

3

Manutenção e inspeção baseadas em risco

Devido ao inevitável envelhecimento das instalações, aos requisitos cada vez mais rigorosos de segurança, meio ambiente e saúde (SMS) no contexto das atividades industriais e de serviços, tornou-se notória a necessidade de exercer um maior controle sobre a manutenção de instalações, em geral.

Segundo uma perspectiva histórica, este capítulo focaliza inicialmente o tema central da dissertação, que é a manutenção e inspeção baseadas em risco (MIBR). A partir desse pano de fundo, busca-se apresentar de forma sucinta as principais ferramentas e referenciais normativos da MIBR, traçando-se considerações metodológicas para a adoção dessa abordagem em sistemas complexos, como as instalações marítimas *offshore* – objeto do estudo de caso reportado no capítulo 4.

O referencial teórico apresentado neste capítulo baseia-se fundamentalmente nos trabalhos de Carazas (2011); Suzano (2010); Modica (2009); Maia Neto (2007); Khan et al. (2008) e Khan e Haddara (2003, 2004), pela qualidade da revisão bibliográfica e dos exemplos de aplicação na indústria de petróleo e gás, particularmente nas pesquisas de Suzano (2010), Modica (2009) e Maia Neto (2007).

3.1. Evolução das atividades de manutenção

A concepção da atividade de manutenção em empresas de diferentes setores tem mudado bastante durante as últimas duas décadas. Até a década de 90, a manutenção era considerada por algumas empresas como fonte de perdas e custos. Atualmente, essa atividade passou a ser vista segundo uma perspectiva mais ampla, além do restabelecimento da operação de um determinado sistema ou instalação, após detecção de falhas. Dentre outras atribuições, as equipes de manutenção hoje planejam intervenções e selecionam peças e materiais que permitam aumentar a vida útil dos equipamentos. Nessa perspectiva, a atividade

de manutenção é considerada estratégica para as empresas competitivas, uma vez que os custos associados a uma parada não planejada para manutenção dos equipamentos da linha de produção ou dos serviços podem acarretar perdas financeiras de alta monta, sem contar as possíveis consequências dos riscos operacionais ou de não conformidades.

Isso posto, o planejamento da manutenção visa a alta disponibilidade, ou seja, ampliar a capacidade de uma equipe de manutenção em garantir uma determinada disponibilidade do sistema produtivo por um período de tempo. No entanto, nem sempre se alcança esse objetivo maior de forma rápida. Revestem-se de fundamental importância mudanças na filosofia de planejamento, descritas neste capítulo de forma sucinta.

As grandes mudanças no planejamento da manutenção foram decorrentes da necessidade de tornar mais eficientes as linhas de produção, cuja manutenção era basicamente corretiva. Segundo uma perspectiva histórica, as décadas de 40 e 50 compreende o período no qual essa atividade ficou conhecida como a primeira geração da manutenção. A partir de então até a década de 70, esse período foi denominado de segunda geração da manutenção. Nas décadas de 60 e 70, as atividades das unidades industriais tornaram-se bem mais complexas, em função da utilização crescente de máquinas e equipamentos pelas empresas (Molinari, 2007; Arunraj e Maiti, 2007). Nesse contexto, os custos de manutenção passaram a representar uma parcela significativa dos custos operacionais, devido ao aumento de componentes nos processos industriais (Arunraj e Maiti, 2007).

Nesse período, a atividade de manutenção passou a ser planejada, contemplando: (i) planejamento de manutenção preventiva; (ii) manutenção baseada em períodos de operação; e (iii) sistemas de planejamento e controle das atividades.

As décadas seguintes marcaram a terceira geração da manutenção, com maior ênfase na década de 90 (Arunraj e Maiti, 2007). Esse período pode ser dividido em duas etapas, como descrito a seguir.

A primeira foi fortemente caracterizada pelo uso do planejamento de atividades preventivas, em função de avanços indústria aeronáutica e do início do emprego da automação industrial em diversos setores. O planejamento das

atividades de manutenção em aeronaves modernas deu origem ao que hoje é conhecido como manutenção centrada em confiabilidade (MCC).

A segunda parte da terceira geração é representada pela súbita demanda de qualidade dos produtos e serviços, decorrente do movimento intenso de adoção de sistemas de gestão da qualidade de produtos e serviços pelas empresas (Lee, 2003). O planejamento da manutenção e a programação de intervenções passou a ser estratégica para manter os sistemas produtivos operando com confiabilidade. Segundo essa visão, os conceitos de confiabilidade, empregados até então somente na indústria aeronáutica, começaram a ser adotados nos mais diversos setores da economia. Inicialmente adotada na geração e distribuição de energia elétrica, posteriormente no setor de óleo e gás, estendendo-se mais tarde à indústria em geral (Rausand, 1998).

A aplicação dos conceitos de confiabilidade na programação da manutenção deu início à nova geração da manutenção, que enfatizava a produção de produtos e serviços de alta qualidade, mas também se preocupava com a segurança da força de trabalho envolvida nas operações e com a preservação ambiental (Khan e Haddara, 2003; Arunraj e Maiti, 2007).

Já na década de 90, surge um novo conceito que foi incorporado ao planejamento da manutenção, buscando evidenciar o quanto poderia custar as consequências da ocorrência de uma falha indesejada na operação de sistemas complexos. Desse modo, a vertente mais moderna da manutenção está hoje apoiada por técnicas de gestão baseada em risco, tais como inspeção baseada em risco (IBR) e a manutenção baseada em risco (MBR).

