

Sistema de Gestão da manutenção de estruturas

*Por Duperron Marangon Ribeiro
Prof. do Depto Eng. Naval e Oceânica da
EE/UFRJ
duperron@ufrj.br*

Resumo

O artigo apresenta uma tecnologia de manutenção validada através da aplicação em navios e propões sua utilização para outras estruturas.

O software permite realizar previsões de reparo e também executar simulações para avaliar a condição provável da estrutura no futuro, com base no passado. Para isto, faz uso de uma metodologia de extrapolação da degradação¹.

O sistema apresentado tem a finalidade de integrar as questões de manutenção às de gestão e tecnologia da informação.

O texto pretende mostrar a viabilidade da geração de vantagem competitiva para empresas que tenham na manutenção de estruturas complexas ou dispersas geograficamente a possibilidade de se diferenciar através de menores custos de manutenção, aumento da produtividade e menores riscos de acidentes e poluição.

Introdução

A gestão da manutenção de estruturas através da utilização de software exige que um tratamento gráfico seja utilizado pois, não existe um número de identificação como acontece em equipamentos, onde cada peça é reconhecida por um código único.

No caso de estruturas, mesmo que cada peça seja numerada no projeto de construção, o reparo irá ocorrer de forma a produzir novas regiões que podem estar inseridas dentro das originais ou se estender por muitas delas.

A falta deste número de parte também tem implicações na inviabilização da utilização da internet para a execução de cotações, visto que a forma e a região onde o reparo está localizado têm influencia direta no custo da sua execução. A localização, principalmente em estruturas de grande porte, tem implicações no volume de andaimes necessários para a realização da obra.

Os navios, tidos como as maiores estruturas de aço produzidas pelo homem, recebem um processo contínuo de manutenção de estruturas e equipamentos e a cada cinco anos, em média, sofrem reparos estruturais em estaleiros.

Em razão do envelhecimento da frota e a crescente importância da proteção ambiental tornou-se fundamental exercer um controle melhor sobre a manutenção dos navios.

Assim sendo, tornaram-se candidatos naturais para a realização de testes de validação de um software com a proposta de viabilizar a gestão da manutenção de estruturas.

Apresentamos neste artigo uma tecnologia de manutenção de estruturas validada e aperfeiçoada através de sua

aplicação em vinte e sete navios da Transpetro ao longo dos últimos seis anos.

Estaremos propondo a extensão de sua aplicação para tanques, tubulações, guindastes, plataformas off-shore, aeronaves e quaisquer estruturas de grande responsabilidade, ou seja, aquelas cuja falha possa implicar em poluição de grandes proporções, prejuízos de grande monta ou perda de vidas.

Na verdade, o conceito básico poderia ser aplicado, com pequenas alterações, também em outros objetos de engenharia tais como pontes, rodovias, edifícios e outros.

Enquanto os projetos de engenharia estão contidos em um período conhecido, delimitado e anterior a efetiva utilização do objeto de engenharia resultante, temos no caso de manutenção a aplicação da engenharia de forma contínua e inserida nas questões operacionais e de planejamento e gestão da empresa.

O desenvolvimento de uma ferramenta de manutenção de estruturas deve portanto, vislumbrar também as questões de gestão, que transcendem os setores responsáveis pela manutenção nas empresas.

Estaremos apresentando neste artigo um sistema especialista que possui interface gráfica amigável com modelagem geométrica detalhada da estrutura. Sua arquitetura é baseada em eventos e interatividade.

Histórico

Em 1992 uma empresa de navegação necessitou de um estudo de avaliação da

especificação de reparo produzida para uma grande obra a ser realizada em um navio minero petroleiro de grande porte.

Foi solicitado pela mesma que não fosse percorrido o mesmo caminho trilhado para a confecção da especificação original pois este procedimento conduziria à mesma conclusão.

Percebendo-se então o elevado grau de subjetividade inerente ao processo convencional de elaboração das especificações de reparo da estrutura optou-se por elaborar uma sistematização que propiciasse uma maior objetividade nas decisões.

Enquanto o método convencional apontava para a necessidade de substituição de 560 ton de aço para o navio, a nova tecnologia apontava para 1000 ton. Na efetiva realização da obra no início de 1993 foram substituídas cerca de 1000 ton !.

Em 1995 iniciamos a introdução dos navios da Transpetro no sistema utilizando a primeira versão do software para a plataforma Windows®.

Sua utilização para estes navios apontou para um comportamento relativamente conservador de suas previsões de evolução da degradação mas, este fato foi contornado com o ajuste dos critérios de substituição de chapas².

