

# Otimização de Estruturas

## com Sistemas de Monitorização Contínua

**Autor**

HBM Test and Measurement

Nov.2017



# Otimização de Estruturas

## com Sistemas de Monitorização Contínua

### Introdução

Nas últimas décadas tem-se vindo a assistir a um aumento contínuo da quantidade de estruturas de engenharia civil, bem como das solicitações que lhes são impostas. Entre estas, contam-se pontes de maior dimensão para meios de transporte mais pesados, túneis mais longos para acomodar mais tráfego, oleodutos mais seguros para o transporte de diferentes materiais e turbinas eólicas com maior eficiência e capacidade.

À medida que essas estruturas resistem ao aumento exponencial de cargas aplicadas, impactos ou sobrecargas ambientais, a avaliação do comportamento estrutural resultante tem-se tornado imperativa para que as falhas possam ser detetadas nos estádios iniciais e a segurança das estruturas possa ser garantida.

As inspeções visuais não fornecem informações suficientes para prolongar a vida das estruturas, mas ao monitorizar a saúde estrutural todas as anomalias podem ser detetadas a tempo, otimizando a manutenção e reduzindo os custos operacionais.

Com a maioria das indústrias a optar ainda pela manutenção reativa (operar até falhar), a melhoria das técnicas de inspeção e dos sistemas de previsão de falhas com custos mais baixos de Operação e Manutenção surge atualmente como uma prioridade na agenda da gestão das estruturas.

### A Importância da Deteção de Ativos Críticos

As estruturas civis estão sempre sujeitas a vários fatores e impactos internos e externos, que podem causar desgaste ou mau funcionamento. Fadiga, manutenção inadequada, construção incorreta ou falta de controlo de qualidade constituem as maiores causas de danos em muitas estruturas existentes, contribuindo para o aumento do seu nível de deterioração.

Para além disso, estruturas existentes têm vindo a suportar um aumento acentuado de cargas aplicadas, impactos ou sobrecargas ambientais, levando a estados de tensão diferentes e a riscos de falha na estrutura.

Por outro lado, o aumento da complexidade e dimensão das estruturas impõe maiores desafios ao dimensionamento e técnicas de construção das estruturas, tornando mandatória a avaliação do seu desempenho como garantia de segurança.

A evolução e os avanços das tecnologias de materiais e de construção, bem como os requisitos de utilização das novas estruturas, também determinaram a necessidade de validar métodos e desenhos de construção inovadores e sofisticados.

Todos estes fatores potenciam um aumento dos custos de Operação e Manutenção e ações de reparação dispendiosas que comprometem o retorno do investimento.

Em última análise, tornou-se óbvio que é necessário reagir de forma preventiva e adotar melhores práticas de manutenção. Exemplo disso é o desenvolvimento de soluções com uma boa relação custo-benefício para a deteção precoce de danos em ativos críticos.

### Utilizando a Melhor Abordagem de Manutenção

Muitas Organizações, como o *Electric Power Research Institute*, concluíram que atuar de forma preventiva e não reativa, não só melhora a segurança e evita falhas perigosas, mas representa uma economia de custos elevada para o proprietário e operador da estrutura.

Também a *Deloitte University Press* reportou casos de empresas para as quais a compreensão atempada da raiz do mau funcionamento permitiu uma resposta mais pró-ativa e representou ganhos elevados.

De acordo com um relatório do *McKinsey Global Institute*, *The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype*, a manutenção preventiva poupará às empresas e fabricantes milhares de milhões de dólares no ano de 2025.

Ainda assim, a realidade prova exatamente o contrário. As inspeções visuais continuam a ser a prática corrente de monitorização da integridade de uma estrutura, sendo na maior parte das vezes pouco frequentes e, por definição, superficiais.

O argumento de que a manutenção é dispendiosa e não um requisito básico, na prática dissipa-se rapidamente quando ocorrem danos numa infraestrutura crítica.