3.2. Confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade

Formalmente, define-se confiabilidade como a probabilidade de um dispositivo executar satisfatoriamente uma determinada função por um determinado período de tempo e sob condições operacionais pré-definidas (Smith e Hinchcliffe, 2004).

Segundo a Norma NBR 5462/1994, confiabilidade é definida como a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas durante um dado intervalo de tempo (ABNT, 1994), sendo essa

capacidade medida como uma probabilidade ou frequência de ocorrência (Lewis, 1987).

Identificaram-se diversas definições de confiabilidade, como, por exemplo, as propostas por Moubray (2000), Leitch (1995) e Lewis (1987). Como destacado por Souza (2003) e Smith e Hinchcliffe (2004), todas apresentam pontos em comum que estabelecem a correta operação do sistema. Esses pontos comuns são:

- Cumprimento da função com desempenho esperado;
- Período de operação;
- Condições de operação (ambientais, ciclos, etc.);
- Grandeza estatística.

Já o parâmetro manutenibilidade tem sido definido como a capacidade de um componente ou equipamento ser restaurado a uma condição operacional, após a execução de uma manutenção corretiva (O'Connor, 1985). Segundo essa definição, o tempo para a execução do reparo pode ser considerado uma variável aleatória, devido às incertezas associadas com a habilidade e conhecimento dos técnicos das equipes de manutenção, bem como à disponibilidade de peças e ferramentas para execução do reparo e ao grau de deterioração do equipamento em função da ocorrência de falhas, entre outras.

Além da confiabilidade e da manutenibilidade, outro parâmetro deve ser considerado no planejamento de manutenção – a disponibilidade. O conceito de disponibilidade refere-se à fração da porcentagem de tempo que um sistema é capaz de produzir seu produto final segundo requisitos de qualidade previamente especificados (Smith e Hinchcliffe, 2004). Também pode ser definida como a probabilidade de um componente ou sistema estar operando satisfatoriamente em um instante de tempo t , sendo expressa pelo símbolo $A(t)$ e denominada de disponibilidade pontual (Carazas, 2011).

Vesely et al. (1994) conceituam disponibilidade como prontidão operacional, ou seja o comprometimento do sistema em cumprir sua função com um desempenho mínimo, previamente especificado, em um ponto aleatório no tempo.

3.3. Manutenção e inspeção baseadas em risco

Diversos métodos e ferramentas de gestão de risco têm sido apresentados e adotados em operações industriais nos últimos dez anos. A título de ilustração, esses métodos têm sido adotados desde a elaboração de procedimentos de inspeção em sistemas de transporte de combustível até procedimentos de planejamento de manutenção baseados em risco para a indústria farmacêutica.

A difusão ampla dos métodos de gestão de risco deveu-se em grande parte à necessidade das empresas de operar sistemas complexos livres de acidentes e com excelência operacional. Acidentes causados por falhas nas instalações podem trazer sérias consequências à integridade dos operadores do sistema (inclusive, causando mortes), danos ao meio ambiente, às próprias instalações, assim como, à própria imagem (Tixier et al., 2002; Aven e Korte, 2003).

Define-se, para fins desta dissertação, gestão de riscos corporativos como o processo de identificação e análise dos riscos associados ao não cumprimento das metas e objetivos operacionais, de informação e de conformidade, formando uma base de conhecimento que permita definir como esses riscos deverão ser gerenciados.

Segundo Coso (2004), o processo de gestão de riscos compreende oito componentes interrelacionados que servem de critério para determinar se a gestão de riscos na empresa é eficaz ou não. A gestão de riscos corporativos requer:

- alinhar o apetite a risco à estratégia;
- otimizar as decisões de resposta a risco;
- reduzir surpresas e prejuízos operacionais;
- identificar e administrar os riscos inerentes aos empreendimentos;
- fornecer respostas integradas aos diversos riscos;
- aproveitar as oportunidades;
- melhorar a alocação de capital.

Os gestores devem definir os níveis de riscos operacionais, de informação e conformidade que estão dispostos a assumir. A identificação e gerenciamento dos riscos é uma ação proativa.

Os oito componentes da gestão de riscos corporativos, segundo o modelo Coso ERM (Coso, 2004) são: (i) ambiente interno; (ii) fixação de objetivos; (iii)

identificação de eventos; (iv) avaliação de riscos; (v) resposta a risco; (vi) atividades de controle; (vii) informações e comunicações; e (viii) monitoramento.

No Quadro 3.1, a seguir, definem-se os oito componentes acima mencionados.

Quadro 3.1 - Componentes da gestão de riscos segundo o modelo COSO ERM (2004)

