

## **LIXO NUCLEAR: dois pesos e duas medidas**

**Afonso Rodrigues de Aquino e Martha Marques Ferreira Vieira**  
**Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**

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 físsil. O problema do lixo 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 lixos são encontrados em qualquer lugar.

**O LIXO URBANO** - O lixo gerado na cidade de São Paulo é um exemplo da dimensão de um problema que pode ser extrapolado para qualquer outro lugar. Diariamente são produzidas 16 toneladas de lixo, criando uma despesa anual de R\$ 500 milhões para a prefeitura recolher e depositar os resíduos dos paulistanos. As áreas imobilizadas para o depósito de lixo são anualmente acrescidas do volume equivalente a seis estádios do Morumbi. O descarte do lixo doméstico custa cerca de R\$ 100,00 por tonelada, que chega a ser pouco quando comparado com o gerado em indústrias ou hospitais, cujo tratamento e/ou depósito custa de 10 a 15 vezes mais. O custo econômico/social seria muito maior se os diferentes tipos de lixo fossem deixados espalhados na cidade e seus arredores provocando a disseminação de doenças e pragas.

Outra questão a ser considerada é o tempo de vida dos vários resíduos descartados no meio ambiente, que é muito maior do que as pessoas imaginam.

MATERIAL	TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO
PAPEL	3 - 6 meses
PANO	6 - 12 meses
FILTRO DE CIGARRO	5 anos
GOMA DE MASCAR	5 anos
MADEIRA PINTADA	13 anos
NYLON	30 anos
LATA DE CONSERVA	100 anos
TAMPA DE GARRAFA	150 anos
LATA DE ALUMÍNIO	200 - 500 anos
PLÁSTICO	450 anos
FRALDA DESCARTÁVEL	600 anos
BORRACHA	10.000 anos
EMBALAGEM TETRAPAK	10.000 anos
CIMENTO	50.000 anos
VIDRO	1 milhão de anos

**O LIXO NUCLEAR** – O lixo nuclear é formado nas diferentes etapas do que se convencionou chamar de Ciclo do Combustível Nuclear, que compreende desde a mineração do urânio até o reprocessamento do combustível usado nos reatores nucleares.

Reprocessamento é a etapa do ciclo do combustível nuclear em que o urânio não queimado no reator e o plutônio gerado são separados dos produtos formados na fissão nuclear.

O rejeito é classificado, de acordo com o nível de radioatividade, como sendo de baixa, média ou alta atividade. O lixo de baixa atividade é gerado na mineração e na fabricação do combustível, o de média nos reatores, piscinas de resfriamento e na purificação do urânio e do plutônio, e o de alta atividade na separação do urânio e do plutônio dos respectivos produtos de fissão.

Para gerar eletricidade o homem faz uso da energia obtida com a quebra do átomo de urânio. A reação nuclear também produz nêutrons e novos elementos químicos radioativos denominados produtos de fissão que são os principais constituintes do lixo nuclear.

### PRINCIPAIS PRODUTOS PRIMÁRIOS DE FISSÃO

ISÓTOPO	SÍMBOLO	MEIA-VIDA*
Estrôncio	<sup>89</sup> Sr	53 dias
Estrôncio	<sup>90</sup> Sr	28 anos
Ítrio	<sup>90</sup> Y	64,2 horas
Ítrio	<sup>91</sup> Y	57 dias
Zircônio	<sup>95</sup> Zr	65 dias
Nióbio	<sup>95</sup> Nb	35 dias
Molibdênio	<sup>99</sup> Mo	68,3 horas
Rutênio	<sup>103</sup> Ru	39,8 dias
Rutênio	<sup>106</sup> Ru	1 ano
Ródio	<sup>103m</sup> Rh	57 minutos
Ródio	<sup>106</sup> Rh	30 segundos
Telúrio	<sup>132</sup> Te	77,7 horas
Iodo	<sup>131</sup> I	8,1 dias
Iodo	<sup>132</sup> I	2,4 horas
Xenônio	<sup>133</sup> Xe	5,27 dias
Césio	<sup>137</sup> Cs	30 anos

Bário	<sup>137</sup> Ba	2,6 minutos
Bário	<sup>140</sup> Ba	12,8 dias
Lantânio	<sup>140</sup> La	40 horas
Cério	<sup>141</sup> Ce	32,5 dias
Cério	<sup>144</sup> Ce	290 dias
Praseodímio	<sup>143</sup> Pr	13,7 dias
Praseodímio	<sup>144</sup> Pr	17,5 minutos
Neodímio	<sup>147</sup> Nd	11 dias
Promécio	<sup>147</sup> Pm	2,6 anos
Promécio	<sup>149</sup> Pm	54 horas

\* Tempo necessário para que a radioatividade de um material diminua à metade. As meias-vidas conhecidas variam desde milionésimos de um segundo até bilhões de anos. Um isótopo radioativo é considerado inativo após transcorrer o tempo de dez meias-vidas, o equivalente a reduzir sua atividade nuclear em cerca de 1000 vezes.

