



Doutrina de segurança para navios nucleares no Brasil

(CONCEITUAÇÃO)



CMG (RM1-EN) Leonam dos Santos Guimarães*

É de conhecimento público que a Marinha do Brasil (MB) vem implementando, desde a década de 80, um Programa de Desenvolvimento de Capacitação Tecnológica em Propulsão Nuclear voltado basicamente para aplicação em submarinos de ataque.

Para que este Programa seja coroado de êxito, torna-se necessário que a Marinha demonstre e garanta o atendimento dos atributos de eficiência militar e de segu-

rança nuclear do Submarino Nuclear de Ataque (SNA) nacional ao longo de seu processo de obtenção, antes de submetê-lo aos riscos externos específicos ao ambiente marítimo e aos riscos operativos associados ao caráter militar de seu emprego. Esta necessidade decorre de um imperativo associado à capacitação na obtenção e utilização da energia nuclear e visa minimizar os eventuais riscos tecnológicos, políticos, sociais e financeiros que poderiam acarretar um even-



tual insucesso futuro na operação desses navios.

O reconhecimento do navio nuclear como um sistema único, incorporando os problemas de segurança e as técnicas tanto da indústria naval como da indústria nuclear, constitui-se então uma necessidade premente, de modo a viabilizar a energia nuclear como um meio de propulsão naval. Reconhecer o navio nuclear como resultado da combinação de “culturas” de dois grandes ramos da engenharia, implica a necessidade de uma doutrina

de segurança que aborde o navio e a instalação nuclear como um sistema, combinando e sintetizando todos os aspectos relevantes tanto para navios militares como para usinas nucleoeletricas estacionárias.

O não reconhecimento do navio nuclear como um sistema específico conduz à aplicação de regras e regulamentações de segurança definidas para navios convencionais, sobrepostas (e eventualmente em conflito) a regras e regulamentações desenvolvidas para centrais nucleoeletricas de potência. Uma tal abordagem, evidentemente, não conduz a uma otimização do projeto e da operação do navio, nem do ponto de vista da segurança, nem do ponto de vista funcional.

Segurança naval

A abordagem tradicional da Segurança Marítima tem sido prevenir morte, injúria pessoal, e perdas e danos à propriedade. São reconhecidos três princípios básicos para o cumprimento desta doutrina:

- a) minimizar as possibilidades de ocorrência de acidentes;
- b) minimizar as consequências de um acidente e as possibilidades de perda do navio; e
- c) maximizar as possibilidades de sobrevivência, socorro e resgate da tripulação em caso de perda ou abandono do navio.

Historicamente, a ênfase tem sido colocada sobre o próprio navio como meio de atingir o objetivo de segurança da vida humana no mar. Mais recentemente, a mesma abordagem tem sido aplicada para a proteção do meio ambiente, ou seja, proteger o navio de falhas catastróficas sob condições acidentais implica proteger também o meio ambiente.

Esta doutrina é implementada pela combinação de diversas ações exercidas ao longo de toda a vida útil do navio, desde a concepção até o descomissionamento. Estas ações incluem o desenvolvimento de normas e regulamentos legais, revisão e aprovação do projeto, inspeção e reinspeção para certificação, requisitos mínimos de tripulação e licenciamento de operadores.

Observa-se que, apesar de ao longo dos últimos 150 anos a necessidade de normas regulamentadoras da Segurança Marítima ter sido crescentemente reconhecida, a segurança propriamente dita tem sido derivada de uma abordagem “após os fatos”, ou seja, através de um procedimento de “reação ao desastre” do tipo ACIDENTE – INVESTIGAÇÃO – CORREÇÃO. Neste processo, as atividades de correção, na maioria das vezes, têm reforçado a sobrevivência do navio como meio primordial de proteção da vida humana no mar.

Felizmente tem sido observada uma notável mudança de ênfase na regulamentação da Segurança Marítima,

que cada vez mais vem adotando uma abordagem racional, baseada na disciplina de Segurança de Funcionamento de Sistemas (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety – RAMS*), utilizando-se dos seus métodos mais avançados para acompanhar os avanços da inovação tecnológica no setor naval. Apesar destes métodos não serem ainda universalmente adotados nas aplicações navais, nota-se a influência da abordagem de segurança no desenvolvimento relativamente recente dos códigos da *International Maritime Organization* (IMO) aplicáveis a navios para transporte de gás, navios para transporte de produtos químicos, navios petroleiros e navios baseados em efeitos de suportação dinâmica. A análise de segurança de sistemas foi também utilizada para a revisão da Convenção Internacional para a Segurança da Vida Humana no Mar (*Safety Of Life At Seas – SOLAS*), particularmente naqueles capítulos relacionados com a proteção contra incêndios e aplicações de salvatagem de pessoal embarcado.