Componente	Definição
Ambiente interno	O ambiente interno determina os conceitos básicos sobre a forma como os riscos e os controles serão vistos e abordados pela organização. O coração de toda organização fundamenta-se em seu corpo de empregados, isto é, nos atributos individuais, inclusive a integridade, os valores éticos e a competência – e, também, no ambiente em que atuam.
Definição dos objetivos	Os objetivos devem existir antes que a administração identifique as situações em potencial que poderão afetar a realização desses. A gestão de riscos assegura que a administração adote um processo para estabelecer objetivos e que os escolhidos propiciem suporte, alinhem-se com a missão da organização e sejam compatíveis com o apetite a risco.
Identificação de eventos	Os eventos em potencial que podem impactar a empresa devem ser identificados, uma vez que esses possíveis eventos, gerados por fontes internas ou externas, afetam a realização dos objetivos. Durante o processo de identificação de eventos, esses poderão ser diferenciados em riscos, oportunidades, ou ambos.
Avaliação dos riscos	Os riscos identificados na etapa anterior são analisados com a finalidade de determinar a forma como serão administrados. Devem ser associados aos objetivos e processos que podem influenciar. Avaliam-se os riscos considerando-se seus efeitos inerentes e residuais, bem como sua probabilidade de ocorrer e seu impacto.
Respostas aos riscos	Identificam-se e avaliam-se as possíveis respostas aos riscos: evitar, aceitar, reduzir ou compartilhar. Seleciona-se o conjunto de ações destinadas a alinhar os riscos às respectivas tolerâncias e ao apetite a risco.
Atividades de controle	Estabelecem-se e implementam-se políticas e procedimentos para assegurar que as respostas aos riscos selecionados pela administração sejam executadas com eficácia.
Informação e comunicação	Para identificar, avaliar e responder ao risco, a empresa necessita das informações em todos os níveis hierárquicos. A comunicação eficaz ocorre quando as informações fluem na organização em todas as direções e quando os gestores e empregados recebem informações claras quanto às suas funções e responsabilidades.
Monitoramento	O monitoramento é realizado por meio de atividades gerenciais contínuas, avaliações independentes ou uma combinação desses dois procedimentos.

Fonte: COSO, 2004.

A gestão de riscos é um processo contínuo e conduzido pelas empresas para melhor identificar, entender e responder aos riscos prioritários, como por exemplo: (i) estratégicos; (ii) financeiros; (iii) operacionais; e (iv) de conformidade.

Como já abordado no capítulo 2, sugere-se às empresas o uso de uma combinação de técnicas e ferramentas de apoio. As técnicas de identificação de riscos examinam tanto o passado quanto o futuro. As técnicas voltadas a eventos

passados e tendências consideram questões como o histórico de falta de pagamento, as mudanças em preços de commodities e os incidentes que implicaram em perda de tempo. As técnicas que enfocam eventos sobre exposições futuras consideram questões como mudanças nas características demográficas, novas condições de mercado e ações da concorrência.

Essas técnicas podem apresentar grande variação quanto à sofisticação. No entanto, a maior parte das empresas adota as abordagens mais simples. Por exemplo, empregam técnicas de rastreamento de eventos de perda ou de falhas.

O grau de profundidade, de amplitude e de disciplina na identificação de eventos de riscos pode variar de uma empresa para outra. Os gestores selecionam as técnicas compatíveis com a sua filosofia de gestão de riscos, buscando assegurar que sejam desenvolvidas as funcionalidades necessárias de identificação de eventos e que as ferramentas de apoio sejam implementadas. De um modo geral, a identificação necessita ser suficientemente eficaz, pelo fato de ser a base dos componentes da matriz de riscos e da futura resposta a esses.

As distintas técnicas podem ser classificadas em função: (i) da forma como o risco é identificado; (ii) do mecanismo de avaliação e quantificação dos riscos; (iii) da capacidade para definir cenários críticos de operação; (iv) da capacidade de avaliação do risco e de seleção de alternativas; e (v) da capacidade da ferramenta auxiliar a tomada de decisão (Tixier et al., 2002).

Tixier et al. (2002) realizaram um estudo contemplando 62 métodos de análise de risco aplicados a diversas atividades industriais, visando selecionar diversas técnicas e métodos de gestão de risco, em função da necessidade da análise que se pretende executar. Dentre eles, não foi possível identificar nenhum método específico para a seleção de políticas de manutenção. Tixier et al. ressaltam, no entanto, que cada caso necessita de uma seleção prévia das técnicas e métodos que melhor se adequam às necessidades da análise de risco específica.

Na esteira da difusão das técnicas de gestão de risco, como mostrado nos capítulos 2 e aqui nesta seção, em 2003 firma-se mais fortemente a filosofia da manutenção baseada em risco (MBR), cunhada assim por seus autores Khan e Haddara (2003). A MBR tem o propósito de selecionar políticas de manutenção nas mais diversas áreas da indústria, por meio da aplicação das técnicas e conceitos de análise de risco. Anos antes, o *American Petroleum Institute* (API)

havia publicado os guias API 580 e 581, apoiando-se no mesmo conceito, porém voltados para atividades de inspeção baseada em risco para a indústria de petróleo e gás. A seguir, apresenta-se o estado-da-arte das diversas técnicas baseadas nos conceitos da análise de risco.

A engenharia da manutenção nas últimas duas décadas sofreu mudanças radicais, que a tornou parte estratégica do planejamento das atividades industriais. Essas mudanças começam com a incorporação dos conceitos de confiabilidade no planejamento da manutenção nos anos 80, chamada de terceira geração da manutenção (Rausand, 1998; Smith e Hinchcliffe, 2004; Carazas, 2006; Lafraia, 2001).

A fase seguinte da manutenção foi a incorporação dos conceitos da análise de risco, que caracteriza a quarta geração da manutenção (Carazas, 2010; Arunraj e Maiti, 2007).

Segundo Khan, Haddara e Krishnasamy (2008), a implementação destes conceitos começa com a programação de inspeções baseadas em risco na indústria de gás e petróleo, com as normas API 580 e 581. A outra vertente é a que visa o planejamento da manutenção em processos industriais. Esta seção apresenta o estado da arte, as modernas técnicas e métodos de planejamento e melhoramento das atividades de manutenção baseadas em risco.

