

## TCHERNOBYL E FUKUSHIMA

W. Lepecki<sup>1</sup>

Enquanto o mundo acompanha, tenso, o combate às conseqüências do acidente de Fukushima, é oportuno lembrar que, precisamente há um quarto de século, no mês de maio de 1986, chegava-se à etapa mais importante de um combate análogo e muito mais duro: o estancamento do escape maciço de radioatividade do reator de Tchernobyl, acidentado em 25 de abril anterior, após nove dias de esforços extraordinários.

Façamos um pequeno retrospecto histórico. Em 60 anos que decorreram desde a operação da primeira usina núcleo-elétrica, foi construído outro meio milhar, concentradas, significadamente, no desenvolvido hemisfério norte. Neste conjunto, e ao longo deste tempo, acidentes nucleares com liberação de radioatividade, ou seja, com dano ao núcleo do reator – se restringiram a três: TMI (Three Mile Island, USA, 1979), Tchernobyl (URSS, 1986) e Fukushima (Japão, 2011). Em TMI a radioatividade liberada ficou restrita ao interior da usina, em Tchernobyl e Fukushima a liberação foi para o exterior; no primeiro caso, tendo sido maciça e descontrolada, no segundo, controlada e muitíssimo menor que em Tchernobyl.

A central nuclear de Tchernobyl era composta, à época do acidente, por 4 usinas em operação e 2 em construção, todas alinhadas segundo um eixo longitudinal. Cada uma tinha uma potência elétrica de 1000MW. O acidente ocorreu na unidade 4, a última a entrar em operação.

Tchernobyl usava um reator conhecido pela sigla (em russo) RBMK, que tinha um projeto peculiar no universo dos reatores de potência operando à época do acidente, 1986. Embora seu moderador fosse a grafite, como o de vários reatores ingleses e franceses, diferentemente destes, que usavam gás carbônico como refrigerante, os RBMK usavam água fervente. Esta era conduzida em canais que atravessavam verticalmente o maciço de grafite. O uso da grafite acarretava dimensões físicas muito grandes para os reatores, o que levou os responsáveis soviéticos a abrir mão da construção de uma contenção em torno do reator, ao contrário do que ocorria nos reatores ocidentais.

---

<sup>1</sup> Engenheiro nuclear, doutor em Física de Reatores, ex-membro do INSAG (International Nuclear Safety Advisory Group) da AIEA.

A seqüência de eventos que levou ao acidente teve origem em um teste, que só poderia ser realizado por ocasião do desligamento do reator. Aproveitou-se a parada regular de manutenção da usina. O teste foi iniciado cerca de meio-dia da véspera do acidente e deveria ser executado ao longo do dia. Foi, porém, interrompido, a pedido do despacho de carga, e só foi retomado à noite. O teste foi, portanto, executado em desacordo com o programado, o que acabou levando o reator a operar em condições não previstas em projeto. Além disso, o turno que iniciou o teste foi substituído. Quando ficou evidente ao turno da noite de que algo de grave estava acontecendo, foi acionado manualmente o mecanismo de emergência de desligamento, provocando a inserção das barras de segurança (feitas de material absorvedor de nêutrons, que extingue a reação em cadeia).

Ocorre que as condições de operação não usuais do reator levaram a um efeito inesperado: as barras de segurança, ao começarem a sua queda, antes de extinguirem a reação em cadeia, provocaram a aceleração da reação. A consequência foi uma elevação abrupta de potencia. Esta levou a uma explosão de vapor na totalidade dos cerca de 1.500 canais de refrigeração que percorriam verticalmente o moderador de grafite do reator. Este tipo de acidente estava fora da base de projeto, que previa a explosão simultânea de no máximo três canais. Isso levou à destruição total do combustível e à combustão da massa de grafite. A tampa de concreto no topo do reator, de centenas de toneladas, foi arremessada pela massa de vapor e ao cair de volta, ficou em posição inclinada sobre o reator escancarado, sem tampa-lo.

Produtos de fissão radioativos provenientes do combustível destruído foram ejetados sem controle diretamente para a atmosfera, já que não havia a clássica contenção dos reatores ocidentais. A reação em cadeia foi imediatamente extinta (devido à destruição dos elementos combustíveis). As medidas imediatas de mitigação das consequências do acidente consistiram em extinguir o incêndio, proteger a população através da evacuação e barrar o caminho à radiação e às emissões de produtos de fissão radioativos, através da deposição por helicóptero de toneladas de diversos materiais: boro, absorvedor de nêutrons, para evitar o ressurgimento da reação em cadeia, dolomita, para gerar gás carbônico que refrigeraria a grafite em combustão, areia e argila para filtrar os radioisótopos em liberação do núcleo e, finalmente, chumbo, para, derretido, selar o topo escancarado do reator, ao mesmo tempo funcionando como

blindagem contra a radiação, uma vez solidificado. É preciso salientar que estas medidas atingiram os seus objetivos: o incêndio foi extinto, salvando os reatores contíguos, a população foi protegida da radiação imediata e a liberação de radioatividade cessou. As conseqüências a longo prazo foram objeto de inúmeras análises, cujo relato foge do escopo deste breve artigo.

Vamos aqui nos concentrar nas causas do acidente. Inúmeras análises foram realizadas para identificá-las e resumidas em anais de conferências e relatórios. Entre tantos, merece destaque um relatório sintético, publicado em 1992 pelo INSAG, o órgão de alto nível da AIEA encarregado da segurança nuclear. Em resumo, concluiu o INSAG que o acidente teve como causas: erro de projeto, licenciamento inadequado do experimento a ser realizado, bem como da sua execução, erros de operadores, causados por sua formação inadequada e pela deficiência na troca de informações entre operadores de usinas, falta de transparência no processo de conduzir todas as fases do projeto e execução da usina, com falta de fiscalização formal do público e, *last but not least*-falta da assim chamada **cultura de segurança** na usina.