Previsão da Degradação

A base encontrada para sustentar uma avaliação objetiva foi o conhecimento da evolução dos defeitos encontrados nas estruturas. Como a corrosão costuma ser a causa inicial de cerca de 90% dos problemas estruturais em navios petroleiros e minero-petroleiros, optou-se

por procurar uma forma de prever sua evolução.

Trincas por fadiga apresentam-se como problema maior somente quando o projeto é inadequado e portanto não constituíram o foco de nossa atuação.

Embora seja do conhecimento público a grande dificuldade, ou praticamente impossibilidade de previsão da evolução da corrosão, foi demonstrado pela Referência 1 que uma aproximação pela média dos pontos medidos numa região produz resultados satisfatórios.

Alguns pontos corroem mais que o previsto, outros menos mas, na média é possível conhecer seu comportamento com a precisão adequada ao problema em questão. As variáveis são muitas quando se deseja uma previsão muito precisa e por isto mesmo torna-se impossível para a tecnologia atual.

No entanto olhando-se por uma ótica macroscópica o problema torna-se uma extrapolação muito simples. Embora considere como hipótese básica que as condições que conduziram ao comportamento da corrosão continuem iguais, o que não é verdade, cabe salientar que se for mantido o perfil de utilização da estrutura, estas variáveis poderão na maior parte dos casos ser consideradas constantes no longo prazo. Assim, a metodologia de extrapolação proposta aplica-se fundamentalmente à estruturas que não alterem seu perfil de operação como um navio para transporte de produtos claros que passe a ser usado para óleo cru.

O Critério de Substituição

Mantendo-se o grau de corrosão como critério básico para a decisão, utilizamos

a densidade de pontos encontrados com avançado grau de desgaste como delineador das regiões a serem substituídas.

Este critério foi implementado de tal forma que a seleção das regiões candidatas à substituição pudesse ser sugerida automaticamente pelo próprio software.

Eliminamos assim grande parte da subjetividade associada ao processo decisório anteriormente utilizado, quando ao deparar-se com um certo grau de desgaste o engenheiro era obrigado a inferir sobre o comportamento futuro da corrosão para determinar a substituição ou manutenção de certas regiões.

A redução desta incerteza propiciou ainda uma otimização no sentido de evitar substituições desnecessárias e não deixar sem reparo áreas comprometidas.

Problemas Evitados

Utilizando a antecipação de situações futuras foi possível disparar ações no sentido de minimizar os custos de reparo.

Foram evitadas falhas estruturais graves e os conseqüentes vazamentos de grandes proporções através da avaliação de possíveis cenários futuros

Uma falha localizada, oriunda de corrosão tipo “pitting” com o diâmetro de uma moeda, associada a uma variação abrupta da agressividade da carga não foi evitada. Para este caso específico estamos trabalhando com algumas possibilidades de aperfeiçoamento da tecnologia associando-a com medições mais freqüentes da taxa de corrosão.

Valor Extraído

Curiosamente o mais apreciado pelos usuários do sistema não foi sua capacidade de previsão mas, o fato de reunir em um único banco de dados as informações que, de outra maneira, estariam dispersas em um número muito grande de planos, croquis e relatórios em papel. A velocidade de acesso à informação, a segurança dos dados e o conseqüente aumento da produtividade foram portanto os valores percebidos.

Associados a esta mesma característica de gestão de conhecimento do sistema existem outros valores tais como extração de conhecimento adicional não óbvio através de técnicas de “data mining”, melhoria da comunicação interdepartamental permitindo o acesso dos clientes do departamento de engenharia diretamente ao sistema, através de senhas com limitação de poder, transferência de conhecimento do funcionário para a empresa e outros.

A percepção e extração destes valores dependem da adoção de modernas estratégias de administração que ainda estão em processo de adoção pelas empresas inovadoras.

O Software

O software tem um banco de dados com a geometria do casco, medições de espessura, fraturas, reparos realizados e delineados, pintura e fotos.

O nível de detalhamento pode ser reduzido ou aumentado conforme as necessidades de sua utilização mas, para o propósito de armazenar os dados necessários ao bom andamento do gerenciamento técnico da manutenção

estrutural, concluímos que não há necessidade do detalhamento de chapas colar, escalopes e outros detalhes nestas dimensões. Tendo em vista o custo de introdução destes detalhes optamos por omiti-los mas nada impede que venham a ser incluídos em navios que sofram muitos reparos nestes elementos.

Para manipular estes dados o software contém uma interface gráfica de forma que a introdução das informações é feita de forma visual.

Uma janela típica do programa é apresentada na fig. 1 e uma descrição mais detalhada do que é o software pode ser encontrada na Ref. 1.

