

### **3. Procedimento para Avaliação da Integridade Estrutural em estruturas de equipamentos de transporte e elevação de materiais**

Neste capítulo serão descritos os passos para a avaliação da Integridade Estrutural em equipamentos de transporte e elevação de materiais, assim como a aplicação deste procedimento a um guincho hidráulico de pequeno porte. Previamente apresenta-se uma breve introdução sobre este tipo de equipamento.

#### **3.1. Equipamentos de Elevação e Movimentação de Materiais**

Os equipamentos de elevação e movimentação de materiais cumprem um papel importante no processo produtivo de diversas indústrias, tais como na portuária, de construção, de mineração, de petróleo, entre outras. Em algumas áreas destas indústrias, as máquinas de movimentação e elevação de materiais são consideradas como equipamentos prioritários e críticos, ou seja, não podem falhar inesperadamente, pois uma falha pode ocasionar prejuízos econômicos elevados. Por esta razão torna-se de grande importância conhecer o estado estrutural destas máquinas.

Esses equipamentos têm como função principal a movimentação de cargas de um ponto a outro. A movimentação de materiais na indústria é um trabalho que precisa de equipamentos adequados para cada tipo de material transportado.



Figura 3.1 – Carregador de navios.

Cada dia, novos equipamentos mais modernos e sofisticados são introduzidos no mercado. A escolha do melhor equipamento depende de muitas variáveis como o custo, o produto a ser movimentado, a necessidade ou não de mão de obra especializada, espaço disponível, etc.

A grande variedade de tipos de máquinas de elevação e movimentação de materiais existente torna sua classificação difícil. Essa tarefa torna-se ainda mais complexa devido ao fato que qualquer classificação deva basear-se em várias características, como por exemplo, projetos, finalidades, tipos de movimentos, etc. [12].

O presente trabalho procura desenvolver uma metodologia que poderá ser aplicada a máquinas de grande porte que atuam em portos, indústrias siderúrgicas e de mineração. Dependendo de sua finalidade estas máquinas recebem denominações tais como:

- Guindastes
- Pontes Rolantes
- Carregadores de Navios
- Empilhadeiras.
- Recuperadoras, etc.

No presente estudo será utilizado um equipamento de pequeno porte (guincho hidráulico) para simular a aplicação do procedimento em equipamentos de grande porte como os mencionados anteriormente. A seguir serão apresentadas as principais características deste equipamento.

### **3.2. Etapas do Procedimento para avaliação da Integridade Estrutural**

Os passos gerais para a avaliação de Integridade Estrutural de Estruturas e Equipamentos Industriais estão descritos em um documento publicado pelo PROMAI [2]. Casos similares, aplicados a equipamentos de grande porte, estão apresentados nas referências [13-16]. Os passos descritos em [2] foram adaptados com a finalidade de realizar uma avaliação da integridade estrutural em estruturas de equipamentos de transporte e elevação de materiais aplicando a metodologia de inspeção baseada em risco.

O procedimento elaborado consta de três etapas:

- Etapa 1 – Análise Preliminar do equipamento.
- Etapa 2 – Análise dos pontos críticos.
- Etapa 3 – Gerenciamento do Risco.

### 3.2.1. Etapa 1 – Análise Preliminar

A primeira etapa deste procedimento é baseada no conhecimento que se tem do processo que envolve a máquina, apoiada pela experiência do analista e o estudo do histórico da máquina ou do histórico de equipamentos similares. Nesta fase são coletados todos os documentos e informações úteis à aplicação do procedimento com o objetivo de realizar uma análise preliminar que permita identificar a priori os pontos críticos da estrutura do equipamento.

Os principais passos a seguir são:

1. Análise das especificações de projeto da estrutura.
2. Análise do projeto da estrutura, de particularidades da sua construção e montagem, e levantamento do seu “as built”.
3. Levantamento das funções e registros de operações da estrutura.
4. Análise das memórias de cálculo.
5. Estudo dos registros de inspeções anteriores, ocorrências e anomalias detectadas.
6. Determinação preliminar das seções e pontos críticos com base em:
  - a. Registros, memórias de cálculo e anomalias.
  - b. Analogia e experiências com similares.
  - c. Possíveis mecanismos de danos e modos de falha.
7. Determinação de taxas de propagação dos mecanismos de danos.
8. Inspeção visual e por END das seções críticas e uniões soldadas.