Aborda-se inicialmente a inspeção baseada em risco, tendo em vista que a literatura a situa como a primeira das filosofias a implementar os conceitos da análise de risco, com vistas ao melhoramento de atividades relacionadas à manutenção na produção industrial.

A filosofia da Inspeção Baseada em Risco difundiu-se mais amplamente a partir da publicação dos guias API 580 e API 581 (*Risk-Based Inspection*), publicados *American Petroleum Institute* (Khan, Haddara e Krishnasamy, 2008; Jovanovic, 2003).

A elaboração dos guias API iniciou-se em 1993, tendo sido publicado o primeiro em 2000, com o patrocínio de um grupo de empresas da área de gás e petróleo, como British Petroleum, Chevron, Mobil, Petro-Canada, Shell, Texaco, dentre outras. Os guias API 580 e 581 são direcionados para a verificação de equipamentos e tubulações nas indústrias petroquímicas e usa o risco para priorizar e gerenciar um programa de inspeções, de forma a evitar a ocorrência de

uma falha estrutural, que cause um vazamento no processo de transporte dutoviário.

A Figura 3.1 apresenta a matriz de risco proposta pelo Guia API 581.

Categoria de consequência	Área afetada	Categoria de probabilidade	Sub-fator módulo do técnico
A	<10	1	<2
B	10 – 100	2	2 – 20
C	100 – 300	3	20 – 100
D	300 – 1000	4	100 – 1000
E	> 1000	5	>1000

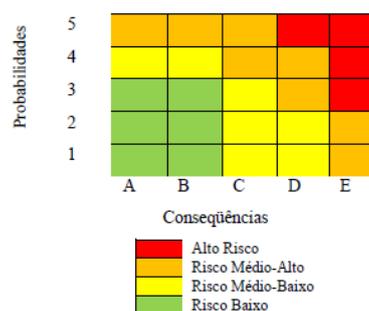


Figura 3.1 – Definição das categorias de consequências e probabilidades de falhas para a matriz de risco

Fonte: Eckstein et al. (2002).

A *American Bureau of Shipping* (ABS), em junho de 2000, apresenta a primeira publicação, visando implementar a análise de risco na indústria marítima de gás e petróleo, chamada *Risk Assessment Applications for Marine and Offshore Oil and Gas Industries* (ABS, 2000). Posteriormente em dezembro de 2003, a ABS publica um guia para a implementação da inspeção baseada em risco, chamada de *Guide for Surveys Using Risk-Based Inspection for the Offshore Industry* (ABS, 2003). O estudo apresenta uma guia para implementação de técnicas de análise de risco formado por quatro etapas principais: identificação do risco; análise de frequências, análise e avaliação das consequências e avaliação do risco.

Destaca também que, à medida que a análise se torna mais detalhada ou pontual, necessariamente, torna-se mais quantitativa, certa e onerosa, tal como representa a Figura 3.2.

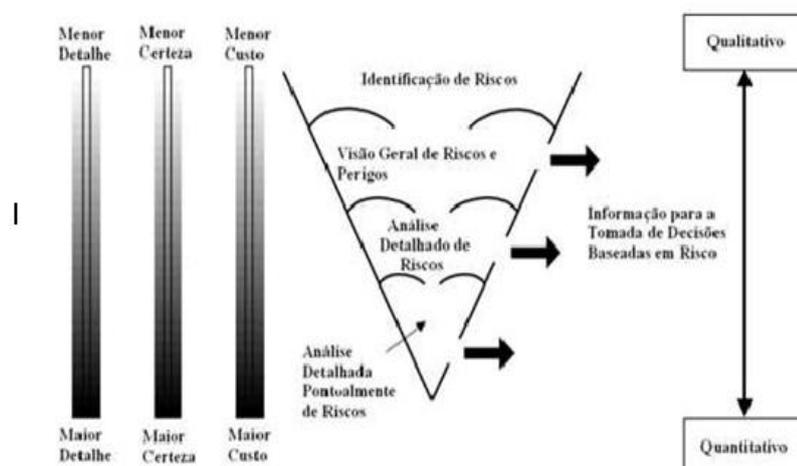


Figura 3.2 – Níveis de análise de inspeção baseada em risco
 Fonte: ABS, 2003.

Por outro lado, Jovanovic (2002) é um dos primeiros autores que apresenta uma proposta de método para a inspeção baseada em risco aplicada à indústria termelétrica de geração de energia na Europa. Posteriormente, o mesmo Jovanovic, juntamente com um grupo de pesquisadores, apresenta a proposta europeia para o “Planejamento de Inspeção e Manutenção Baseado em Risco”, dentro do projeto de pesquisa chamado Rimap (*Risk Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry*), que envolveu mais de 15 empresas basicamente do ramo da geração de energia elétrica, consolidando um método para a inspeção baseada em risco, denominado RBLM (*Risk-based Life Management*) (Jovanovic, 2002; 2003; Rimap, 2001).

Fujiyama et al. (2004), juntamente com a Toshiba Power Systems Company (2000), propôs um procedimento para a inspeção e manutenção baseadas em risco para a indústria de geração de energia termelétrica composto de sete etapas: (i) elaboração de árvores de componentes; (ii) elaboração de árvores de eventos; (iii) estudo dos dados históricos de operação; (iv) cálculo da confiabilidade; (v) inspeção e estudo de vida; e (vi) análise de risco; e (vii) elaboração do plano de manutenção.