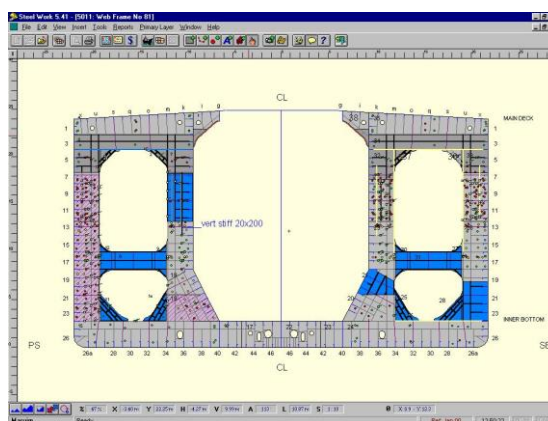


Fig. 1 – Janela Típica do Programa

O Modelo

O modelo utilizado é representado pelo conjunto de chapas e reforços estruturais. Diferencia-se de um modelo de elementos finitos no sentido de que este último é formado por um conjunto de nós e elementos obedecendo a critérios de forma com o objetivo de melhorar a precisão dos cálculos. Uma chapa é normalmente representada por vários elementos, obedecendo a critérios de gradiente de tensões e outros.

Em contrapartida nosso modelo contém tão somente as chapas e reforços com suas dimensões reais, sem subdivisões.

Um modelo de elementos finitos pode ser construído a partir do nosso de forma manual ou automatizada.

Uma seção típica do modelo apresentando apenas as chapas pode ser vista na fig. 2. Os demais elementos não estão apresentados para destacar as diferenças entre este modelo e outro de elementos finitos.

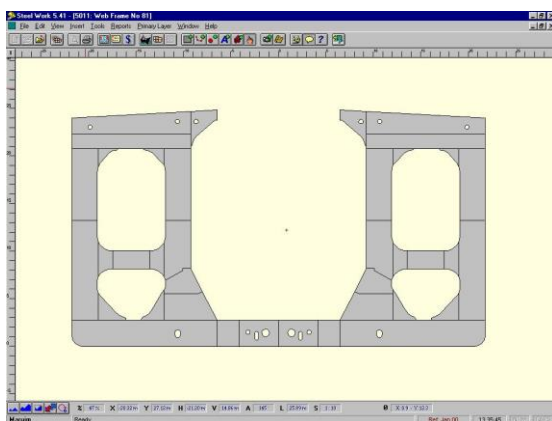


Fig. 2 – Modelo de Chapas

O banco de dados completo tem cerca de 15Mbytes e ao receber dados de medições de espessura e reparos chega a 35Mbytes em modelos de navios sem a praça de máquinas.

A Introdução dos dados

Grande parte da evolução do programa deu-se em virtude das necessidades oriundas da introdução de dados.

A Geometria:

A introdução do casco, ou geometria, é feita através do Autocad e a seguir importada pelo programa. Desta forma torna-se desnecessário o desenvolvimento de ferramentas de

desenho poderosas como as encontradas naquele aplicativo.

Considerando-se que este é um trabalho realizado apenas uma vez, concluímos ser desnecessário repetir as mesmas ferramentas neste software.

Em nossa experiência tivemos uma melhoria continua da qualidade do modelo oriunda não somente do treinamento dos desenhistas mas ainda da inclusão de informações inicialmente consideradas desnecessárias mas que acabaram por mostrarem-se de extrema importância.

Poderíamos citar posição e numeração de cavernas, longitudinais e conveses, linhas de cruzamento entre seções entre outros.

Um detalhe sutil mas de extrema importância é que estas referências devem, sempre que possível, cruzar toda a altura de uma antepara longitudinal apresentada com “zoom”.

Na fig. 3 podemos observar marcas de referência da posição de cavernas que cruzam toda a altura de uma antepara longitudinal apresentada com “zoom”.

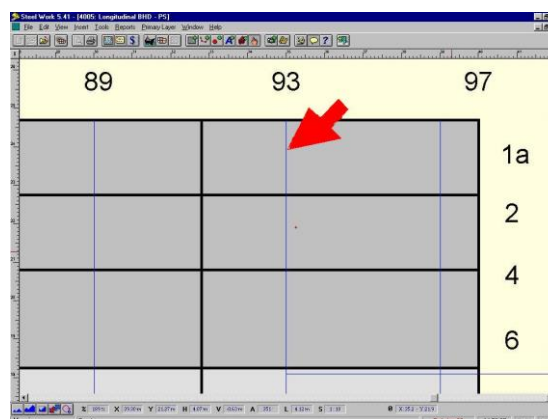


Fig. 3 – Marcas de Referência

Medições de Espessura:

A grande dificuldade na introdução de espessuras no sistema reside na interpretação dos relatórios apresentados pelas empresas de medição.

A grande variedade na qualidade e formas de apresentação suscita muitas dificuldades e induzem erros

Croquis errados ou incompletos reduzem a eficiência do processo de introdução de dados.