Considerando os aspectos operacionais da segurança dos navios, a mesma tradição histórica de “navio em primeiro lugar” geralmente permanece verdadeira. Devido ao alto valor de um grande navio e de sua carga útil, é normal que o comandante tome todas as decisões necessárias para assegurar sua sobrevivência, incluindo forçar a operação de sua instalação de máquinas até os limites de sua resistência, e até mesmo encalhar voluntariamente o navio antes que ele afunde, de modo a facilitar o socorro à tripulação e o salvamento do navio e de sua carga.

Em resumo, pode-se concluir que tanto tradicionalmente como em termos dos novos métodos de Segurança de Funcionamento de Sistemas aplicados à melhoria da segurança dos navios, a própria sobrevivência do navio é a principal preocupação, o que resulta na segurança da tripulação, do público e do meio ambiente.

Segurança nuclear

A segurança de instalações nucleares pode ser vista como similar: seu objetivo fundamental é proteger o público e os trabalhadores das consequências de liberações de produtos radioativos decorrentes de sua operação normal e de acidentes.

Este objetivo é atingido mantendo-se intactas as barreiras físicas entre o público e o combustível nuclear por:

- a) planejamento e execução sistemática de atividades de projeto, construção e operação que minimizem a possibilidade de ocorrência de acidentes, incluindo requisitos operacionais que garantam a operação da instalação dentro dos limites de projeto especificados; e
- b) planejamento e execução sistemática de ativida-



Quebra-gelo russo de propulsão nuclear Arktika

des de projeto, construção e operação que minimizem as consequências dos acidentes, caso eles ocorram.

Esta abordagem enfatiza a segurança do reator como principal meio de manter-se as barreiras intactas. Como na Segurança Marítima, encontraremos mais uma vez normas e padrões regulamentares, aprovação de especificações, inspeção e requisitos sobre os operadores. O procedimento de segurança do tipo IDENTIFICAÇÃO – ANÁLISE – CONTROLE aplicado aos sistemas componentes leva à redundância, segregação, garantia de qualidade e restrições operacionais, que visam evitar os acidentes e manter a integridade das barreiras, e são universalmente aplicados às instalações nucleares modernas.



Neste aspecto, entretanto, o procedimento de segurança tende a centrar-se fortemente sobre o reator: por exemplo, uma ênfase relativamente menor é dada à área de proteção contra incêndios como sendo uma parte global do sistema. Isto é demonstrado pela ocorrência do incêndio na Central Nuclear de Brown Ferry, nos EUA, e os esforços posteriores para desenvolver as necessárias normas regulamentadoras. Acredita-se, entretanto, que, devido à implementação e aceitação geral da abordagem de Segurança de Funcionamento de Sistemas na engenharia nuclear desde o seu nascimento, existem poucas áreas que possam ter sido subavaliadas nesta extensão.

As restrições operacionais desempenham um importante papel na segurança dos reatores nucleares. Através

do procedimento de segurança IDENTIFICAÇÃO – ANÁLISE – CONTROLE, as especificações técnicas da instalação nuclear são determinadas e não deverão ser ultrapassadas durante a operação. Os procedimentos operacionais irão então requerer que o reator seja desligado no caso de uma variável de processo exceder um valor limite de segurança previsto nas especificações técnicas. Estas estabelecem, ainda, as condições mínimas para operação da instalação (por exemplo: disponibilidade de sistemas e condições ambientais). Caso não sejam atendidas, isto implicará o desligamento automático do reator ou ações corretivas compulsórias, tais como redução de potência ou limitação do tempo de operação. Essencialmente, considera-se que o desligamento do reator numa instalação



nuclear de potência estacionária resulta numa condição mais segura, ou seja, em um incidente ou acidente menos severo. A doutrina adotada enfatiza a estabilidade do reator como a principal preocupação de segurança.

Segurança dos navios nucleares

Comparando os conceitos de Segurança Marítima e Nuclear apresentados, pode-se identificar as seguintes similaridades:

- a) grande semelhança entre objetivos: prevenir danos ou perda de vidas humanas;
- b) presença de uma abordagem analítica de segurança em ambos os setores; e
- c) necessidade de desenvolver normas regulamentares em resposta a eventos inesperados e anteriormente não considerados nas análises.

