



MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS COM UTILIZAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Eng^o. Fabio Gomes da Costa; M.Sc*

*Engenheiro Civil – Pós-Graduado Engenharia e Ciências dos Materiais e Processos Metalúrgico pela Univ. Mogi das Cruzes.

RESUMO.

A execução de inspeções técnicas rotineiras e preventivas, realizadas nas estruturas metálicas, exerce um papel fundamental nas edificações evitando acidentes de trabalho, preservando o meio ambiente e mantendo a integridade e o pleno funcionamento das edificações e demais estruturas.

O uso dos ensaios não destrutivos, executados unicamente ou em conjunto com outras técnicas de inspeção, permite que o engenheiro ou responsável técnico da edificação tenha parâmetros objetivos para avaliar, diagnosticar e apresentar um parecer técnico conclusivo da atual situação em que a estrutura se encontra.

O objetivo deste trabalho é apresentar as técnicas de inspeção utilizadas para avaliar e diagnosticar o atual estado das edificações, otimizando os serviços de manutenção corretiva e no auxílio nas decisões de reparo e tratamento.

1. INTRODUÇÃO

Uma das conseqüências do desinteresse do uso da construção de estruturas metálicas no setor da construção civil no Brasil é decorrente da falta de conhecimento dos produtos, derivados do aço e de seu uso estrutural, bem como as técnicas de avaliação. Em compensação, os profissionais que atuam na construção civil têm grande interesse em conhecer melhor a tecnologia da construção industrializada e, em específico, as estruturas metálicas.

Devido à falta de conhecimentos técnicos sobre a correta utilização dos materiais industrializados em uma obra em estruturas metálicas, as patologias e defeitos executivos podem vir a surgir durante as diversas etapas construtivas de uma edificação e, com o passar do tempo, estas patologias vão se agravando, podendo até ocorrer o colapso parcial ou total de uma estrutura.

Os engenheiros, acostumados com projetos de estruturas convencionais, não tem o costume ou o conhecimento para orientar corretamente o seu projeto em estrutura metálica, especificando claramente os detalhes construtivos do empreendimento a ser construído, tanto para ocupação comercial como residencial; muitas vezes o arquiteto também não tem conhecimento das alterações ocorridas em seu projeto, decorrente a etapa de detalhamento de projeto estrutural, mudando as vezes a sua concepção original.



Apenas um detalhamento de cálculo estrutural e o projeto básico não é suficiente para garantir a qualidade de uma construção em aço, os perfis estruturais de um empreendimento representam algo em torno de 30% de projeto e execução da obra. Os 70% restantes dividem-se entre fechamentos, acabamentos e outros elementos.

Para se evitar danos maiores nas estruturas metálicas, a implantação de manutenções preventivas ou corretivas deve ser executada freqüentemente, por profissionais com experiência neste tipo de avaliação e inspeções, utilizando os ensaios não destrutivos como uma ferramenta de grande importância, sendo possível avaliar a integridade e o atual estado de uso das edificações em estruturas metálicas.

Técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos, realizados por engenheiros e técnicos devidamente treinados e com experiência no assunto, permitem verificar a extensão dos danos e defeitos encontrados nas peças e ligações das estruturas metálicas. Estas inspeções servem como critério na tomada de decisão para aplicação de medidas de manutenções corretivas, preventivas ou até mesmo a tomada de decisão na reabilitação das estruturas.

2. DETERIORAÇÃO

A degradação das estruturas provoca defeitos que podem comprometer o desempenho de um elemento estrutural e, em casos mais graves, levar a rotação e movimentação, comprometendo a função e/ou segurança da estrutura. Assim, é necessário ter conhecimento dos processos e mecanismos de deterioração das ligas ferrosas, e dos demais materiais, em condições normais de funcionamento, bem como, as suas causas mais comuns e conseqüências, é essencial para se definir as corretas medidas preventivas que garantam a durabilidade da edificação e o adequado desempenho das estruturas, durante o seu tempo de vida útil.

2.1. Classificação dos defeitos

A avaliação do estado das edificações requer a utilização de um sistema de classificação capaz de identificar e quantificar adequadamente os defeitos com potencial risco de comprometer a segurança e/ou a funcionalidade de parte ou de toda uma estrutura. Considerando os critérios de classificação mais utilizados, são normalmente agrupados em critérios com base: Causa, Causa-Efeito e Efeito. Estes podem ser encontrados em várias literaturas e normatizações.