Como solução para isto vislumbramos dois procedimentos distintos.

No primeiro, fornecemos à empresa de medição de espessuras uma cópia do programa, de forma que recebamos os dados já digitalizados. O grande receio neste processo refere-se a perda de uma checagem cruzada visto que no processo de digitalização dos relatórios recebidos em papel, acabávamos por fazer uma avaliação dos dados apresentados.

A segunda forma seria enviar à empresa de medição cópias dos croquis impressas pelo software.

A utilização de diversas pessoas para introdução simultânea de dados referentes a uma mesma estrutura é muito freqüente. É igualmente comum que esta introdução de dados seja remota.

Somados estes dois fatos adotamos um sistema de identificação única para arquivos binários para tráfego via Internet e importação remota. Desta forma dados introduzidos em qualquer lugar do mundo podem ser transmitidos pela Internet e importados para dentro do banco de dados sem que haja conflitos ou duplicação. Estes arquivos têm no

máximo cerca de 400Kbytes para 20.000 pontos medidos.

Reparos Realizados:

Uma vez que o navio é alterado em sua geometria através dos reparos que ocorrem ao longo do tempo é importante que estes sejam introduzidos e reconhecidos pelo sistema.

Mais uma vez, a grande dificuldade encontrada foi a interpretação dos relatórios produzidos pelos estaleiros. Estes são os dados que exigem maior treinamento e atenção do pessoal.

Este problema poderia ser resolvido se o software fosse utilizado para acompanhamento da obra e avaliação do peso calculado pelo estaleiro. Ao final da obra os dados já estariam introduzidos.

No entanto este expediente não foi utilizado pois no conjunto de navios utilizados para a avaliação aqui apresentada tratavam-se, em sua maioria, de reparos ocorridos muito antes do sistema ser implantado na empresa.

O ideal seria que o próprio estaleiro tivesse uma cópia do programa para que pudesse inicialmente cotar eletronicamente o reparo e posteriormente colocar os dados do reparo real. Desta forma seu trabalho seria reduzido pois não seriam necessários os usuais croquis feitos à mão e a qualidade seria bastante superior.

Os dados seriam compartilhados com a equipe de fiscalização da obra que ao final teria o banco de dados atualizado. Toda obra ocorreria sob maior controle e o custo de introdução de dados seria reduzido.

Da mesma forma que nas medições de espessura, os dados são muitas vezes produzidos remotamente e transferidos pela Internet em arquivos de no máximo 100Kbytes.

Fotos, Fraturas e Pintura

Muito embora o sistema tenha disponíveis as facilidades de introdução de fotos, fraturas e pintura, inclusive com cálculo de superfície pintada, estes recursos não chegaram a ser utilizados.

Estruturas não navais

A utilização da tecnologia para a manutenção de tubulações, tanques, guindastes e plataformas off-shore é imediata pois ao permitir a introdução de elementos de diversos tipos o software torna-se suficientemente flexível para isto.

O interessante é que o volume de trabalho e portanto o custo de introdução de dados é proporcional ao tamanho da estrutura e assim faz com que seja viável, mesmo para as pequenas estruturas que terão pequeno custo.

Assim, esta tecnologia mostra-se viável para a gestão da manutenção de estruturas tão simples quanto tanques de parede dupla de postos de gasolina que, ao adquirir a parede externa, poderão passar a adotar um processo de reparos semelhante a navios.

Conclusão

Não é nenhuma novidade que várias tecnologias vem sofrendo um processo de convergência de forma que telefones celulares funcionam como agendas, modems, máquinas fotográficas e podem

servir para comprar refrigerantes ou enviar e-mails.

A proposta deste foi apresentar uma nova convergência de tecnologias que integra questões de engenharia a tecnologia da informação e finalmente a gestão estratégica.

Um sistema de gestão da manutenção que fornece informações não somente à engenharia mas também a gerencia pode trazer maior efetividade operacional e ainda fornecer subsídios para decisões estratégicas que até então eram tomadas no escuro. Ambos estarão contribuindo para criar vantagem competitiva.

Isto será especialmente importante para empresas que gerenciam estruturas complexas ou que estejam dispersas geograficamente pois a gestão da manutenção integrada a gestão poderá gerar nestes casos maior valor através de reduções significativas dos custos de manutenção, aumento da produtividade e menores riscos de acidentes e poluição e a conseqüente redução do passivo ambiental e valorização do ativo intangível.

Referências

- [1] - Ribeiro, D. M. - "Metodologia de Manutenção Preditiva do casco do navio" - COPPE /UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.
- [2] - Ribeiro, D. M, Correia, C. A. R. - A experiência de cinco anos de aplicação de um software de manutenção estrutural. - SOBENA, Rio de Janeiro, 2000.