejeitos, é a situação da CNEN, que exerce ao mesmo tempo o papel de fiscal e de responsável pelo desenvolvimento da energia nuclear no país:

- O repositório de rejeito não é um problema em si. É apenas consequência do conflito de interesses que sempre existiu nas funções de fiscalização, licenciamento e fomento da energia nuclear no Brasil. A legislação tem de ter mudar. Se o Brasil quiser usar responsávelmente a energia nuclear, a CNEN precisa ser dividida para evitar tais conflitos.

- A CNEN tem 3 depósitos de materiais de baixa e média radioatividades.

- Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) - material do Rio de Janeiro e Espírito Santo
- Instituto de Pesquisa Energética Nuclear (IPEN) - material de São Paulo e Sul
- Centro de Desenvolvimento de Técnicas Nucleares (CDTN) - material de Minas Gerais e Nordeste

A CNEN reúne papéis antagônicos e inconciliáveis: projetar, construir, instalar depósitos e ao mesmo tempo licenciá-los e fiscalizá-los, o que fere a Convenção Internacional de Segurança Nuclear, da qual o Brasil se tornou signatário em 02.06.1997. Desobedecendo também outra convenção sobre gestão da segurança de combustível usado e gestão da segurança de rejeitos radioativos. O Projeto de Lei 189 aprovado na Câmara de Deputados e em exame no Senado Federal confere a CNEN o direito de projetar, construir, instalar e licenciar depósitos de rejeitos radioativos.

As leis produzidas por políticos carecem muitas vezes de profundidade técnica e se solucionam alguma coisa, não abrange um grande espectro de detalhes.

Uma auditoria do Tribunal de Contas da União realizada no segundo semestre de 2000 indicou que a CNEN não consegue cumprir o plano anual de inspeções das instalações radioativas, por limitações financeiras ou restrições orçamentárias. Os depósitos sob sua guarda estão praticamente cheios e sem acompanhamento de sua ocupação.

O relatório cruzou dados do Cadastro de Pagamento do Sistema Único de Saúde (SUS) - instituições que receberam pagamentos relativos à prática de medicina nuclear, com o cadastro da CNEN - instituições que praticam medicina nuclear, constatando uma diferença de 45% no rol da CNEN - órgão fiscalizador e licenciador destas atividades. Esta diferença cadastral significa que há material radioativo sem controle que pode ser usado de qualquer forma e ser descartado em qualquer lugar até acontecer um novo acidente, como o de Goiânia. A CNEN mantém um quadro de 20 inspetores para mais de 400 entidades a serem fiscalizadas.

A CNEN só poderá dar destino em definitivo aos rejeitos nucleares estocados, depois que o Congresso Nacional aprovar uma lei sobre o tema. O único depósito definitivo de rejeitos nucleares no Brasil fica em Abadia de Goiás, que guarda os rejeitos produzidos pelo acidente com a fonte de césio. A abertura desta discussão lembra os protestos de vários Estados sobre o assunto de destinação de rejeitos nucleares quando aconteceu este acidente em Goiânia e a controvérsia

também atinge países com maior tradição na indústria nuclear (Alemanha). Ninguém deseja ter um depósito de rejeitos e apressam-se em aprovar leis de âmbito municipal e estadual para evitar mais tarde uma determinação federal. O Estado do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro já expressaram isto em suas constituições estaduais, porém o Supremo Tribunal Federal já declarou tais atos como inconstitucionais, pois somente o Governo federal pode estipular políticas nucleares.

## **7. CONCLUSÕES ARTICULADAS**

**7.1** Em um mundo que tem enfrentado de forma contínua o aumento no consumo de energia, é possível utilizarmos a contribuição da tecnologia nuclear, para garantir o fornecimento de uma energia viável, que gradualmente possa complementar e futuramente substituir o petróleo e o carvão como fonte de energia menos agressiva para o meio-ambiente.

**7.2** Encontramos hoje, os rejeitos radioativos nos laboratórios de pesquisa e centros de tratamento em medicina nuclear (15%) ou das usinas de energia nuclear (85%), os meios utilizados para o seu tratamento e reaproveitamento são seguros e eficazes, ou a eficiência e segurança são questionáveis?

**7.3** O descomissionamento de um reator nuclear poderá em um futuro próximo, se tornar menos oneroso e mais seguro, em razão dos estudos tecnológicos desenvolvidos e o interesse em uma maior utilização da energia nuclear como fonte alternativa de energia.

**7.4** O armazenamento dos rejeitos nucleares nas usinas do país, ainda é provisório porque não há uma política nacional sobre a destinação final desse material. Está sendo analisado atualmente pelo Senado um Projeto de Lei, que determina locais definitivos para acomodação dos rejeitos nucleares, assim como o processo de fiscalização desses depósitos.

**7.5** O problema dos rejeitos nucleares não é exclusivo da área nuclear, ele é decorrente de todas as atividades humanas. Os rejeitos nucleares têm o armazenamento e o descarte rigorosamente controlados, resultando na prática em uma menor agressão ao meio ambiente, mas ainda não existem meios eficazes para o seu tratamento e reaproveitamento em um grau de 100% de eficiência e segurança.