

METODOLOGIA PARA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS DE UM NAVIO DE TRANSPORTE DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO

Marcelo Ramos Martins

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - e-mail: mrmartin@usp.br

Faustina Beatriz Natacci

Mestre em Engenharia Naval do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - São Paulo - Brasil - e-mail: Beatriz.999@gmail.com

Resumo

Com a descoberta de novas reservas de gás nas bacias de exploração de petróleo, a necessidade de seu escoamento se faz imprescindível. As alternativas existentes para o escoamento do gás produzido nas plataformas são, basicamente: gasodutos; navios que transportam GLP - gás liquefeito de petróleo; navios que transportam GNL – gás natural liquefeito; e navios que transportam GNC - gás natural comprimido.

O projeto de navios para transporte de GNC envolve o desenvolvimento de novas tecnologias, visto que não existe, ainda, nenhuma embarcação desse tipo em operação no mundo. Dessa forma, esse projeto é alvo de criteriosa e minuciosa avaliação por parte das sociedades classificadoras e de demais organizações correlatas, onde se inclui a IMO - International Maritime Organization. O aspecto fundamental ressaltado por essas entidades é, indubitavelmente, o risco envolvido nas diversas operações realizadas por esses navios, tanto no carregamento e descarregamento do gás, como quando em viagem, devido às características de armazenamento do produto.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de análise **preliminar** de riscos a ser empregada na fase inicial da espiral de projeto da embarcação, que deverá ser reavaliada a cada nova fase de desenvolvimento do mesmo. O conceito envolvido na avaliação de riscos visa complementar as etapas de projeto com o único propósito de garantir que os aspectos inovadores das embarcações que transportam gás natural comprimido estejam sendo corretamente investigados. Dessa forma, procura-se garantir, com o maior grau de certeza possível, a operação segura desses navios.

1 – Introdução

Métodos de análise de riscos têm sido vastamente utilizados no desenvolvimento de projetos que manipulam substâncias perigosas, principalmente quando esses projetos são inovadores, onde existe pouco conhecimento prático de experiência operacional. A grande maioria desses métodos é plenamente aplicável aos cenários navais. O mais importante é escolher o método, ou, a combinação de métodos mais adequada à situação que se faz presente. Esse é o caso do projeto de navios para transporte de GNC. Além das tradicionais técnicas determinísticas de projeto, existe a necessidade de uma segurança maior na avaliação dos riscos envolvidos durante as operações de carregamento, transporte e descarregamento realizadas por essa classe de navios. Este trabalho tem o propósito de fazer uma breve apresentação de algumas técnicas de análise e, ao final, sugerir a metodologia considerada mais apropriada para a análise **preliminar** de riscos de um navio para transporte de GNC, a fim de subsidiar seu projeto com decisões baseadas em risco.

2 - Metodologia Utilizada na Análise Preliminar de Riscos

2.1 – Considerações Gerais

Os requisitos mencionados nas referências ABS (2000), ABS (2007), DNV (2002) e IMO (2002) mostram a necessidade da aplicação de técnicas de análise de riscos, já consagradas nas indústrias química, aeroespacial e nuclear, como a tendência a ser seguida na complementação das técnicas de engenharia convencionalmente aplicadas a projetos de navios. Esses guias de projeto, principalmente a referência ABS (2007), citam a obrigatoriedade e os requisitos mínimos necessários referentes ao desenvolvimento de avaliações de risco.

Devido à falta de experiência na operação de embarcações que transportam gás natural comprimido, alguns estudos especiais também devem ser desenvolvidos, com a finalidade de tentar esclarecer pontos desconhecidos. No que dizem respeito a risco, tais estudos compreendem análises específicas de consequência, tais como: dispersão de gases, incêndios, explosões, etc., que só podem ser elaboradas quando o projeto encontra-se melhor detalhado.

A Figura 1 mostra as etapas típicas de desenvolvimento do projeto relacionadas às respectivas avaliações de risco necessárias como requisitos mínimos para aprovação para classificação de embarcações de transporte de GNC.