A primeira etapa do método recomenda a elaboração de árvores de componentes, que são muito parecidas com as árvores funcionais utilizadas em

outras propostas de apoio a processos decisórios. Essas árvores são elaboradas para dividir, analisar e interpretar a operação funcional de sistemas complexos, do ponto de vista dos seus componentes (Carazas, 2011). Outro trabalho nessa mesma linha é apresentado por Chang et al. (2005), que adotou a norma API 581 para a implementação de um programa de inspeção em sistemas que compunham uma refinaria e o respectivo sistema de transporte de derivados de petróleo. Aplicações similares são apresentadas por Bareib et al. (2004); Tien et al. (2007), dentre outros autores.

Destaca-se o trabalho de Vesely et al. (1993), que implementou os conceitos da análise de risco para o planejamento de atividades de manutenção. Esses trabalhos partem de um método de análise denominado de *Probabilistic Risk Assessment (PRA)*. Nos anos seguintes, os métodos de aplicação da análise de risco para a seleção de atividades de manutenção passam a ser chamados de MBR, de uma forma geral. Destaca-se para fins da presente pesquisa, a aplicação apresentada por Apeland e Aven (2000) para a indústria *offshore*.

Khan e Haddara (2003) apresentam um método baseado em MBR para priorizar a redução do risco por meio da redução das probabilidades de falha e dessa forma reduzir as possíveis consequências, sejam elas de natureza operacional, econômica, ambiental ou de segurança. O método é ilustrado com diversas aplicações práticas, gerando a publicação de um livro em 2004. Eles mostram aplicações do método nas áreas de petróleo e gás e na indústria química (Khan e Haddara, 2004).

Nos últimos cinco anos, trabalhos baseados em MBR foram adaptados para necessidades específicas das diversas áreas da indústria, como por exemplo, para a indústria petroquímica (Hu et al., 2009; Marmo et al., 2009); para a indústria de petróleo e gás natural (Bertolini et al., 2009; Ghosh e Roy, 2009) e na indústria de geração de energia elétrica (Carazas e Souza, 2008; 2010; Khan et al., 2008). Da mesma forma, empresas de renome implementam a filosofia da MBR como estratégia de operação, como os casos da Toshiba Power Systems Company (2000), Hitachi (2003), ABB (2003) e a Petrobras (2006), dentre outras.

3.3.1. Planejamento da manutenção: foco em instalações marítimas

Dentre as principais diferenças operacionais entre balsas de serviço *offshore* e embarcações convencionais, podem ser destacados os requisitos de avaliação e manutenção da estrutura do casco ao longo da vida da balsa em operação. No caso das embarcações convencionais, a avaliação e manutenção da estrutura do casco ao longo do tempo em serviço são baseadas em docagens periódicas e reclassificação a cada cinco anos (ABS, 2000).

Os reparos e modificações devido às avarias causadas pela degradação estrutural por corrosão ou fadiga, ou ainda devido à sobrecarga, são usuais para as embarcações convencionais. Normalmente, esses reparos são considerados como parte integrante do procedimento de manutenção do operador.

No caso da manutenção de balsas de serviços *offshore*, os seguintes aspectos devem ser considerados (Landet et al., 2000):

- Requisitos de uma vida de serviço (cerca de 20 a 25 anos) com o menor número possível de interrupções na produção para realização de inspeções, manutenção e reparos;
- Impossibilidade de realização de docagens periódicas para realização de reparos;
- Necessidade de prover acessos seguros para realização de inspeções periódicas durante a operação, a serem instalados em todos os tanques da região de carga, em diferentes níveis.

É importante que os códigos e regras existentes para navios convencionais não sejam diretamente utilizados para avaliação e manutenção dos sistemas das balsas de serviços *offshore* sem uma análise prévia da aplicabilidade e de um posterior julgamento dos resultados obtidos. Para avaliação da estrutura do casco de uma balsa, Millar et al. (2000) sugerem a avaliação dos seguintes tópicos:

- Adequação das metodologias atuais para projeto da estrutura do casco, incluindo a avaliação da resistência última e características ambientais específicas da locação onde a unidade irá operar;
- Avaliação das consequências de explosões devidas ao vazamento de hidrocarbonetos ou incêndios ocasionando explosões na praça de bombas, espaços de máquinas, etc.;

- Análise das consequências estruturais devidas às colisões, queda de objetos e outros em relação à capacidade de absorção da estrutura do casco;
- Avaliação das consequências estruturais devido ao embarque de água no convés (“*green water*”) e impacto de ondas no fundo (“*slamming*”);
- Garantia da integridade estrutural prevista ao longo do tempo em serviço, associada à periodicidade de inspeções, escopo e métodos de inspeção empregados.

Visando à garantia da integridade estrutural prevista ao longo do tempo em serviço, aplicam-se, em geral, critérios associados à fadiga devida à vida progressiva da balsa e critérios para definir a troca de chapas com desgaste acima dos valores permissíveis.

As sociedades classificadoras têm realizado esforços significativos para produzir regras específicas para sistemas do tipo balsas de serviços. No entanto, o conhecimento nesta área ainda está em fase de desenvolvimento e refletida em diversos trabalhos publicados (Bultema, 2000, Francois, 2000).