### 3.2.2. Etapa 2 – Análise dos Pontos Críticos

A segunda etapa tem como objetivo confirmar os pontos críticos resultantes da avaliação preliminar, acrescentar pontos que não foram detectados anteriormente e aprofundar a avaliação mediante métodos analíticos, numéricos e experimentais.

Os passos principais são:

1. Geração de modelos analíticos da estrutura por meio de conceitos básicos de resistência de materiais e de dinâmica. Se possível, podem ser usadas as memórias de cálculo existentes. Esse item é usado para a confirmação de componentes, seções e pontos críticos.
2. Geração de modelos de elementos finitos da estrutura e de componentes mais complexos, se necessário, confirmando e aprofundando a análise de pontos críticos.
3. Instrumentação, por exemplo, com extensômetros de resistência elétrica, de um número reduzido, mas representativo, de pontos da estrutura, considerando simetrias e seções críticas resultantes das inspeções e análises anteriores. Deve-se medir um número suficiente de pontos para determinar as incertezas das análises analíticas e numéricas. Estas incertezas serão usadas nos cálculos das probabilidades de falhas.
4. Testes de campo, comparação entre os resultados obtidos pelos métodos experimentais e pelos modelos analíticos e numéricos. Neste estágio da avaliação, os modelos analíticos e numéricos devem ser aprovados e otimizados para seu emprego generalizado na estrutura.
5. Confirmação dos pontos críticos e sua reinspeção.

Determinação de fatores de segurança  $FS$  (determinísticos) e das probabilidades de falha imediata e para os próximos anos,  $POF$ , com base

6. nas taxas de propagação de danos e susceptibilidade aos tipos de falhas, possíveis de ocorrerem nos pontos críticos.
7. Determinação das Consequências de Falha, COF, com base nos critérios, prioridades ou exigências da empresa.
8. Determinação do Risco para os diversos pontos, seções críticas ou componentes estruturais mais solicitados.

### **3.2.3. Etapa 3 – Gerenciamento do Risco**

A terceira etapa estabelece as ações a levar em conta para o gerenciamento do Risco. Os passos são:

1. Estabelecer prioridades de inspeção, manutenção e reparos para os diversos pontos críticos, tendo como base o risco calculado para cada ponto.
2. Geração de Plano de Inspeção.
3. Mitigação e controle do Risco
4. Atualização dos Registros e Planos de Inspeção.

A figura 3.2 mostra um diagrama resumido deste procedimento.