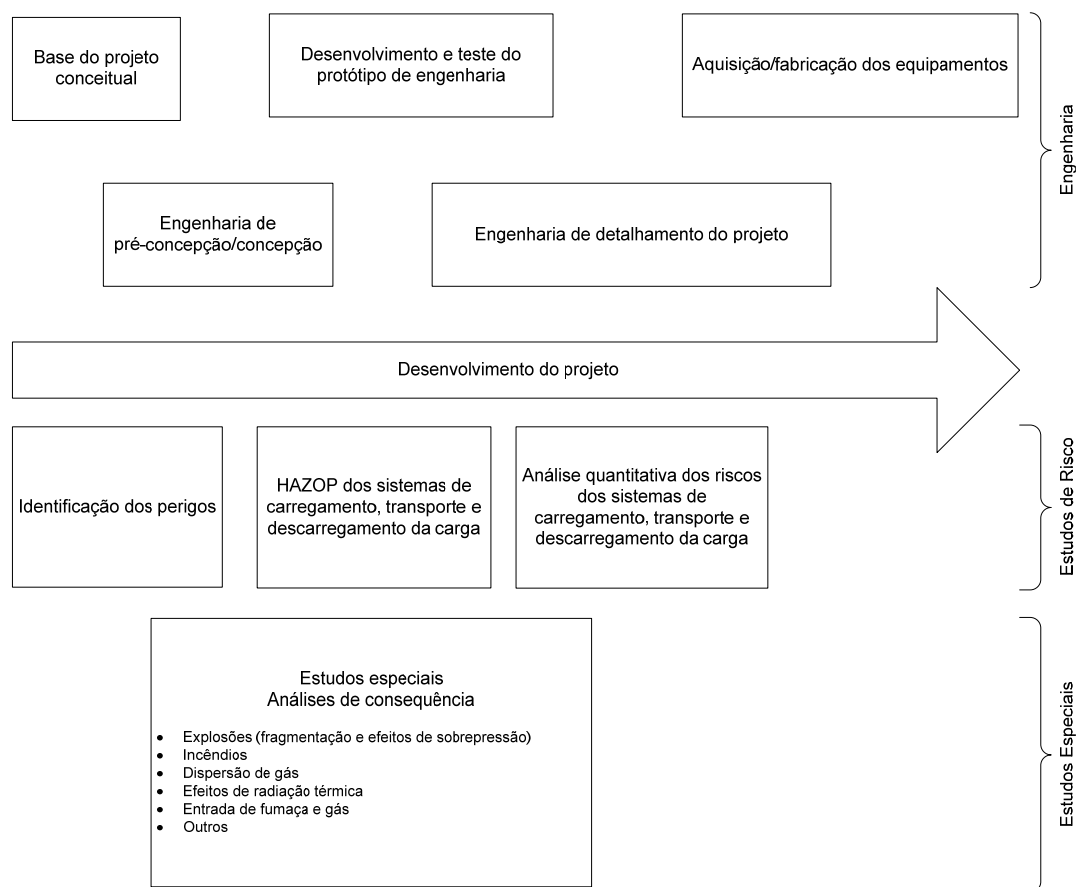


Figura 1 - Processo Típico de Desenvolvimento de Projeto e Estudos de Risco Associados

A referência IMO (2002) apresenta as diretrizes de análise de riscos aplicada especificamente para a área naval como um todo, intitulada: Formal Safety Assessment – FSA, que segue basicamente os mesmos princípios adotados em processos de análises de riscos de outras áreas. A avaliação de riscos é um processo racional e sistemático que procura aumentar a segurança marítima e a proteção do ambiente marinho com o intuito de dar subsídios a opções que conduzam à minimização de riscos potenciais. É um processo que apóia a metodologia determinística usualmente empregada nas regras de classificação de navios, com o intuito de proteger a saúde e a vida, o meio ambiente e a propriedade.

A aplicação da análise de riscos é especialmente relevante em propostas de medidas regulatórias cujas implicações sejam de grande impacto em termos de custos à indústria marítima ou aos encargos administrativos e/ou legislativos delas resultantes. Isto é alcançado por meio de justificativas claras para as medidas regulatórias propostas e por comparações das diferentes opções de medidas a serem adotadas. Esse modelo está em consonância com a filosofia básica da análise de riscos, que é uma ferramenta que propicia transparência e auxilia o processo decisório, além de ser proativa, permitindo a previsão de perigos potenciais com consequente atenuação de riscos de acidentes de grandes proporções. A comparação das regras existentes com regras propostas com base em avaliações de riscos visa o aumento da segurança, abordando considerações técnicas e operacionais, incluindo fatores humanos. As regras propostas devem ser avaliadas pelos órgãos reguladores levando em conta os benefícios advindos em termos de redução de vidas perdidas e/ou de diminuição da poluição marinha em contrapartida aos custos impostos à indústria como um todo e aos demais afetados pelas mudanças.

A metodologia de análise de riscos segue basicamente os passos mostrados na Figura 2 abaixo.