3.3.2. Implementação da inspeção baseada em risco: foco em instalações marítimas

Devido às peculiaridades do comércio e transporte marítimo internacional e como forma de atender as necessidades dos armadores com maior presteza, as classificadoras viram-se obrigadas a dispor de escritórios para manutenção de classe das embarcações em praticamente todos os portos de atividade significativa, dotando-os de um corpo técnico com qualificação adequada e homogênea voltada para esse fim.

A inspeção estrutural de instalações marítimas *offshore*, incluindo as balsas de serviço, baseia-se fundamentalmente na análise do relatório da última vistoria subaquática e uma minuciosa inspeção visual geral da unidade, para verificar a existência de avarias e níveis acentuados de corrosão.

Em determinadas situações consideradas de risco, poderá ser exigido o aprofundamento da inspeção, mediante solicitações de exames ou testes nos casos em que haja indícios de que a estrutura não corresponda essencialmente ao apresentado no relatório. Poderá ser exigido tal procedimento em casos em que alguma deficiência na instalação for considerada grave pelo perito, de acordo com

as regras das classificadoras relacionadas a sistemas, operações e práticas de vistoria.

Os conceitos apresentados a seguir baseiam-se em trabalhos anteriores desenvolvidos por Modica (2009) e Suzano (2010).

Segundo, Suzano (2010), as vistorias são realizadas com o uso de uma lista de verificação da sociedade classificadora, específica para o tipo de certificado que está se renovando ou fazendo o endosso anual. Pode ser uma lista referente à certificação, como Modu, “*Load Line*”, Marpol, para citar alguns exemplos.

A Figura 3.3. ilustra um quadro indicativo da periodicidade das vistorias, para um ciclo de certificação de cinco anos.



Figura 3.3 – Indicativo da periodicidade das vistorias

Fonte: Suzano, 2010, p.13.

Cabe ressaltar que uma vistoria que gere muitas pendências não é recomendável, nem para o armador, nem para a sociedade classificadora, pois além de tomar tempo do vistoriador, há muitas vezes indicação de adiamento de pendências. Quanto mais pendências houver, maior a possibilidade de um maior número de pendências necessitarem postergação.

A sociedade classificadora não obtém um maior lucro se necessitar embarcar um vistoriador inúmeras vezes para retirada de pendências. Para ela é mais confiável a situação em que existam poucas pendências e nenhuma considerada grave. Nessa situação é possível que se obtenham os certificados definitivos e que as vistorias necessárias sejam apenas as anuais e de renovação. Para esse objetivo ser atingido, a realização de uma vistoria prévia é altamente recomendável, embora na prática a existência de pendências seja natural e, conseqüentemente, o embarque do vistoriador para eliminação das pendências.

Apresenta-se na Figura 3.4 um fluxograma que mostra as atividades necessárias para a execução das vistorias bem como um procedimento de retirada das pendências da unidade.

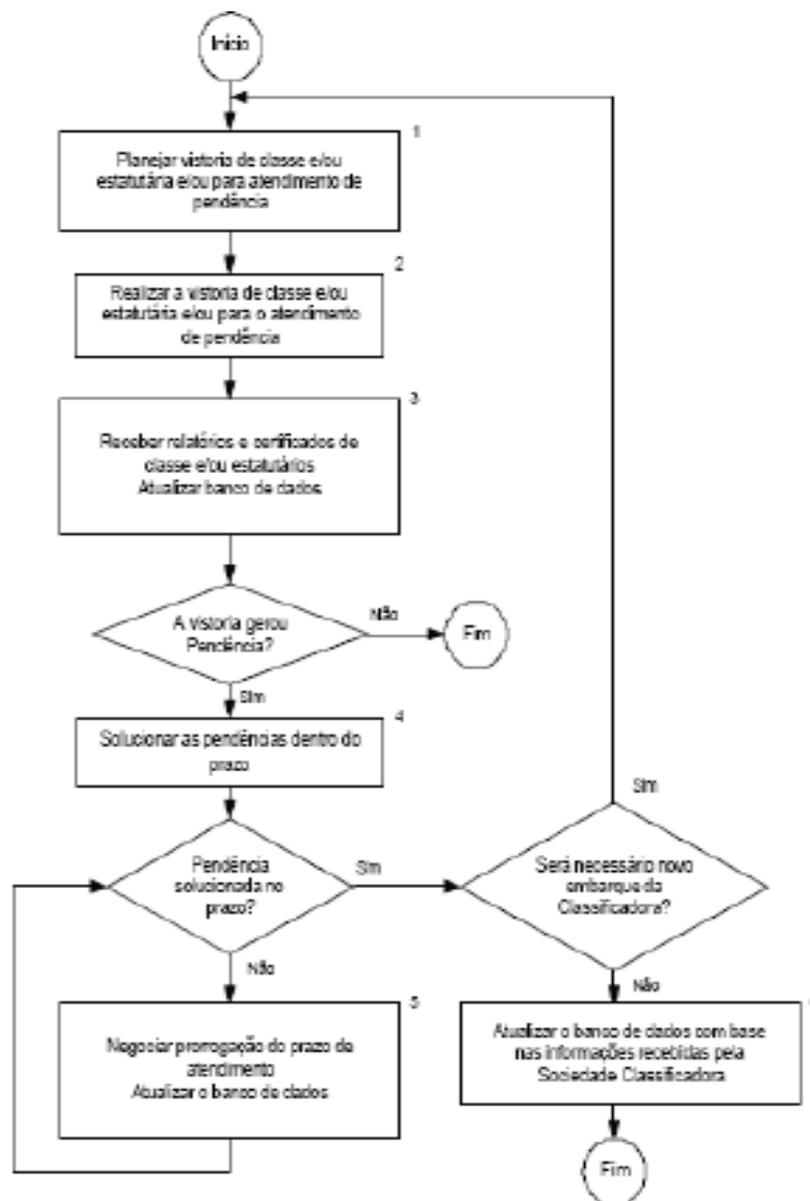


Figura 3.4 – Diagrama para realização das vistorias para emissão dos Certificados Estatutários e de Classe

Fonte: Suzano, 2010.