Entretanto, são também identificadas algumas diferenças de abordagem:

- a) a Segurança Marítima enfatiza a segurança do navio e sua sobrevivência, resultando na proteção da tripulação, máquinas, carga etc.; e
- b) a Segurança Nuclear, por outro lado, tem sua ênfase principal colocada sobre o reator e, adicionalmente,

sobre as barreiras físicas que contêm os produtos radioativos em caso de ocorrência de acidentes.

Estas diferenças de abordagem devem ser reconciliadas em uma abordagem de segurança única para o sistema navio nuclear, consistente com a segurança da tripulação, do público e do meio ambiente, e com objetivo de sua maximização.

Um navio é um veículo que manobra de maneira autônoma em um ambiente que apresenta riscos que devem ser controlados. Esta realidade torna-se ainda mais crítica no caso de submarinos, onde o ambiente possui três dimensões. Estes riscos podem ser classificados em três categorias:

- a) acidentes internos, que podem rapidamente assumir proporções graves devido ao ambiente;
- b) riscos externos específicos ao ambiente; e
- c) riscos operativos associados ao caráter militar, no caso de navios de guerra e submarinos.

Os navios poderão então situar-se em três domínios de operação distintos:

- a) normal;
- b) anormal, no qual o navio somente operará involuntariamente (avaria, agressão externa, erro humano), sendo o objetivo retornar a uma condição segura; e



c) acidental, para o qual não se preconiza uma operação propriamente do navio, sendo o objetivo nesta situação a execução de procedimentos de salvaguarda ou de emergência para limitar as consequências do acidente.

Colocada de uma maneira extremamente simples, a doutrina de segurança dos navios nucleares pode então ser definida como: o navio deve ser projetado, construído e operado de forma a ser dotado de características intrínsecas e de meios complementares suficientes para garantir que, na presença das três categorias de riscos:

a) a possibilidade de a operação normal do navio evoluir para o domínio anormal seja extremamente reduzida;

b) a partir de uma condição de operação anormal, o navio possa retornar o mais rápido possível a uma condição segura; e

c) na ocorrência de acidentes, a máxima prioridade deve ser dada à proteção da vida humana; isto requer que as consequências dos acidentes para o próprio navio sejam minimizadas, de modo a proteger sua tripulação, o público e o meio ambiente, de danos decorrentes da liberação incontrolada de materiais radioativos.

Esta doutrina estabelece que o navio, não somente o reator, deve ser projetado, construído e operado de forma a não ocorrerem liberações incontroladas de materiais ra-

dioativos. Isto implica que o navio é de importância primária e que a sobrevivência do navio é, em si mesmo, o fator mais importante para a segurança do reator e para contenção e confinamento de materiais radioativos. Consequentemente, em determinadas situações específicas, pode ser necessário continuar operando a instalação propulsora, mesmo que isto possa implicar algum dano ao reator, evitando-se assim um perigo maior e, portanto, garantindo-se a segurança global do navio.

Esta necessidade deriva do fato incontestável de ser um navio governável, ainda que com um reator tendo sofrido alguns danos, ser intrinsecamente mais seguro do que um reator desligado sem dano em uma situação descontrolada, tais como um navio à deriva em mar grosso, sem propulsão (por ter sido o reator desligado para evitar danos), encalhado ou afundado. Isto não quer dizer, sob nenhuma hipótese, que a segurança do reator deva deixar de ser considerada importante nem que não deva ser analisada detalhadamente, ou que não existam situações nas quais a segurança do reator preceda a segurança do navio. Obviamente, um navio em situações extremas, encalhado ou mesmo afundado, com um reator desligado em estado seguro, é uma situação mais favorável em termos de exposições e liberação de produtos radioativos do que um navio nas mesmas condições com o circuito primário rompido ou algo pior. Se o funcionamento do reator além das condições normais previstas em suas especificações técnicas não garantir o salvamento do navio e portanto também do próprio reator, então o reator deve ser desligado.

Para a maioria dos engenheiros navais e operadores de navios, esta doutrina é óbvia. Deve-se, entretanto, reconhecer que nem todos os profissionais que lidam com projeto, construção, operação e regulamentação de navios nucleares percebem as diferenças desta doutrina com respeito à doutrina aplicável às instalações nucleares estacionárias.

Considerações finais

O artigo em tela discorre sobre aspectos gerais, comparando a segurança de um navio de propulsão convencional com a de um navio de propulsão nuclear.

No próximo artigo, a ser publicado em edição futura desta Revista, será mostrada a metodologia que deve ser empregada na segurança, nas fases de projeto, construção e operação de navios movidos a propulsão nuclear. ■

** Integrante do Grupo de Interesse em Ciência, Tecnologia, Engenharia, Matemática e Inovação – CTEMI, do Clube Naval*