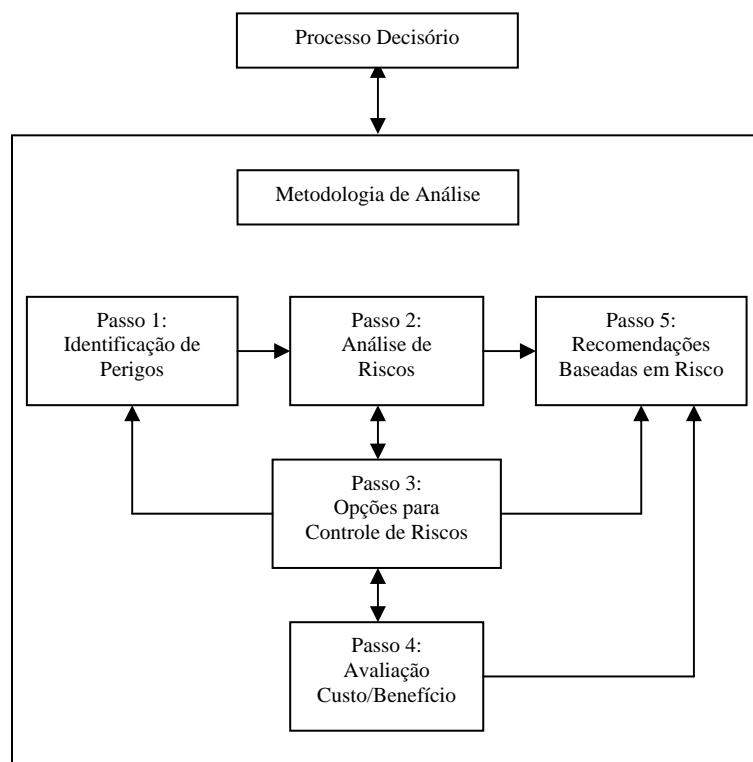


Figura 2 - Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Riscos

A referência IMO (2002) menciona ainda que avaliações de riscos não são aplicáveis a todas as circunstâncias e devem ser preferencialmente direcionadas a situações onde existe a necessidade de redução de riscos e as soluções para tal não são claras, necessitando, então, apoiarem-se em medidas mitigadoras e/ou salvaguardas advindas dessas avaliações.

2.2 - Técnicas Utilizadas em Análises de Riscos

O processo de avaliação de riscos de instalações deve basear-se em métodos sistemáticos, onde se procura obter respostas, fundamentalmente, para as seguintes questões:

- Quais eventos indesejáveis devem ser considerados?
- Qual a probabilidade/frequência de ocorrência dos mesmos?
- Qual a gravidade das consequências de tais eventos?

Os eventos indesejáveis devem ser levantados por meio de análise histórica em instalações semelhantes, bem como pela busca exaustiva de todos os possíveis problemas da instalação, busca esta realizada pelos analistas de risco com o auxílio dos projetistas da mesma.

Uma vez levantados os eventos da forma mais completa possível, deve-se proceder à avaliação de suas probabilidades de ocorrência e de suas consequências.

Detectadas probabilidades de ocorrência “perigosamente altas” ou de consequências potenciais inaceitáveis, devem-se introduzir alterações ou dispositivos apropriados que façam com que esse conjugado, frequência - consequência, caia a níveis aceitáveis.

Para isso, o desenvolvimento de análises de risco deve seguir algumas etapas que constituem uma forma de avaliar e melhorar a qualidade da instalação em análise, a saber: caracterização da instalação; identificação dos perigos; identificação dos cenários acidentais; quantificação das consequências de cada cenário; estimativa das frequências de cada cenário; estimativa dos riscos; gerenciamento de riscos; e planejamento de emergência, se necessário.

Deve-se definir claramente o problema a ser abordado e as regras aplicáveis, levando em consideração todos os aspectos relevantes. Especificamente na área naval, deve-se definir:

- a categoria do navio: tipo, comprimento, tonelagem, tipo de carga, projeto existente ou não, etc.;
- os sistemas do navio: propulsão, carregamento/descarregamento, governo, etc.;
- as operações previstas: no porto e em viagem;
- as possíveis influências externas: tráfego, rotas, condições de mar, etc.;
- as categorias de acidentes de interesse: colisão, encalhe, incêndio, explosão, etc.; e

- as categorias de riscos de interesse: a pessoas, ao meio ambiente e/ou à propriedade.

Caracterizado o problema, devem-se buscar as técnicas de análise de risco mais apropriadas à situação. As principais técnicas estão apresentadas a seguir. Muitas delas podem ser utilizadas em diversas etapas das análises de risco, tanto qualitativas quanto quantitativas.