3.4.

Nível de detalhamento dos processos aplicáveis na inspeção baseada em risco

Estudos de inspeção baseada em risco (IBR) estabelecem programas de inspeção e a informação é gerada a partir da identificação clara dos tipos de danos que possam ser esperados, técnicas de inspeção apropriadas a serem utilizadas, da localização do dano potencial e da frequência das inspeções.

A inspeção baseada em risco é considerada como uma alternativa eficaz de custo para inspeção tradicional e tem sido usada no planejamento e implementação de programas de inspeção e manutenção no setor de petróleo e gás natural. Segundo Farias et al. (2006), identificam-se vários níveis de detalhamento dos processos aplicáveis na inspeção baseada em risco, com a finalidade maior de obtenção de resultados que venham identificar os riscos para otimizações dos processos. São eles: (i) nível 1 – estudo determinístico de onde inspecionar; (ii) nível 2 - estudo determinístico de quando e onde inspecionar; (iii) nível 3 – estudo probabilístico de ‘quando’ e ‘onde’ inspecionar; (iv) estudo probabilístico voltado para a extensão da vida útil da instalação.

Nível 1 – estudo determinístico

Estudo determinístico de ‘onde’ inspecionar: mantém os intervalos da regra prescritiva (ex. balsa de serviço 3). A IBR nível 1 é a mais adequada para implementação em unidades semissubmersíveis;

Nível 2 – estudo determinístico

Estudo determinístico do ‘quando’ e ‘onde’ inspecionar: permite o ajuste dos intervalos prescritivos (Ex. Plataforma da Petrobras P-59). Em desuso, visto consumir o mesmo recurso e apresentar resultados inferiores aos obtidos com o nível 3;

Nível 3 – estudo probabilístico

Estudo probabilístico de ‘quando’ e ‘onde’ inspecionar: Novos intervalos são calculados de acordo com a realidade estrutural do casco (Ex. balsa de serviço da Petrobras BS-5; plataformas da empresa P-37 e P-56). O nível 3 é a evolução do nível 2 e é considerada a mais adequada para implementação nos FPSOs em condições normais de operação.

Nível 4 – estudo probabilístico

Estudo probabilístico com aplicação de análise dinâmica do carregamento e análise espectral de fadiga do ‘quando’ e ‘onde’ inspecionar. Estudo voltado para a extensão da vida útil da instalação (Ex: Zafiroproducer da Exxon-Mobil). A IBR nível 4 é uma opção para o caso de necessidade de extensão da vida útil de uma unidade sem retirada da locação. Isso porque toda embarcação deve se adequar à legislação e aos requisitos do país, onde ela estiver momentaneamente operando.

De uma maneira geral, a maior parte dos requisitos de segurança operacional são bem semelhantes para todos os países signatários da *International Maritime Organization* (IMO), uma vez que decorrem das mesmas convenções internacionais (*Solas, Modu, Load Line, Marpol, Tonnage*, etc). No entanto, toda embarcação de bandeira estrangeira, incluindo as plataformas e balsas de serviço, cuja operação se pretenda fazer em águas jurisdicionais brasileiras, deverá ter sido prévia e formalmente autorizada pela Autoridade Marítima brasileira (Farias et al., 2006).

3.5.

Considerações metodológicas da adoção da MIBR

Apresentam-se, nesta seção, considerações metodológicas da adoção da manutenção e inspeção baseadas em risco, buscando responder algumas das questões que surgem durante sua utilização, na prática.

O que inspecionar?

Devemos identificar os detalhes construtivos críticos de “Onde inspecionar”, as áreas de alto risco, análise qualitativa através de grupos de trabalho de “Quando inspecionar”, mecanismos de degradação e avarias dependentes do tempo.

Onde inspecionar?

Verificar a matriz de probabilidade *versus* consequência, conforme apresentado em seção anterior (Figura 3.2). Deve-se proceder à identificação dos detalhes construtivos críticos da estrutura da unidade.

Quando inspecionar?

Uma vez identificados os detalhes estruturais críticos, bem como concluída a análise qualitativa de risco, as informações são cruzadas com os resultados das análises de degradação da estrutura para a definição do intervalo de inspeção.

3.5.1. Análise crítica

Definição do item crítico

- Delinear o item reparável, com os seus respectivos sobressalentes. No mínimo 10 (dez) itens mais críticos e suas respectivas quantidades para previsão de 1 (um) ano;
- Usar “Pareto” para determinação do índice de criticidade dos parâmetros, que poderão vir a ocasionar a falha de acordo com a análise proposta.

Método de “Pareto”

A Curva ABC ou 80-20 baseia-se no teorema do economista Vilfredo Pareto, na Itália, que, ao desenvolver um estudo sobre a renda e riqueza, observou que uma pequena parcela da população (20%) concentrava a maior parte da riqueza (80%) (Suzano, 2009).