O fato é que geralmente não existe uma única causa para a deterioração, mas sim uma combinação de causas, para as quais a origem principal dos defeitos não é imediatamente evidente, o que pode resultar em diferentes interpretações. Assim, o critério efeito foi escolhido numa tentativa de diminuir as discrepâncias inerentes à classificação dos defeitos e de tornar mais objetiva a sua identificação no exame visual.

Os principais tipos de defeitos são classificados num primeiro nível da seguinte forma: Contaminação, Deformação, Deterioração, Descontinuidade, Deslocamento e Perda de Material. Num segundo nível identificam-se os componentes estruturais onde os defeitos tendem a ocorrer, enquanto em um último nível se indica o subtipo do defeito, conforme demonstrado na tabela 01.

Tabela 01 – Classificação dos defeitos nas estruturas metálicas.

Tipo	Componente	Subtipo
Contaminação	Qualquer componente	Química Biológica
Deformação	Componentes Básicos	Deflexão Distorção Torção
	Ligações parafusadas / rebitadas	Deflexão Distorção Torção
	Ligações soldadas	Deflexão Torção
Deterioração	Componentes Básicos	Uniforme Localizada
	Ligações parafusadas / rebitadas	Uniforme Localizada
	Sistema de revestimento	Empolamento Enferrujamento Pulverulência Corrosão filiforme
	Ligações soldadas	Uniforme Localizada
Descontinuidade	Componentes básicos	Fenda Fratura
	Ligações parafusadas / rebitadas	Fenda Fratura
	Sistema de revestimento	Fenda Fratura Fissuração Delaminação Descascamento
	Ligações soldadas	Fenda Fratura
Deslocamento	Qualquer componente	Rotação Translação
Perda de material	Qualquer componente	**

2.2. Mecanismos de Degradação.

Os principais processos de degradação, que podem ser classificados como químicos, biológicos e físicos, bem como outros processos de dano atuando sobre o material estrutural, influenciam o desempenho das estruturas metálicas, podendo ser correlacionados com os tipos de defeitos mais frequentes, de acordo com a classificação apresentada anteriormente.

Tabela 02 – Tipo de defeitos e processos de degradação correspondentes

		Processos de degradação						
		Químicos e biológicos		Físicos	Outros eventos			
		Corrosão	Acumulo de detritos e pó	Fadiga	Impacto	Sobrecarga	Fogo	Acumulo de água
Tipos de defeitos	Contaminação	X	X				X	X
	Deformação		X		X	X	X	X
	Deterioração	X		X			X	X
	Descontinuidade	X		X	X	X	X	
	Deslocamento		X		X	X	X	X
	Perda de material	X		X	X	X	X	X

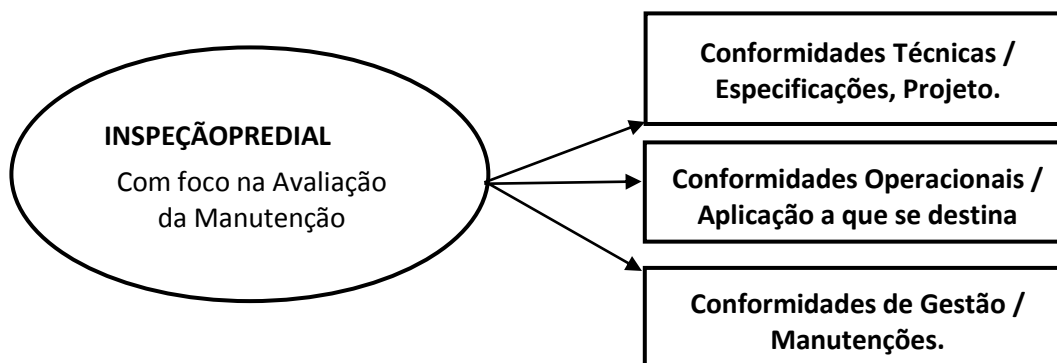
Considerando a exclusão, previamente mencionada, das ações acidentais, a fadiga e a corrosão são os principais mecanismos de degradação físico-química das estruturas metálicas. Assim, a consideração da mitigação destes dois mecanismos deve estar presente tanto no projeto de novas estruturas como nos procedimentos de manutenção das estruturas existentes.