Análise preliminar de perigos (APP): é uma expressão genérica usada para descrever um exercício cujo objetivo é identificar perigos e eventos associados que têm o potencial de resultar em um risco significativo. Por exemplo, a APP de uma instalação de petróleo distante da costa tem o intuito de identificar perigos potenciais que possam resultar em consequências a indivíduos, quantificadas em termos de ferimentos e fatalidades; ao meio ambiente, em termos de derramamento de óleo e conseqüente poluição; e à propriedade, em termos de perda e/ou atraso na produção ou outros danos econômicos. A técnica de APP pode ser aplicada a toda ou a parte de uma instalação ou embarcação, podendo também ser utilizada para analisar procedimentos operacionais. Dependendo do sistema a ser avaliado e da documentação disponível, o processo usado para se conduzir uma APP pode variar. Usualmente, a instalação avaliada é dividida em sistemas, e a equipe de analistas de riscos deve proceder a sessões exaustivas de discussões (*brainstorming*), para identificar perigos potenciais associados a cada parte do sistema. Esse processo é comumente efetuado com o apoio de uma equipe especializada no projeto e na operação da instalação. Os perigos considerados significativos são priorizados em avaliações mais aprofundadas.

Análise "What-if...?": a análise "What-if", em português, "E se...?", consiste em uma abordagem que se utiliza de um questionamento amplo e livremente estruturado para postular condições anormais que possam resultar em eventos indesejáveis ou em problemas de funcionamento do sistema, além de sugerir a implementação de salvaguardas apropriadas para a prevenção de tais problemas. Essa técnica apóia-se em uma equipe de peritos que devem gerar uma abordagem abrangente por meio de discussões exaustivas, podendo ser aplicada a qualquer atividade ou sistema. A análise "What-if" gera descrições qualitativas dos problemas potenciais, na forma de perguntas e respostas, assim como listas de recomendações para prevenção desses problemas. Ela pode ser empregada a quase todo tipo de instalação, especialmente àquelas com cenários de falhas relativamente simples.

Análise por meio de *checklists*: essa técnica consiste em uma avaliação sistemática, em face de critérios pré-estabelecidos, na forma de uma ou mais listas de perguntas com respostas previamente formatadas. Ela é aplicável a análises detalhadas ou de alto nível e é usada primordialmente para fornecer estruturas para entrevistas, revisões de documentação,

procedimentos operacionais e inspeções de campo da instalação analisada. A técnica gera listas qualitativas de determinações de conformidades e não conformidades, com recomendações para a correção das não conformidades. A análise por meio de *checklists* é frequentemente utilizada como um complemento ou parte integrante de outro método, especialmente para análises "*What-if*", como modo de avaliar aspectos específicos.

Análise de perigos e operabilidade (HAZOP - *hazard and operability study*): essa técnica utiliza-se de palavras guias especiais para fazer com que um grupo de indivíduos experientes no assunto em análise identifique perigos potenciais ou preocupações com a operabilidade de equipamentos ou sistemas. São fixadas palavras guias que visam descrever desvios dos parâmetros de projeto por meio da aplicação de um grupo pré-definido de adjetivos (alto, baixo, não, etc.) a um grupo pré-definido de parâmetros de processo (fluxo, pressão, vazão, composição, etc.). Em seguida, a equipe discute as consequências dos desvios e, se um desvio significativo é identificado, são asseguradas recomendações para implementação de salvaguardas apropriadas a fim de evitar a ocorrência do mesmo. Este tipo de análise é geralmente empregado ao nível de sistema e gera, majoritariamente, resultados qualitativos, apesar de uma quantificação simples também ser possível. O uso fundamental da metodologia HAZOP é a identificação de perigos à segurança e de problemas de operabilidade de processos contínuos de sistemas, especialmente sistemas de processo.

Análise de modos de falha e efeitos (AMFE): é uma abordagem de detecção indutiva que é mais apropriada a avaliações de sistemas mecânicos, elétricos e de processo. Essa técnica não é a mais indicada para análise de condições operacionais navais como trânsito ou segurança geral da embarcação. A AMFE exige que o analista seja o mais detalhista possível a fim de levantar todos os possíveis modos de falhas de componentes que possam resultar em problemas de funcionamento do sistema analisado e assegurar que recursos para compensação apropriados sejam adotados. A AMFE é aplicável a qualquer sistema bem definido e é também utilizada como base para definição e otimização da manutenção planejada de equipamentos, uma vez que o método foca diretamente e individualmente modos de falha dos mesmos. Cabe dizer que essa técnica identifica apenas falhas simples do sistema. O seu desenvolvimento baseia-se na utilização de uma tabela que pode variar em função da necessidade do analista, mas deve conter basicamente as seguintes informações relativas a cada componente do sistema: identificação (*tag*); descrição; função ou funções; modos de falha; causas de cada modo identificado; efeitos de cada modo identificado para o sistema e/ou para toda a instalação; métodos de detecção de cada modo identificado; recursos para

compensação, medidas mitigadoras e/ou salvaguardas para cada modo identificado; e observações necessárias, que podem ser opcionais, podendo exprimir pontos de vista do analista. A AMFE gera descrições qualitativas das falhas potenciais relacionadas ao desempenho de sistemas e equipamentos e pode ser expandida de modo a incluir estimativas de frequência e/ou consequência dos diversos modos de falhas identificados.