Os itens são classificados como “Curva ABC”:

- Classe A: itens de maior importância, valor ou quantidade, correspondendo a 20% do total;
- Classe B: itens com importância, quantidade ou valor intermediário, correspondendo a 30% do total;
- Classe C: itens de menor importância, valor ou quantidade, correspondendo a 50% do total. Os parâmetros acima não são uma regra matematicamente fixa, pois podem variar de organização para organização nos percentuais descritos.

Esse método é empregado na indústria, em geral, como modelo de identificação e priorização de itens críticos.

Criticidade dos itens

Determina-se a criticidade dos itens de uma instalação marítima, por exemplo, uma balsa de serviço, utilizando-se o gráfico de "Pareto" como fonte para demonstrar o valor da criticidade, pela somatória de seus parâmetros. Elencam-se os itens críticos para uma análise mais acurada, no tocante às necessidades de inspeções e manutenções preventivas.

Os primeiros cinco anos de operação da instalação não requer um grande número de inspeções, conseqüentemente o número de manutenção corretiva é muito pequeno. Uma vez mapeados os itens estruturais críticos, deverão ser identificadas as áreas de alto risco suscetíveis às falhas, devido à corrosão ou à fadiga. Nessas áreas, deverão ser realizados monitoramentos de medição de espessuras de chapas e ensaios não-destrutivos (no caso da MIBR ser focada no convés principal da instalação, por exemplo). Tal identificação é feita de forma qualitativa, por meio de grupos multidisciplinares, utilizando-se a matriz de probabilidade *versus* consequência (Figura 3.2).

O estabelecimento dos intervalos de inspeção deve ser conduzido mediante um estudo dos mecanismos de degradação e uma estimativa de quando um componente ou sistema atingirá um determinado estado limite. O ideal é inspecionar o componente quando a deterioração atinge a probabilidade alvo, (Farias et al., 2006).

A Figura 3.5 mostra uma ilustração da matriz de risco preenchida, mostrando a probabilidade de falha x risco associado x tempo de operação.

		Probabilidade de falha devido a degradação Estrutural		
		3%	5%	8%
Risco associado ao casco	Alto			
	Médio			
	Baixo			
		5 anos	10 anos	15 anos
		Tempo de operação		

Figura 3.5 – Probabilidade de falha x risco associado x tempo de operação
Fonte: Suzano, 2010.

Parâmetro relevante para análise de criticidade no tocante as falhas

A corrosão é considerada um parâmetro muito importante para uma possível aceleração em um processo de fadiga estrutural interna, que somente pode ser detectada por ensaios não destrutivos (Trueman et al., 2009). Os dados históricos a serem considerados são:

- Vida pregressa da fadiga;
- Histórico de corrosão: (i) atmosférica na superfície (acima da linha d'água); e (ii) microbiológica por imersão (abaixo da linha d'água).

A corrosão por influência microbiológica tem recebido crescente interesse nos últimos anos. Esse aumento de interesse deve-se provavelmente ao reconhecimento do potencial de falhas inesperadas e dispendiosas, que podem ocorrer como resultado da elevada corrosão. Uma das áreas em que a corrosão em geral é encontrada refere-se aos porões e aos tanques de embarcações marítimas, incluindo navios e submarinos. As condições presentes em muitos porões ou tanques de embarcações marítimas incluem água estagnada e proliferação dos microorganismos comumente associados com corrosão por influência microbiológica, para citar alguns exemplos. As altas taxas de corrosão podem, potencialmente, resultar em danos estruturais ocorridos antes da identificação da área suspeita por ocasião da inspeção visual de rotina. Isso pode ter consequências desastrosas, mesmo em casos em que não ocorram danos estruturalmente significativos. O ataque localizado pode resultar em aumentos consideráveis da perda de espessura das chapas (Suzano, 2010).

3.5.2 Efeitos da manutenção preventiva

Recomenda-se que seja feita mensalmente uma inspeção preventiva não destrutiva com a intenção de minimizar as manutenções não programadas. Esse modelo de análise determina um valor total acumulado que serve de base para monitorar a necessidade de aumentar as inspeções programadas com possíveis manutenções programáveis, visando reduzir o número de manutenções não programadas (manutenções corretivas).

Com base nos dados dos modelos anteriores, o modo de falha é discretizado pela análise de predição. O intervalo de inspeções nos primeiros

cinco anos aponta para a adoção de métodos preditivos semestralmente, devido à probabilidade de falhas com relação à degradação estrutural.

3.6. Considerações finais sobre o capítulo

Destaca-se a importância da revisão dos métodos descritos neste capítulo para fins do desenvolvimento de um método baseado em MIBR para aperfeiçoamento do processo de tomada de decisão referente à manutenção de balsas de serviço *offshore* de uma grande empresa brasileira do setor de petróleo e gás natural, mais especificamente da balsa de serviços BS-3 da Petrobras.

Na indústria de petróleo e gás, os requisitos de segurança, meio ambiente e saúde (SMS) estão cada vez mais exigentes, além do crescente rigor na legislação ambiental, depois de vazamentos *offshore* ocorridos em período recente.

Na Petrobras, tornou-se notória a necessidade de exercer um maior controle sobre a manutenção das instalações marítimas, tendo sido publicadas nos últimos anos normas internas com esse foco. Novos métodos de predição e de tomada de decisão, como o que será proposto no próximo capítulo, vêm contribuir para a excelência das atividades de inspeção e da manutenção de instalações marítimas *offshore*.