Os impactos sociais e econômicos dos danos associados a estes mecanismos, numa estrutura metálica, justificam a implementação de medidas preventivas e de proteção para minimizar as suas conseqüências. Além disso, a concepção e a manutenção das estruturas metálicas, durante a sua vida em serviço, é baseada em ferramentas de caracterização e previsão dos efeitos destes mecanismos de degradação (corrosão e fadiga), na integridade estrutural destas estruturas, sendo então fundamental o conhecimento destes processos.

3. PLANOS DE MANUTENÇÃO

A durabilidade de um produto pode ser descrita pela variação do desempenho ao longo do tempo, ou seja, a capacidade do produto em atender às necessidades dos usuários varia ao longo de sua vida útil.

A existência de planos de manutenção nas edificações é fundamental para que se disponha do conhecimento atualizado das condições funcionais da estrutura de modo a que se possam programar antecipadamente as intervenções de conservação necessárias para que estas estruturas mantenham os níveis de segurança adequados e de desempenho durante seu tempo de vida, sem necessidade de grandes reparações, Estas intervenções deve de prever a implantação de sistema de manutenção dos materiais verificando sua conformidade técnicas, operacionais e gestão, conforme ilustrado na figura.



Os planos de manutenção devem compreender inspeções rotineiras anuais, que se baseiam numa observação visual e durante as quais podem ser efetuadas operações simples de manutenção e limpeza; as inspeções principais com uso de técnicas de inspeção mais específicas, com a aplicação de ensaios não destrutivos, que poderá variar entre anuais, de 3 (três) anos e de 5 (cinco) anos.

A durabilidade e os critérios de manutenção de uma estrutura não dependem apenas das propriedades dos materiais específicos, porém são resultados da interação entre o material e o ambiente que o cerca. A durabilidade das edificações depende, fundamentalmente:

- do ambiente em que ele está inserido;
- do projeto;
- da manutenção executada.

Logo, a vida útil é o período durante o qual um produto tem desempenho igual ou superior ao mínimo requerido, ou seja, em que as necessidades dos usuários são atendidas. A vida útil é, portanto, uma quantificação da durabilidade em determinadas condições.

Nas inspeções visuais executadas nos períodos de manutenção pré-estabelecidos são seguido de ensaios não destrutivos mais específicos, tais como: verificação de defeitos de pintura, danos por corrosão com medição da espessura das peças por técnicas de ultra-som, detecção de fissuras, entre outras técnicas de avaliação com uso de procedimentos específicos. De acordo com o tipo de construção, a manutenção da edificação tem como finalidade repor a capacidade do edifício em atender as necessidades dos usuários.

As especificações técnicas e os projetos das edificações têm papel decisivo nos custos e nas atividades de manutenção. É preciso pensar, já nas fases de projeto, na manutenção do edifício quando materiais e soluções construtivas são adotados. As estimativas são que a manutenção de um edifício tradicional pode custar, em média, de 0,7% a 2% do seu custo de produção a cada ano.

Para a fase de projeto, é fundamental conhecer as transformações que os materiais sofrem e que afetam a sua durabilidade, que é a capacidade de o edifício e suas partes manterem o seu desempenho ao longo do tempo.