Confiabilidade humana: em qualquer tentativa de identificar perigos e avaliar os riscos a eles associados, deve-se considerar integralmente a interface entre os operadores e os sistemas, sempre que houver a possibilidade do homem interferir na segurança da operação. Questões de confiabilidade humana, Human Factors Engineering – HFE, como é comumente encontrada na literatura, podem ser integradas aos métodos de identificação de perigos, avaliação de riscos e determinação de confiabilidade de medidas de segurança. Um entendimento de psicologia humana é essencial quando se estima a efetividade de controles procedimentais e de sistemas de resposta em emergência. Uma lista de erros comuns ou uma auditoria do sistema de gerenciamento para treinamento de operadores são exemplos de métodos usados para abordar o potencial de erro humano e garantir que esse seja controlado. Essa técnica também pode ser apenas qualitativa, como pode ser quantitativa, onde se calcula a probabilidade de ocorrer uma intervenção humana equivocada.

Análise histórica de eventos: é uma técnica que deve sempre ser empregada, pois além de evidenciar perigos potenciais, permite fazer estimativas reais da frequência de ocorrência dos eventos de interesse. Deve-se fazer uma pesquisa exaustiva nas bases de dados disponíveis e avaliar a aplicabilidade e a relevância dos dados obtidos ao estudo a ser desenvolvido. Além disso, devem ser avaliados a qualidade, a exatidão, o tamanho e o tratamento estatístico da amostra de dados disponível. A maior contribuição dessa técnica é fazer com que o analista não esqueça eventos que certamente já ocorreram.

Análise por árvore de eventos: é uma técnica que utiliza árvores de decisão para representar graficamente todas as possíveis sequências acidentais de uma instalação, desde o evento iniciador de acidente de interesse até o estado final da planta. Essa técnica permite fazer uma avaliação qualitativa da evolução de problemas potenciais, bem como uma avaliação quantitativa da frequência de ocorrência dos estados finais identificados. Com isso, é possível verificar a importância relativa das diversas sequências e identificar onde devem ser introduzidas salvaguardas para efetivamente alterar os estados finais e suas consequentes frequências.

Análise por árvore de falhas: é uma técnica de análise dedutiva, onde a construção da árvore começa com a definição do evento topo de interesse, geralmente associado à falha do sistema analisado em uma determinada condição de operação. Podem ser definidos diversos eventos topos para um mesmo sistema, sendo que para cada um, diferentes árvores devem ser construídas. Partindo do evento topo, o desenvolvimento da árvore baseia-se na procura por todas as causas que possam levar à ocorrência deste. Para cada causa, então chamada de evento intermediário, devem-se procurar as respectivas causas e assim sucessivamente, até chegar-se aos eventos básicos da árvore, para os quais não existe desenvolvimento ou não existem dados disponíveis para posterior quantificação, o que vai depender do tipo de análise, qualitativa ou quantitativa. As causas estão ligadas a seu evento por meio de um portão lógico que exprime a lei de como tais causas levam à ocorrência desse evento imediatamente anterior. É importante determinar a abrangência e as premissas adotadas na análise, para que a mesma não fique demasiadamente extensa e complexa, dificultando seu entendimento e futuras revisões que se façam necessárias.

Matriz de riscos: é uma técnica que permite fazer uma avaliação relativa dos riscos associados aos perigos identificados. Essa talvez seja a técnica qualitativa mais simples de ser empregada e com resultados de mais rápida e fácil interpretação para implementação de salvaguardas no projeto. A cada perigo, são associadas uma categoria de frequência de ocorrência e uma categoria de severidade da consequência, obtendo-se a correspondente categoria de risco. A associação de frequências e de severidades pode ser feita de forma qualitativa ou de forma quantitativa; a quantificação é possível quando houver números absolutos disponíveis ou calculados para as mesmas. A partir da classificação de todos os perigos, monta-se a matriz de riscos. Com isso, os analistas, em conjunto com os projetistas, podem então direcionar suas decisões para melhoria da segurança da instalação.