A resposta parece estar na observação contínua do comportamento das estruturas (e dos componentes) durante um longo período de tempo com a deteção automática de falhas nos ativos críticos.

Na verdade, as soluções de monitorização permanentes podem avaliar a integridade de uma estrutura e fornecer informações sobre a carga resultante (cargas de tráfego, forças do vento, mudanças de temperatura e outras influências), evitando tempos de inatividade e acidentes dispendiosos no futuro.



Fig.1: Ponte colapsada  
Em <https://pixabay.com/de/> (domínio público)

## Benefícios da Monitorização Estrutural Contínua

A monitorização contínua da integridade estrutural, através de medições de curto ou longo prazo, também referida como Monitorização da Saúde Estrutural, é reconhecida atualmente pelos seguintes benefícios:

- A deteção de anomalias atempadas, que permite uma implementação mais eficiente de ações de manutenção e reparação, com impacto direto na redução dos custos operacionais;
- Através da análise de fadiga é possível estimar a restante vida útil da estrutura, programar reparações e, deste modo, prolongar a expectativa de vida da estrutura;
- A automação da manutenção, sinónimo de redução de tempo de inatividade para trabalhos, requer menor investimento em equipamentos e capital;
- Uma melhor perceção do comportamento real da estrutura contribui para garantir sua segurança global.

A saúde estrutural pode ser monitorizada com recurso a sistemas de deteção fiáveis e completos, como os que recorrem a sensores interligados por redes a sistemas de aquisição de dados equipados com software intuitivo. Esses sistemas permitem, entre outras, as seguintes funções:

- Monitorização contínua de dados em tempo real;
- Um diagnóstico preciso de parâmetros estruturais, analisando fatores como vibração, tensão, deslocamento e temperatura;
- A deteção automática de anomalias e avarias com resultados exatos de medição;
- Relatórios de dados e geração de alarmes.

Quando devidamente programados, estes sistemas podem ainda apresentar recomendações sobre ações de manutenção estrutural necessárias.

Em último caso, a implementação de um sistema de identificação de danos torna-se crucial na gestão de obras de arte, com soluções avançadas de monitorização a emergir como um fator chave durante todo o ciclo de vida da estrutura, desde o projeto, construção e operação até à sua reabilitação ou fim de vida de útil.

É imperativo que os proprietários, integradores e operadores percebam a importância de monitorizar as suas estruturas, a fim de promoverem uma manutenção mais eficiente. Os responsáveis devem estar conscientes do alcance das soluções disponíveis no mercado para melhores tomadas de decisão.

## Desafios da Monitorização da Saúde Estrutural

Espera-se que os sistemas de monitorização funcionem por períodos prolongados de forma fiável, mesmo em condições adversas. Fatores críticos como o tamanho da estrutura, a localização, o ambiente e a complexidade da rede, podem surgir como verdadeiros desafios:

- Na maioria das aplicações de monitorização estrutural, é necessária a existência de uma referência inicial da estrutura, em perfeita condição, para que o dano possa ser identificado. Sem um sistema estável, as medições não se relacionam entre si e a referência é perdida.
- A localização em locais remotos e expostos a ambientes agressivos - iluminação, humidade, sal, poeira, vibração e radioatividade - também podem prejudicar a estabilidade dos sistemas e comprometer as medições.
- Por vezes, o sistema de monitorização tem de vencer grandes distâncias, com sensores distribuídos por toda a estrutura e separados por quilómetros, constituindo um verdadeiro desafio. Em paralelo, a combinação de vários sensores com taxas de amostragem altas e com total sincronismo aumenta o grau de complexidade da solução.
- Se a aplicação envolver um grande número de sensores, a passagem de cabos e execução de ligações tornam a instalação do sistema um processo moroso.

As tecnologias óticas, como as de redes de Bragg em fibra ótica, por exemplo, surgem como opções viáveis e promissoras para enfrentar tais desafios. As características intrínsecas dos sensores de fibra ótica conseguem suportar as dificuldades próprias das grandes redes de sensores e ambientes perigosos.