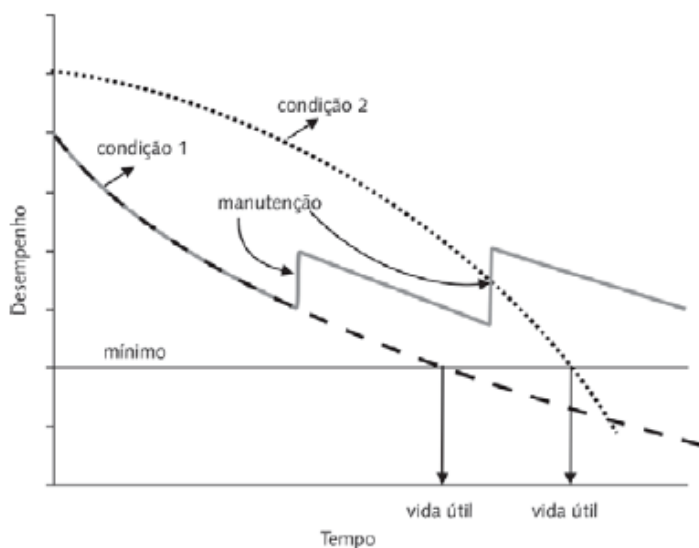


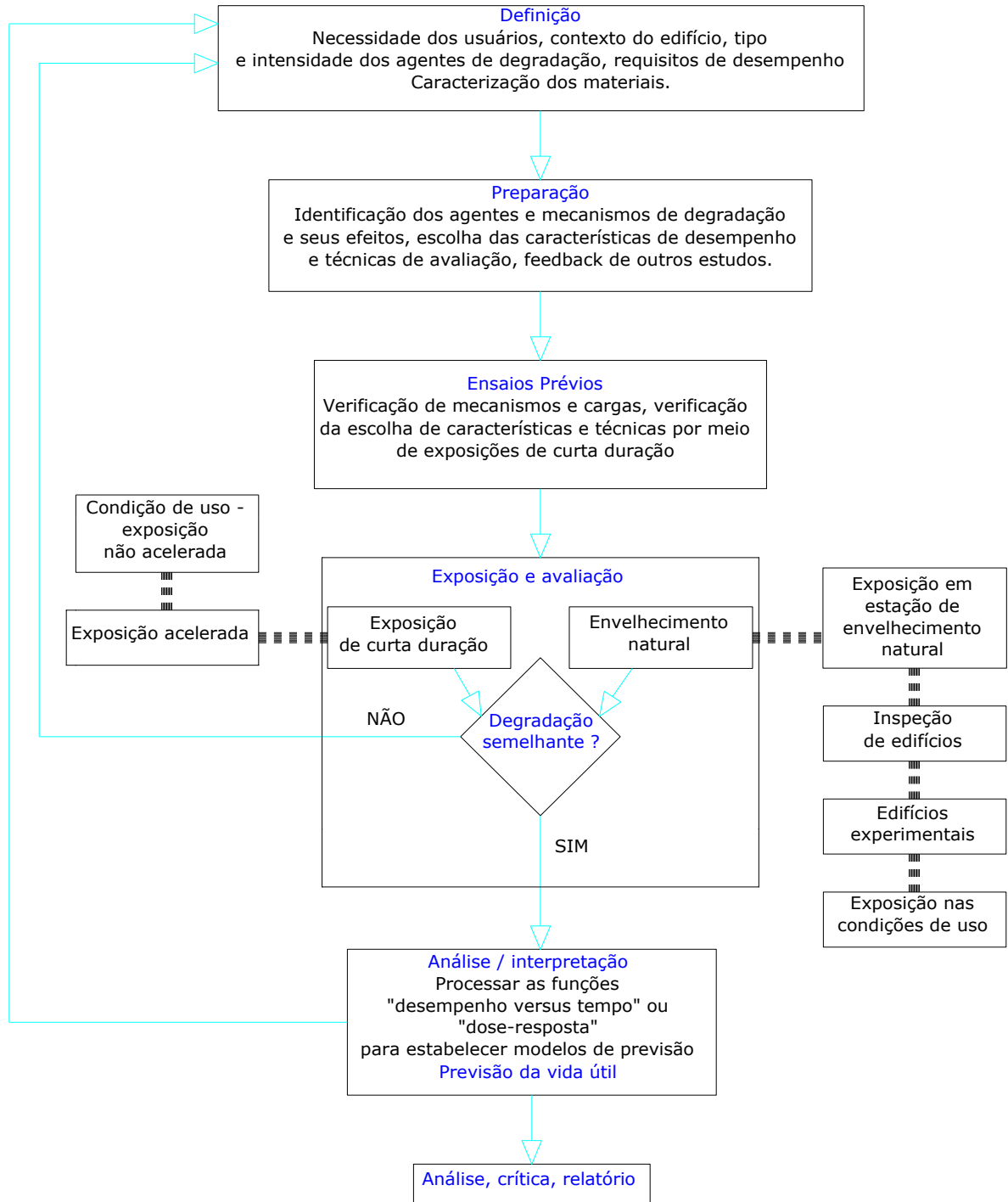
Figura 1 – Função de desempenho versus tempo descrevendo a durabilidade de um produto em determinadas condições ambientais. Atividades de manutenção podem recuperar o desempenho perdido, postergando o fim da vida útil.