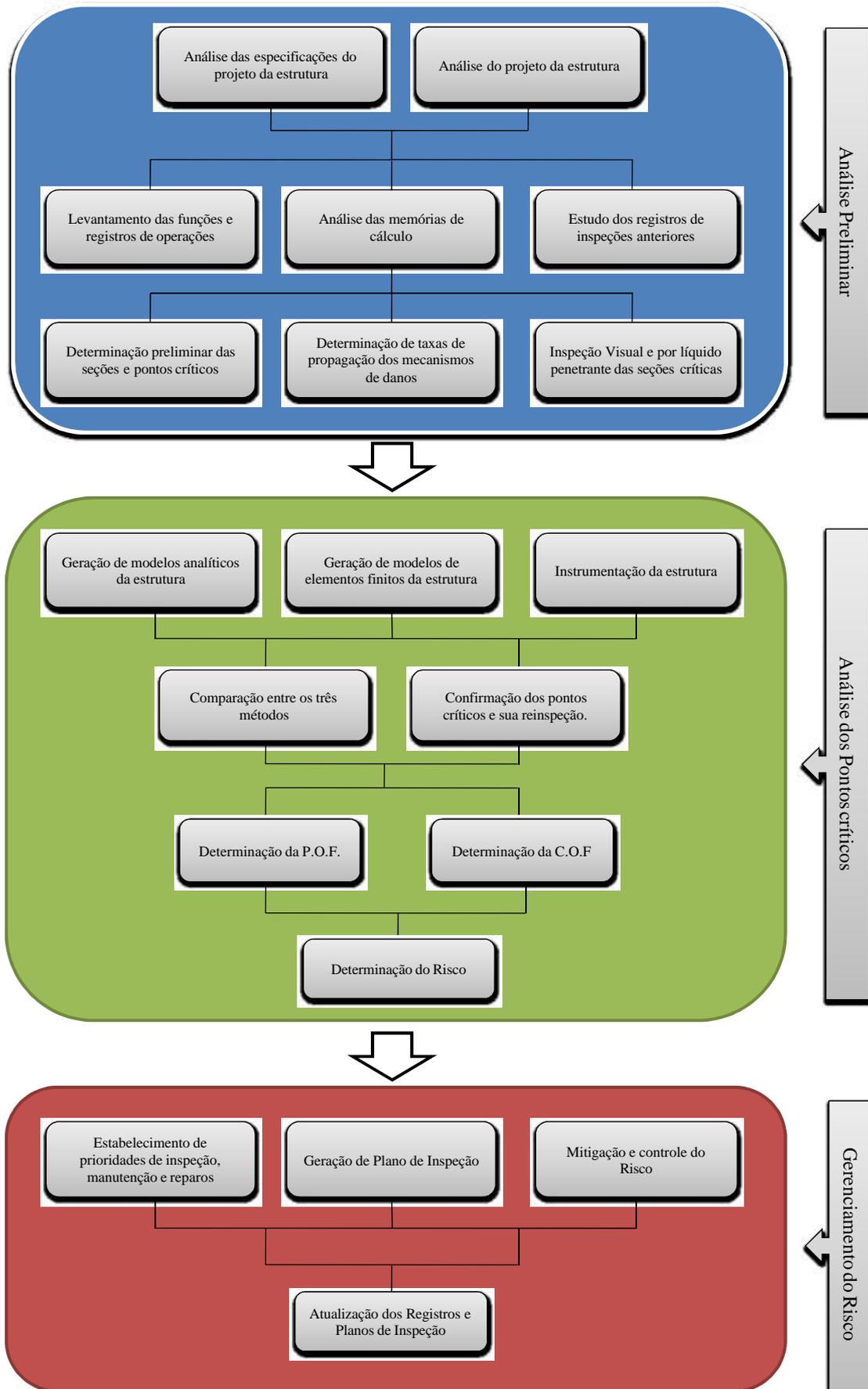


Figura 3.2 – Diagrama do Procedimento.

### 3.3. Apresentação da estrutura analisada – Guincho Hidráulico

O Guincho Hidráulico é um equipamento dotado de um conjunto monobloco (bomba, reservatório e cilindro hidráulico), o qual articula uma lança que eleva cargas com pouco esforço físico (manual). O conjunto hidráulico é formado por sistema composto de base com bomba e cilindro com reservatório que o envolve, tornando-o mais compacto. O Guincho tem os movimentos de elevação e descida da lança acionados pelo avanço e retorno do pistão do conjunto hidráulico. O sistema de acionamento funciona por meio do bombeamento manual que libera energia hidráulica para o cilindro que por sua vez avança o pistão. O avanço do pistão resulta na elevação da lança. Para abaixar a lança, a pressão hidráulica é aliviada, provocando o deslocamento do óleo hidráulico para o reservatório e a retração do pistão, resultando na descida da lança.

Para elevação da lança, é preciso fechar a válvula de descarga e em seguida bombear a alavanca de modo que eleve a carga até a altura desejada. Para a descida da lança, é preciso abrir a válvula de forma suave para controlar a velocidade de descida para que não desça de forma brusca. A movimentação do guincho é simples. Por meio de uma haste direcional ele pode ser puxado para qualquer lugar, sendo transportado com facilidade [17].



Figura 3.3 – Guincho Hidráulico – Laboratório de Fotomecânica PUC-Rio.

### 3.3.1. Principais Características

O guincho é constituído das partes mostradas na Figura 3.4 e definidas na Tabela 3.1