Ainda assim, cada aplicação possui as suas próprias especificações, diretrizes e requisitos.

Para simplificar e ultrapassar os obstáculos em torno da monitorização, o Grupo alemão HBM desenvolveu diferentes soluções de medição (elétricas ou de base ótica) que combinam *hardware* e *software*. A abordagem preconizada é a de selecionar a melhor opção para cada caso.

A empresa é especialista em soluções personalizadas para o mercado de monitorização, que integram sensores com sistemas de aquisição de dados e serviços com aquisição de dados.

Além disso, combinações híbridas sincronizadas de instrumentos elétricos e óticos podem ser especificamente configuradas para preencher as diretrizes de certas aplicações.

No caso dos sistemas óticos, o seu desenvolvimento e produção estão concentrados numa subsidiária portuguesa da HBM, instalada no Norte de Portugal, a HBM FiberSensing.

## Monitorização com a HBM

HBM é especialista no desenvolvimento e produção de sistemas de monitorização para a avaliação da saúde e da integridade das estruturas a longo prazo.

Com anos de experiência acumulados em medições de deformação e em Análise Experimental de Tensões (ESA – Experimental Stress Analysis), baseados nas principais tecnologias de medição, a HBM oferece uma gama ampla de produtos para os seguintes exemplos de aplicação:

- Monitorização estrutural de longa duração com transmissão automática de dados e geração de alarmes;
- Testes de carga estáticos e/ou dinâmicos para análise do comportamento à fadiga e previsão do tempo de vida útil;
- Teste de materiais (por exemplo, análise de comportamento de betão ou compósito) para técnicas de reforço;
- Análise experimental de métodos de construção;

- Validação de dimensionamento e de modelos à escala;
- Calibração de modelos.

A cadeia de fornecimento da HBM começa no abastecimento de componentes, a serem integrados como parte de uma solução, e termina na construção de sistemas personalizados utilizando as tecnologias de medição e produtos que melhor se adaptem aos requisitos da aplicação.

Por norma, recomenda-se um sistema modular, especialmente quando estão em causa projetos de monitorização de maior complexidade. As soluções modulares permitem a combinação de qualquer tipo de sensor e transdutor com uma cabine interna ou externa. A cabine contém o amplificador e os sistemas de aquisição de dados, como o QuantumX, PMX, Somat ou os interrogadores óticos BraggMETER.



Fig. 2: Exemplo de cabine de monitorização da HBM

Paralelamente, uma solução complementar de *software* é necessária. A HBM tem pacotes diferentes disponíveis, como o AP Catman para aquisição de dados e a série nCode para análise e relatórios. Outras soluções de *software* para visão geral e alarmes ou relatórios são também disponibilizadas pela empresa.

Além disso, o novo pacote de monitorização da saúde estrutural baseado na *Cloud* da HBM garante o acesso a dados relevantes para a saúde estrutural das infraestruturas, em qualquer altura. Os clientes beneficiam de um pacote pré-instalado e completo, que inclui o fornecimento de dados pela internet.

Com a solução *Cloud*, não é necessário configurar o próprio servidor para armazenamento e análise de dados. A HBM utiliza a reconhecida plataforma *Microsoft Azure* para garantir que os padrões mais rigorosos de segurança de dados sejam assegurados, inclusive os de direito europeu.

Dependendo do país, a HBM também possui uma equipa de engenheiros de projetos qualificados e certificados que instalam e providenciam suporte profissional *in situ* durante toda a fase de instrumentação, em qualquer ambiente.

A atividade da empresa na área da implementação e operação de sistemas de monitorização é transversal para uma ampla variedade de estruturas. Alguns exemplos são túneis, pontes, caminhos-de-ferro, parques eólicos e centrais nucleares. Existem hoje em dia diversas monitorizações ativas em todo o mundo implementadas e mantidas pela empresa.

Para mais informações sobre as soluções de monitorização da HBM, visite: [www.hbm.com/SHM](http://www.hbm.com/SHM).