Os rejeitos radioativos levam de 1.000 a 10.000 anos para serem considerados inativos. Com a ameaça de contaminação se estendendo por tanto tempo o seu tratamento e disposição tem que obedecer alguns critérios. Inicialmente, o rejeito é imobilizado, sendo disperso em uma matriz que pode ser de betume, cimento ou vidro, ou seja, ele é adicionado, e entra na composição de um bloco desses materiais. A seguir, o bloco é acondicionado em tambores metálicos. Finalmente, é guardado em local não sujeito a cataclisma e com corrosividade mínima. Estes locais são túneis, medindo de 800 a 1000 metros de comprimento, escavados em região seca e de baixa densidade populacional.

A tecnologia desenvolvida para se abrir túneis quilométricos em diferentes tipos de solo foi dominada há trinta anos com a construção dos metrô de São Paulo e do Rio de Janeiro. O Brasil fabrica betume,

cimento, vidro e tambor metálico há mais de um século. A novidade é o estudo dos diferentes tempos de decomposição dos materiais nos lixões urbanos, nos quais as condições ambientais são mais agressivas do que as previstas para a disposição dos rejeitos radioativos. Um longo tempo para ser decomposto é uma propriedade indesejável no lixo doméstico, porém, o mesmo material pode ser usado para impedir a disseminação de material radioativo no meio ambiente antes de sua perda de atividade.

**OUTRAS COMPARAÇÕES** - Há necessidade de se fazer a equivalência antes de comparar a geração de rejeitos de uma usina nuclear, com capacidade de 1350 MW, que inclui da mineração do urânio até a disposição final dos rejeitos gerados no processo de fissão, com, por exemplo, uma célula fotovoltaica de poucos Watts ou com uma célula de combustível de 25 kW(e). É preciso ter em mente que o uso de metais do tipo cádmio, chumbo, mercúrio e ouro fazem parte da composição destes dispositivos e, portanto, precisam ser minerados e processados química e metalurgicamente tanto quanto o urânio. As células de combustível usam derivados do petróleo e contribuem para o aquecimento global, de forma similar aos demais usuários de combustíveis de origem orgânica. O armazenamento de centenas de milhares de metros cúbicos de gás no centro das duas maiores cidades brasileiras também está sujeito a falha humana cujos resultados podem ser devastadores. Ainda não foi esquecida a imagem dos poços de petróleo do Kuwait ardendo em chamas durante a guerra do Golfo. Os lixões atraem para seus limites pessoas e animais passíveis de serem contaminados e também agirem como

contaminadores. A situação se agrava quando ocorre incineração de forma indiscriminada gerando fumaças tóxicas capazes de dispersar diversos tipos de poluentes, desde dioxinas até metais pesados.

Os profissionais da área nuclear estão desenvolvendo reatores nos quais seus combustíveis, durante a operação, gerem menos produtos de fissão de meia-vida longa e minimizem a produção de plutônio. Também estudam novos processos e equipamentos que fissionem, além do urânio, o amerício, o plutônio e o neptunio. Estes elementos actínídeos, típicos emissores alfa, são os maiores responsáveis pela toxidez do lixo nuclear. A nossa pele é blindagem suficiente para impedir a penetração de partículas alfa em nosso organismo.

Partícula alfa é a mais pesada, a mais lenta e menos penetrante quando comparada com outras. É constituída do aglomerado de dois prótons e dois nêutrons sendo, portanto, um átomo do elemento hélio (He) totalmente ionizado (sem elétrons) e por isso com carga elétrica positiva +2.

Por outro lado, há uma busca constante por materiais atóxicos que sejam cada vez mais resistentes durante sua vida útil e mais fácil de serem biodegradados quando descartados.

É consenso entre os pesquisadores de que a maioria dos materiais que vão ser usados neste século ainda não foi inventada.