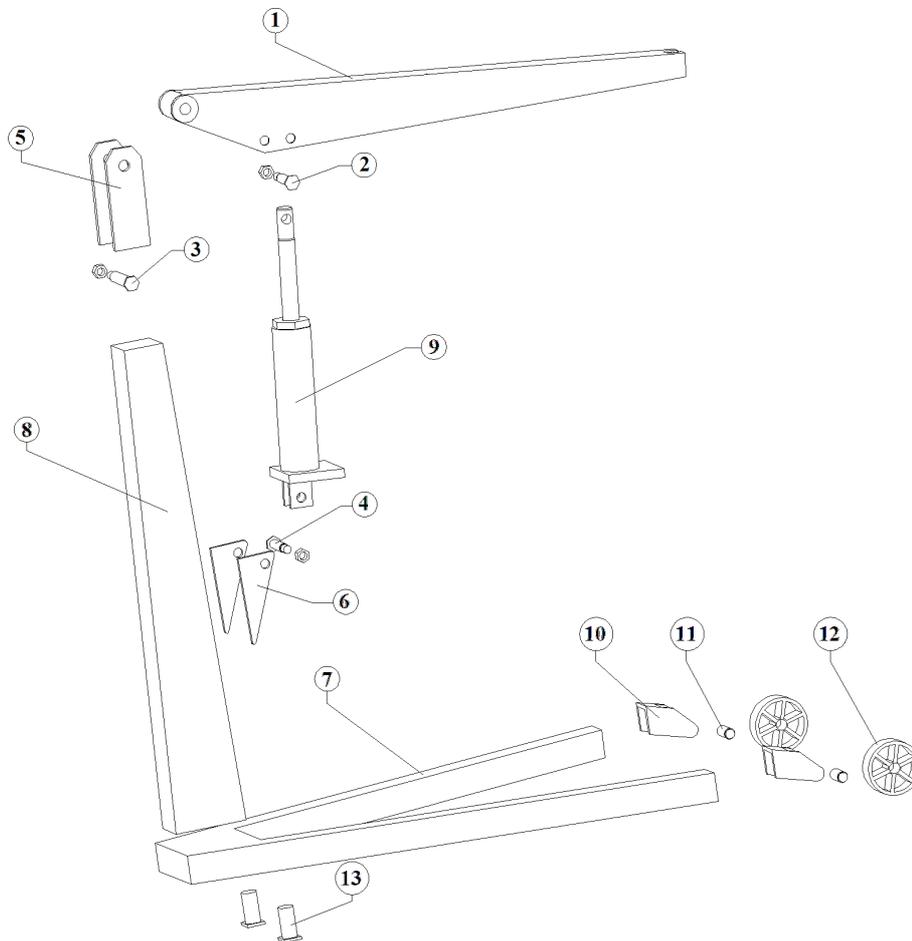


Figura 3.4 – Guincho Hidráulico e suas partes principais.

Item	Componente
1	Lança
2	Parafuso do Pistão
3	Parafuso da Articulação
4	Parafuso do Cilindro
5	Suporte da Articulação
6	Suporte do Cilindro
7	Base
8	Coluna
9	Conjunto Hidráulico
10	Suporte da Roda
11	Eixo da Roda
12	Roda
13	Pino Suporte da Base

Tabela 3.1 – Guincho Hidráulico: Lista de Componentes.

Os seguintes dados foram usados na análise do guincho:

*Capacidade:* 1 t.

*Peso:* 220 kgf

*Altura da coluna:* 1700 mm.

*Material:* Para a estrutura assumiu-se um aço ASTM A-242 (aço patinável), aço estrutural de baixa liga e alta resistência desenvolvido para estruturas metálicas objetivando a redução de peso devido à resistência mecânica mais elevada, com maior resistência à corrosão atmosférica quando comparado com um aço carbono de uso comum [17], [18].

*Composição Química:*

A 242	
<b>C</b>	0,169%
<b>Si</b>	0,196%
<b>Mn</b>	0,882%
<b>S</b>	0,027%
<b>P</b>	0,020%
<b>Ni</b>	0,110%
<b>Cr</b>	0,138%
<b>Mo</b>	0,025%
<b>Al</b>	0,009%
<b>Cu</b>	0,375%
<b>Pb</b>	0,007%
<b>Sn</b>	0,028%
<b>Ti</b>	0,001%
<b>V</b>	0,003%

Tabela 3.2 – Composição Química do aço A-242.

*Propriedades Mecânicas:*

Resistência ao Escoamento: 345 MPa.

Resistência à Ruptura: 485 MPa.

Para os parafusos-pinos das articulações assumiu-se um aço de médio carbono, temperados e revenidos (ASTM A325) [17], e com as seguintes propriedades mecânicas:

Resistência ao Escoamento: 635 MPa.

Resistência à Ruptura: 830 MPa.