Foram tomadas inúmeras medidas em nível da então URSS e a nível internacional para evitar a repetição deste tipo de erros: “Retrofitting” em todos os reatores RBMK em operação, criação de um forte órgão independente de licenciamento na então URSS, criação da WANO-World Association of Nuclear Operators, com o objetivo de promover o intercâmbio entre os operadores de empresas operadoras de usinas nucleares do mundo, medidas internas à ex-URSS para aumentar a transparência (o acidente de Tchernobyl impulsionou a Glasnost e contribuiu politicamente para o fim da URSS). Em nível internacional criou-se a Convenção Internacional de Segurança Nuclear, da qual, entre outros, o Brasil é signatário e que se destina a uma transparência e fiscalização da segurança nuclear entre governos. Finalmente, a AIEA criou uma série de serviços especializados de assistência para avaliar a **cultura de segurança** nas usinas nucleares, começando com um projeto piloto aqui no Brasil, na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto.

As medidas corretivas foram eficazes, evitando a repetição de acidente grave no quarto de século que se seguiu.

Foi necessário um terremoto e um tsunami com magnitudes extraordinárias para provocar um novo acidente severo (i.édecorrente de circunstâncias fora da base de projeto), desta vez no Japão, em Fukushima.

A central nuclear de Fukushima, na costa leste do Japão, consiste de dois conjuntos: o *Dai-ichi*, com 6 usinas e o *Dai-ni*, com 4. Todas foram atingidas pelo sismo ocorrido em 11 de março de 2011, mas com conseqüências diferentes. As 4 usinas de Dai-ni estavam em operação e foram desligadas automaticamente pelos mecanismos de proteção, permanecendo íntegras e desligadas. Das 6 usinas de Dai-ichi, as de números 1, 2 e 3 estavam em operação, as de número 4, 5 e 6 estavam desligadas para manutenção.

As que sofreram acidente grave com fusão do núcleo foram as 1, 2 e 3. As usinas têm projeto anti-sísmico e os mecanismos de desligamento automático (inserção das barras de segurança para o interior do núcleo) funcionaram como projetados, extinguindo a reação nuclear em cadeia. Após o seu fim, entretanto, os radioisótopos (produtos de fissão) contidos nos elementos combustíveis continuam a emitir radiação, gerando calor. Este "calor residual" equivale inicialmente a 6% da potência térmica do reator e diminui ao longo do tempo, mas nunca chega a zero.

O calor residual é removido através do equipamento que faz parte integral e essencial do projeto da usina, que necessita de energia para o seu funcionamento. Esta é fornecida normalmente pela energia própria da usina. Na indisponibilidade dessa, pela rede elétrica externa, através de linhas de transmissão redundantes, especialmente destinadas a isso. Finalmente, na indisponibilidade dessas, por geradores diesel de emergência, que também integram o projeto da usina. No caso, todas as fontes de energia mencionadas ficaram indisponíveis, devido ao terremoto extraordinário e os diesels, devido ao tsunami. Passaram a se aplicar, então medidas de emergência previstas em norma para tais casos extremos (acidentes "severos"). Inicialmente, foram trazidos geradores diesel móveis. Depois, aplicou-se a refrigeração direta do combustível através da inundação do reator com água de fontes externas. A água em contacto com o combustível danificado gerou, por uma reação química, hidrogênio, potencialmente explosivo, tendo ocorrido, de fato, várias explosões, apesar das medidas preventivas tomadas.

O combate às conseqüências do acidente de Fukushima não terminou, como se sabe. A situação dos reatores está ainda em evolução e é detalhadamente acompanhada pelos responsáveis pela central nuclear. A evolução da situação é amplamente informada à comunidade internacional, inclusive através de vários sites na internet. Estes sites de acompanhamento estão disponíveis para o público, p.ex. o da ANS (American Nuclear Society) que congrega várias fontes de informação em sua página <http://www.new.ans.org/>. O acompanhamento brasileiro oficial pode ser visto na página da CNEN: <http://www.cnem.gov.br/>.

O processo de análise e retirada de lições aprendidas está apenas começando. È cedo, portanto, para tirar conclusões específicas do acidente de Fukushima aplicáveis a outros reatores, em particular aos de Angra.

Entretanto é preciso dizer que, com relação aos acidentes severos já ocorridos, as nossas usinas já têm introduzidos os ensinamentos de TMI, reator de mesmo tipo que o de Angra. Por outro lado, um acidente como o de Tchernobyl não pode acontecer em Angra, por ser Tchernobyl de um tipo totalmente diferente – principalmente, Angra é um reator a água pressurizada e dispõe de contenção, ao contrário de Tchernobyl. Quanto a Fukushima – este foi causado por um sismo e um tsunami de magnitude que supera tudo que já ocorreu no Japão, historicamente sede de sismos de grande porte. As usinas de Angra tem, sim, projeto anti-sísmico, compatível com o histórico sismológico da região E possui diesels de emergência em número, redundância e proteção elevados.

Vivendo e aprendendo... mas com serenidade: o Brasil não é uma ilha. A nossa comunidade técnico-científica, juntamente com as do mundo todo, deverá se empenhar em participar da laboriosa tarefa de análise e aprendizado pós-Fukushima. O desempenho em termos de segurança apresentado pelas usinas de Angra só terá a lucrar com isso.