3.1 Norma de referencia.

A importância do estudo da durabilidade vem da década de 70, onde em uma comissão hoje denominada CIB W080/RILEM TC 140 (Prediction of Service Life of Building Materials and Components) criou-se uma metodologia genérica para lidar com o problema de forma sistemática.

A série de normas ISO 15686 – Buildings and Constructed Assets – Service Life Planning; apresenta metodologia para previsão de vida útil de componentes da construção, demonstrado na figura.

Figura 02 – Fluxo de avalia de edificação



A norma NBR 5674 determina e informa o sistema de manutenção que devem ser aplicados para a preservação das características originais da edificação e preservação contra a perda de seu desempenho.



Esta norma estabelece um sistema de gestão que auxilia os proprietários e engenheiros nas atividades essenciais de manutenção, sua periodicidade, responsáveis pela execução, documentos de referência, referências normativas, e recursos necessários, todos referidos individualmente aos sistemas e, quando aplicável, aos elementos, componentes e equipamentos.

4. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

A qualidade de uma estrutura metálica depende, entre outras coisas, da escolha correta de serviços e materiais, de acordo com os parâmetros do projeto, especificações da obra e de normas técnicas pertinentes a cada caso. Os ensaios não destrutivos permitem atestar essas características e é uma garantia para vida útil da estrutura.

A aplicação dos ensaios não destrutivos é importante para o controle do processo de produção, bem como para a verificação do desempenho dos produtos em relação aos agentes e ações a que estarão submetidos no decorrer de sua vida útil.

Os ensaios mais comuns aplicados em estruturas metálicas são os de especificação e de desempenho, porém muitas vezes pela falta de conhecimento técnico dos engenheiros, arquitetos e usuários sobre as diversas técnicas disponíveis de ensaios que podem ser utilizadas na fase de obra, vão refletir na edificação com o passar do tempo, onde os defeitos e demais patologias vão se agravando, podendo até ocorrer a queda parcial de uma peça ou de toda a edificação.

A aplicação dos ensaios não destrutivos nas estruturas metálicas proporciona a verificação da isenção de defeitos, determinar a necessidade de manutenção, garante a melhor segurança operacional, aumentando a qualidade e produtividade, dão eficiência aos materiais, reduzem custos, e previnem riscos ambientais.

Para se evitar surpresas, os ensaios não destrutivos devem estar previstos na fase de projeto e manutenção e, quando necessário, para verificar toda a influencia que possa prejudicar a execução e durabilidade da edificação. Neste momento, engenheiros e demais especialistas devem checar as diversas etapas de construção, além do local e dos tipos de ensaios que serão executados, visando atender a qualidade e a eficiência da edificação, sempre baseados nas especificações do material e nas normalizações vigentes, em atendimento as especificações técnicas da edificação.

O uso dos ensaios de forma correta permite verificar desde a sua fabricação, montagem e manutenções, a isenção de defeito nos materiais e serviços, bem como avaliar a necessidade de manutenção corretiva, garantindo a segurança operacional das edificações.



5. TÉCNICAS DE INSPEÇÃO

Todos os materiais, soldas e revestimentos utilizados em uma obra possuem descontinuidades, pois podemos citar que não existem materiais, perfis e soldas perfeitas. O que existem são descontinuidades que são aceitáveis e outras que não são aceitáveis. Os Ensaios Não Destrutivos (END) são utilizados para verificar a qualidade das soldas, chapas, cabos e outros materiais, verificando e detectando a presença de descontinuidades, posição e sua extensão. São chamados de não destrutivos porque são ensaios que não alteram as características da peça ou da solda ensaiada. Isto permite que a qualidade dos serviços seja averiguada conforme padrões estabelecidos que classifiquem os defeitos, sua localização e extensão, bem como os critérios de aceitação pertinentes da obra ou edificação.