Modelamento de consequências: envolve o uso de métodos analíticos para predição dos efeitos causados por um particular evento de interesse. Alguns exemplos de avaliações necessárias são: cálculo de termos fontes de liberação, de dispersão atmosférica, de explosão, de radiação térmica, de transporte em meios líquidos, etc.. A grande maioria dos modelos de consequências necessita de auxílio computacional para realização de cálculos. A elaboração desses modelos envolve basicamente as seguintes atividades: caracterização das substâncias presentes na instalação ou da energia associada aos perigos identificados; estimativa do transporte dessas substâncias e/ou propagação da energia até o ponto de interesse; determinação dos efeitos desse transporte e/ou propagação de energia; e quantificação dos

impactos no ponto de interesse. Os resultados obtidos nas avaliações de consequências dependem dos objetivos desejados, quais sejam: efeitos a pessoas, contaminação do meio ambiente e/ou riscos financeiros. Entretanto, é dada mais ênfase às consequências à população alvo, por meio da quantificação do valor esperado de lesões e fatalidades decorrentes da operação da instalação analisada. Pode-se dizer que o modelamento de consequências é uma técnica muito complexa e dispendiosa. A referência ABS (2007) classifica as avaliações de consequências como estudos especiais a serem desenvolvidos na fase de projeto de detalhamento.

Análise de sensibilidade: é uma técnica utilizada apenas em análises quantitativas onde, por meio da variação dos parâmetros assumidos, verifica-se a influência nos resultados finais. Isso pode ser bastante útil quando existe uma incerteza considerável nos dados e hipóteses. Outro benefício da técnica é demonstrar a eficácia de medidas mitigadoras propostas, por meio da comparação dos níveis de risco obtidos antes e após a adoção de tais medidas.

Finalmente, deve-se frisar que quaisquer que sejam as técnicas empregadas na avaliação de riscos, os documentos utilizados como base para análise devem ser claramente referenciados, de forma a permitir total rastreabilidade das informações assumidas e dos resultados obtidos.

2.3 – Metodologia para Análise Preliminar de Riscos do Navio para Transporte de GNC

Muito se fala em valores de risco, metas a serem atingidas, critérios quantitativos de risco, etc., entretanto, é dada pouca atenção ao passo inicial das análises de riscos, uma vez que as técnicas são bastante difundidas e, de certa forma, não exigem cálculos nem modelos matemáticos complicados. Enquanto a quantificação de riscos exige programas computacionais “pesados” para cálculo de consequências e envolve modelos analíticos e empíricos intrincados, a identificação de perigos quase nada requer, além de tempo e determinação. Entretanto, é essa etapa que direciona toda a análise e é onde o analista de risco deve concentrar seus esforços para ser o mais abrangente e detalhista possível. Omissões nessa fase podem levar ao comprometimento dos resultados finais.

Uma vez que os perigos inerentes à instalação são a principal fonte de eventos iniciadores de acidentes, as análises que visem entender exposições a riscos devem começar pelo entendimento dos mesmos. Apesar de a identificação de perigos, na maioria das vezes, não fornecer informações diretamente aplicáveis para a tomada de decisões, ela configura uma etapa decisiva. Por vezes, a identificação de perigos é explicitamente realizada com a

utilização de técnicas estruturadas. Outras vezes, geralmente quando os perigos são amplamente conhecidos, sua identificação torna-se uma atividade implícita, e não sistematicamente realizada, o que não é recomendável.

Toda identificação de perigos tem início com o estudo detalhado da instalação a ser analisada. Nesse momento, deve haver uma interação constante entre a equipe responsável pela análise de riscos e a equipe de projeto da instalação. Mais especificamente, quando se trata de um navio, deve-se proceder a um *brainstorming* quanto aos sistemas que compõem o navio e possíveis problemas já identificados, para que perigos conhecidos não sejam esquecidos. Como a equipe de análise não tem conhecimentos específicos de todas as instalações que analisa, a participação dos projetistas da embarcação é fundamental.

Dado o caráter único do projeto do navio para transporte de GNC e de seu desenvolvimento ainda não totalmente consolidado, deve-se ressaltar, mais uma vez, que a análise de risco desenvolvida deve acompanhar a evolução da espiral de projeto da embarcação. Em outras palavras, a cada novo ciclo do projeto, a análise deve ser revista e aprofundada. Em função do nível de documentação disponível, pode-se caminhar da análise qualitativa para a análise quantitativa de riscos, onde podem ser calculados valores de risco, tais como: risco individual, risco social, risco financeiro, etc., dependendo do objetivo almejado com a análise. Outra ressalva importante é que, independentemente do objetivo, a cada nova revisão da análise sempre há a realimentação do projeto com subsídios de segurança, confiabilidade e disponibilidade para a operação da embarcação.

Como já mencionado, a escolha das técnicas a serem utilizadas depende, fundamentalmente, do estágio do projeto da instalação, do nível de detalhamento desejado na análise e dos recursos disponíveis para sua execução. Face às diretrizes constantes na referência ABS (2007), específica para navios de transporte de gás natural comprimido, em consonância com outras referências da área naval: IMO (2002), ABS (2000) e DNV (2002), e devido à falta de experiência na operação de navios desse tipo, pode-se afirmar que a análise a ser elaborada deve ser qualitativa, onde a técnica mais indicada para a identificação de perigos é a APP - análise preliminar de perigos, seguida da elaboração da matriz de riscos para compor a análise preliminar de riscos do navio para transporte de GNC.

O objetivo da APP é identificar da forma mais completa possível todos os perigos inerentes à operação do navio, considerando a definição do problema, e priorizar aqueles cuja percepção de risco pareça mais significativa. A idéia inicial é verificar se existem perigos que possam inviabilizar ou comprometer o projeto em desenvolvimento e ressaltar áreas que devam ser

objeto de constante atenção ao longo das diversas fases de projeto. A APP deve servir também como um registro dos perigos e riscos associados, com acompanhamento e rastreabilidade, até a aprovação final do projeto pela classificadora.

A APP deve abordar os principais sistemas do navio e respectivas interfaces, tais como: arranjo geral; sistemas de contenção; sistemas de manipulação da carga; sistemas de segurança; sistemas de potência; estruturas; propulsão e governo e manobra. A análise deve considerar as diversas condições operacionais do navio ao longo de sua vida útil, incluindo: carregamento, descarregamento, trânsito, docagem, partida e parada. A APP utiliza uma tabela como a apresentada na Tabela 1 para sua elaboração.

Tabela 1 – Tabela Utilizada na Elaboração da Análise Preliminar de Perigos

Sistema:				Documentos de Referência:				
Nº	Perigo	Causas	Consequências	F	S	R	Medidas Preventivas ou Corretivas	Salvaguardas
1		•	•				•	•
2		•	•				•	•
3		•	•				•	•

O primeiro passo no preenchimento das tabelas de APP deve ser a identificação da instalação e do sistema em análise. Os documentos de referência utilizados devem estar claramente discriminados de modo a permitir total rastreabilidade das informações, sejam eles fluxogramas, memoriais descritivos, memoriais de cálculo, etc..

Os perigos devem ser enumerados e perfeitamente descritos. As causas devem ser averiguadas e associadas às respectivas consequências. Devem ser avaliadas as medidas preventivas, corretivas e salvaguardas existentes no projeto, bem como outras passíveis de serem incorporadas.

Esse processo deve ser exaustivo e, embora pareça simples, requer atenção e muito tempo para execução. A cada nova fase de projeto, a APP deve ser refeita, onde devem ser verificadas se as sugestões de melhorias advindas da fase anterior foram incorporadas. Esse processo deve ser sucessivamente repetido, até que os perigos de maior relevância tenham sido corretamente abordados.

Para cada perigo identificado, deve-se proceder, então, à associação das categorias de frequência de ocorrência (F) e de severidade das consequências (S) e, em correspondência, de risco (R). Ao final da associação das classes de risco, é possível montar a matriz de riscos.

Vale dizer que a literatura existente sobre análise de riscos apresenta variações nas classificações de frequência e severidade. Para este trabalho, foram admitidas classificações mais detalhadas, principalmente quanto a frequências. Havendo necessidade, poderá ser feito um agrupamento em classes mais amplas, a critério das equipes envolvidas no subsídio de informações para classificação. As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentadas abaixo detalham as categorias de frequência de ocorrência (F), as categorias de severidade de consequências (S), as categorias de risco (R) e a matriz de riscos, respectivamente.

Tabela 2 - Categorias de Frequência de Ocorrência

F	Categorias	Frequência (*)	Descrição
A	Extremamente Remota	Inferior a 1 em 10 ⁶ anos	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há referências históricas de ocorrência.
B	Remota	Entre 1 em 10 ⁴ anos e 1 em 10 ⁶ anos	Não esperado que ocorra durante a vida útil da instalação, apesar de já poder ter ocorrido em algum lugar no mundo.
C	Improvável	Entre 1 em 10 ² anos e 1 em 10 ⁴ anos	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação.
D	Provável	Entre 1 por ano e 1 em 10 ² anos	Esperado ocorrer poucas vezes durante a vida útil da instalação.
E	Frequente	Superior a 1 por ano	Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

(*) As faixas de frequência fornecidas são apenas valores de referência.

Tabela 3 - Categorias de Severidade das Consequências

S	Categorias	Descrição/Características	
		Segurança Pessoal	Segurança das Instalações
I	Desprezível	Sem lesões/mortes de funcionários ou de terceiros (apenas primeiros socorros ou tratamento médico menor).	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos ou instalações.
II	Marginal	Lesões leves em funcionários ou em terceiros.	Danos leves aos equipamentos ou instalações (danos controláveis e/ou de baixo custo de reparo).
III	Crítica	Lesões de gravidade moderada em funcionários ou em terceiros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou terceiros).	Danos severos a equipamentos ou instalações.
IV	Catastrófica	Mortes ou lesões graves em uma ou mais pessoas (em funcionários e/ou em terceiros).	Danos irreparáveis a equipamentos ou instalações (reparo lento ou impossível).

Tabela 4 - Categorias de Risco

R	Categorias de Risco	Descrição
NC	Não Crítico	O risco é considerado aceitável, sem necessidade de medidas adicionais.
M	Moderado	O risco é considerado aceitável quando mantido sob controle. Controles adicionais devem ser avaliados e implementados aplicando-se análise de custo/benefício para avaliar alternativas disponíveis, de forma a se obter uma redução adicional dos riscos.
C	Crítico	O risco é considerado não aceitável com os controles existentes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e/ou as consequências a níveis tão baixos quanto factíveis.

Tabela 5 – Definição da Matriz de Riscos: Associação entre as Categorias de Frequência, de Severidade e de Risco

		FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
S E V E R I D A D E	IV	M	M	C	C	C
	III	NC	M	M	C	C
	II	NC	NC	M	M	M
	I	NC	NC	NC	NC	M

Uma vez elaborada a matriz de risco, deve-se fazer uma criteriosa avaliação dos resultados. Os perigos correspondentes a riscos classificados como não críticos não necessitam de maiores investigações, pois correspondem a eventos cujas sequências acidentais resultam em estados finais que não comprometem a operação segura da instalação. Os perigos correspondentes a riscos classificados como moderados, embora não levem a condições críticas de operação, merecem uma análise mais detalhada, a fim de identificar possíveis medidas que levem à diminuição do risco. Os perigos correspondentes a riscos classificados como críticos devem, obrigatoriamente, passar por uma investigação criteriosa, onde se faz necessária a introdução de melhorias no projeto, quer seja pela alteração do projeto existente, quer seja pela adoção de medidas mitigadoras e/ou salvaguardas. Vale ressaltar que o enfoque de todas as conclusões obtidas com as técnicas aqui apresentadas relaciona-se a risco; não é do escopo de análises de riscos verificar o não cumprimento de requisitos operacionais.

3 - Conclusões

Este trabalho apresentou aspectos gerais a serem seguidos em análises de risco, dando ênfase às análises direcionadas ao projeto de embarcações para transporte de gás natural comprimido. Foram apresentadas técnicas usualmente empregadas e aceitas por órgãos reguladores de diferentes áreas, tais como: nuclear, meio ambiente, indústria química e, de

aplicação recente, porém de especial interesse para este trabalho, da área naval, que envolve sociedades classificadoras e, principalmente, a IMO - International Maritime Organization.

É muito importante frisar que a elaboração de avaliações de risco depende primordialmente do nível de informações disponíveis. A confiabilidade das conclusões extraídas dos estudos é diretamente proporcional à quantidade de informações disponíveis por ocasião da realização das análises. A interação entre a equipe responsável pelo projeto e a equipe de análise de risco também é necessária para garantir resultados consistentes e permitir realimentação positiva do projeto. Em realidade, a análise de riscos deve seguir as mesmas etapas da espiral de projeto, sempre dando subsídios para que este caminhe a favor da segurança, minimizando a ocorrência de cenários acidentais, tanto pela diminuição da frequência de ocorrência de eventos indesejáveis, quanto pela mitigação de consequências inaceitáveis.

Particularmente para navios para transporte de GNC, uma vez que não há navios semelhantes em operação no mundo, não se dispõe de dados adquiridos de experiência de operação nem de avaliação histórica de acidentes. Isso implica na impossibilidade de aplicação de algumas técnicas de análise de risco. Para que a elaboração da análise preliminar de riscos para navios tanque de GNC seja objetiva, recomenda-se adotar, entre todas as técnicas disponíveis, a técnica de análise preliminar de perigos seguida da elaboração da matriz de risco. Essas técnicas mostram-se práticas e eficazes em função do nível de informações disponível para o projeto em questão. A matriz de riscos permite visualizar os eventos de maior impacto para a segurança da embarcação, onde devem ser implementadas alterações de projeto e/ou previstas salvaguardas e medidas mitigadoras, fundamentando decisões baseadas em risco.

4 - Documentos de Referência

ABS - AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **ABS Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries**. June 2000.

ABS – AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **ABS Guide for Vessels Intended to Carry Compressed Natural Gases in Bulk**. April 2005, Updated July 2007.

DNV - DET NORSKE VERITAS. **Marine Risk Assessment**. 2002.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-making Process**. April 2002.