Os critérios de aceitação devem estar definidos claramente antes de realizar trabalho de inspeção em uma estrutura, estando em harmonia com o tipo e complexidade da obra. Os engenheiros e demais responsáveis técnicos da obra devem delimitar o tipo de ensaio e o nível apropriado de qualidade que se requer para a edificação, definindo-se sua responsabilidade, à finalidade da estrutura e suas condições de utilização durante sua vida útil.

Não se deve esquecer que o objetivo dos ensaios é determinar a qualidade dos materiais, solda e a eficiência construtiva da edificação, para que se possa avaliar se a estrutura possui características que garantam a transmissão dos esforços de projeto e que não levem a ocorrência de defeitos futuros que comprometam sua durabilidade.

Os efeitos de fadiga causados por esforços alternados exigem mais robustez do que seria exigível simplesmente pela transmissão momentânea dos esforços mecânicos. A inspeção visual, aliado aos resultados dos demais ensaios não destrutivos, é fundamental para o diagnóstico conclusivo e a elaboração das metodologias de readequação, recuperação e proteção das estruturas, visando o seu restabelecimento e garantindo as condições de segurança e durabilidade.

Atualmente existem no mercado diversas técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos que podem ser aplicados na construção, muitas delas já são aplicadas freqüentemente, outras por solicitações específicas definidas por engenheiros e especialistas do setor.



Tabela 03 – Métodos de ensaios não destrutivos aplicáveis na construção civil Estruturas Metálicas.

Método	Fundamentos	Aplicação
Ensaio Visual	Aplicado em qualquer tipo de peça ou material, estando associados a outras técnicas de inspeção.	Verificação de alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial, observação de descontinuidades superficiais, deformações, trincas, corrosão muitas outras.
Ensaio por Líquido Penetrante	O líquido penetrante é aplicado na superfície do material e absorvido por capilaridade, revelando após algum tempo as eventuais descontinuidades.	Detecção de descontinuidades superficiais em materiais não porosos, metálicos e não metálicos. Aplicável em peças com geometrias complexas.
Ensaio por ultra-som	Emissão de sinais acústicos de elevada frequência que atravessam o material que é refletido nas descontinuidades ou superfície do material.	Detecção de descontinuidades e sua profundidade, verificação da espessura do material, qualidade juntas soldadas.
Partículas Magnéticas	A superfície do aço é magnetizada e pequenas partículas fosforescentes de ferro são aplicadas. Estas partículas são atraídas pela descontinuidade do campo magnético, identificando assim a fissura.	Fendas de superfície; verificando orientação de orifícios após remoção de rebites e antes da aplicação de parafusos pré-esforçados, verificação da presença de material com propriedades magnéticas diferentes.

Existem outras técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos que podem ser utilizados para avaliação das estruturas metálicas, onde podemos citar:

- Ensaios eletromagnéticos em cabos de aço;
- Análise de Vibração;
- Correntes Parasitas;
- Emissão Acústica;
- Ensaios Radiográficos;
- Estanqueidade;
- Termografia;
- Espessura e aderência da película de tinta seca;
- Holiday Detector (Uniformidade da película de tinta seca)

Todos os resultados dos ensaios podem ser avaliados unicamente ou em conjunto com as demais técnicas utilizadas na inspeção, permitindo assim, que o engenheiro ou responsável técnico pela estrutura tome a correta decisão sobre em quais condições a estrutura se encontra e possa definir correta metodologia de trabalho ou intervenção será realizada na estrutura.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NBR 5674/99 – “Manutenção de edificações - Procedimento”.

NBR 8.800/08 – “Projeto de Estruturas de Aço e Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios”.

NBR NM 315/07 – Ensaio não destrutivo – Ensaio Visual – Procedimento.

NBR NM 327/11 – Ensaio não destrutivo – Líquido Penetrantes – Terminologia

NBR NM 330/11 – Ensaio não destrutivo – Ensaio por ultrassom – Princípios gerais

ASTM E 1571 – “Standard Practice for Elettromagnetic Examination of Ferromagnetic Steel Wire Rope”.

Atas do VIII Congresso de Construção Metálica e Mista – Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista – Novembro de 2011.

Guia de END e Inspeção – 2012 - Abendi – Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção.