

STRESS WAVE ANALYSIS - APLICADO A MÁQUINAS ROTATIVAS ¹

Paulo Garcia de Souza ²

Resumo

Stress Wave Analysis (SWA) é a tecnologia de análise dos dados (perfil de stress – espectro ultrassom) coletados pelos sensores acústicos de alta frequência. Monitoramento e análise dos equipamentos rotativos, se insere, como elemento crucial, em projetos de Manutenção Preditiva e CBM (*Condition Based Maintenance*) e, num contexto mais amplo, de Gerenciamento de Performance e Otimização de Ativos. Este artigo discute a aplicação de *Stress Wave Analysis* a Máquinas Rotativas no contexto de Otimização de Ativos e CBM.

Palavras-chave: Máquinas rotativas; Vibração; Análise espectral; Gerência de ativos.

STRESS WAVE ANALYSIS – APLYED TO ROTATING MACHINES

Abstract

Stress Wave Analysis (SWA) is the technology of data analysis (stress profile - ultrasound spectrum) collected by high-frequency acoustic sensors. Monitoring and analysis of rotating equipment, is a crucial element in Predictive Maintenance and CBM (Condition Based Maintenance) projects and, in a broader context, of Performance Management and Optimization of Assets. This article discusses the application of Stress Wave Analysis to rotating machines in the context of assets optimization and CBM.

Key words: Rotating equipment; Vibration; Wave analysis, Asset management.

¹ *Contribuição técnica ao 30º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 24º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 19 a 21 de agosto de 2009, São Paulo, SP*

² *MSc (Invensys Brasil Ltda).*

1 INTRODUÇÃO

O IPS SWAN (Stress Wave Analyzer) é uma ferramenta voltada para profissionais de Manutenção, Confiabilidade e Engenharia de Processos, aplicável a um amplo leque de equipamentos e componentes rotativos de baixa e alta velocidades.

Fundamentalmente SWAN detecta os efeitos de fricção e danos muito antes de que outras técnicas de análise de vibração.

Os indicadores calculados pelo método descrito neste artigo podem ser utilizados para “disparar” ordens de serviço, atuar em intertravamentos de segurança e proteção ou simplesmente orientar melhores práticas de operação – em qualquer caso é um poderoso auxiliar em programas de confiabilidade e otimização de ativos.

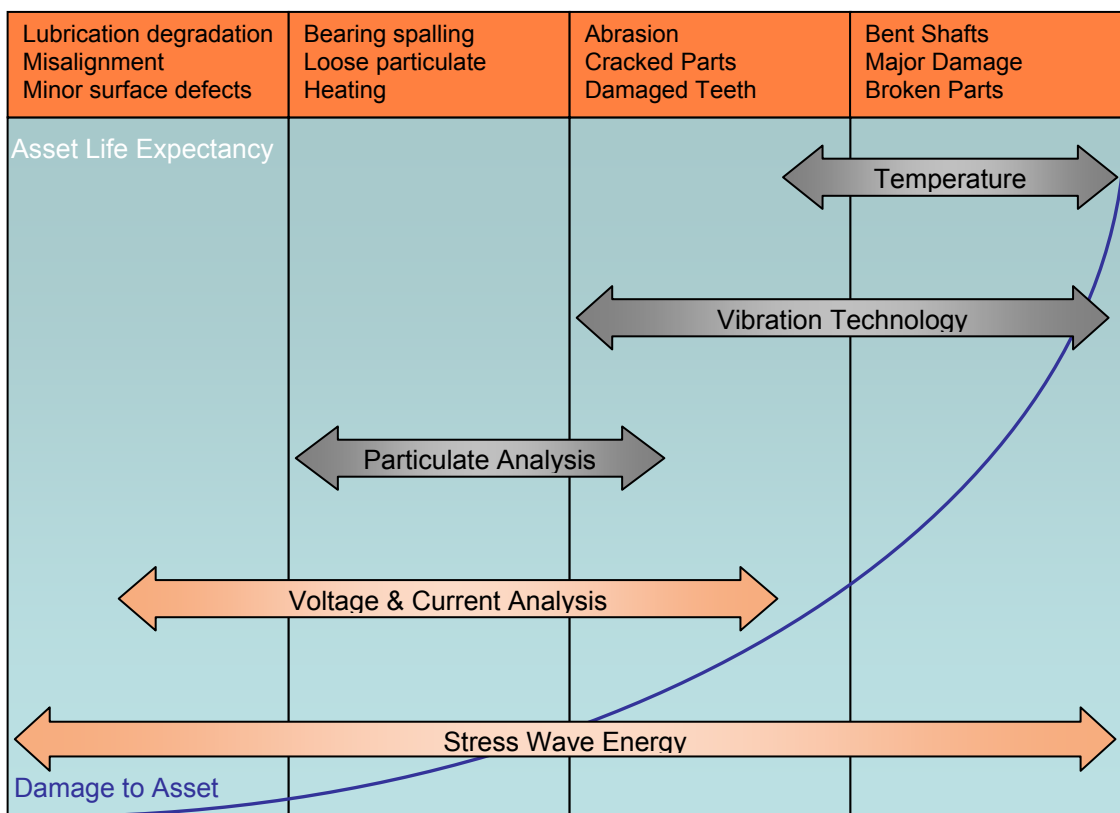


Figura 1. Range de aplicação das diferentes tecnologias.

O Sistema proposto utiliza sensores acústicos de alta frequência, uma tecnologia de análise do Espectro de Ondas de Energia (SWE) que filtra vibrações de fundo e ruídos audíveis de baixa frequência, e fornece uma representação gráfica da “saúde” da máquina, funcionando como um “estetoscópio computadorizado” e informando o que está acontecendo dentro da máquina.

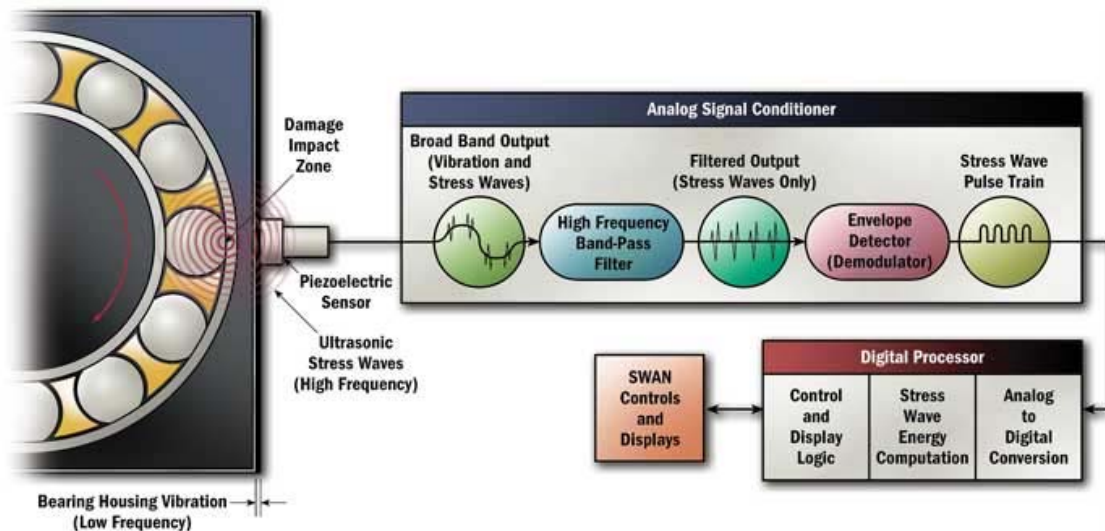


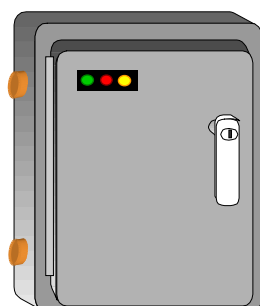
Figura 2. Princípio de Funcionamento do SWAN.

O perfil de stress é coletado por unidades remotas localizadas próximo aos equipamentos da fábrica. Dependendo da complexidade mecânica da máquina monitorada, vários sensores podem ser necessários para caracterizar adequadamente o estado do equipamento.

Cada unidade de coleta de dados (DCU) pode tratar de dois a dezesseis sensores, convertendo periodicamente os dados coletados em alta frequência, em "registros digitais" (DRs) com os seguintes valores estatísticos:

- **SWE** – Energia Total – Total Stress Wave Energy;
- **SWPA** – Amplitude Pico – Stress Wave Energy Peak Amplitude;
- **DSWE** – Delta entre sensores - Delta SWE between two sensors; e
- **TSWE** – SWE Acumulada – Total Accumulated SWE.

A DCU pode ser configurada para disponibilizar qualquer um destes parâmetros como saídas analógicas de 4 mA - 20mA e / ou ativar contatos de alarme. As DCUs dispõem de buffer local para armazenamento dos DRs até a leitura e processamento pelo servidor de aplicação. Um único servidor pode processar os dados de diversas DCUs.



SWANguard



Sensor

Figura 3. O Sensor e a DCU SWAN

O valor SWE fornece uma indicação geral do nível de desgaste detectado na máquina. É normal o nível de SWE aumentar lentamente ao longo do tempo refletindo o uso e o desgaste acumulado. Entretanto variações abruptas, não associadas com variações de carga, são consideradas anormais, indicando mudança na condição operacional da máquina, e sugerindo a necessidade de uma análise mais aprofundada.

Da mesma forma, são consideradas normais alterações na SWE, em máquinas submetidas a constantes mudanças na velocidade e / ou carga. Nesse caso recomenda-se utilizar dois sensores nos extremos do mesmo eixo e analisar os valores calculados de DSWE.

O cálculo de DSWE reduzirá os efeitos induzidos pelas variações da carga. Já que ambos os sensores detectarão as mudanças a diferença entre os dois sinais será razoavelmente constante, exceto por alterações associadas a outras causas que não a variação de carga ou velocidade. A amplitude do sinal SWPA indicará a “velocidade do impacto” e o tamanho do dano.

Em função das análises estatísticas, as DCU são programadas para “passar” os registros digitais para análise no servidor central do site. O servidor é um computador robusto, que recolhe continuamente as estatísticas de todas DCUs, e gera análises e indicadores compostos para cada máquina monitorada.

Usualmente o Servidor armazena localmente dados históricos de 3 a 6 meses incluindo DRs, estatísticas e o índice de condição de cada máquina monitorada. Se o servidor local tiver acesso à Internet ou Intranet, através de firewall apropriado, seus dados podem também ser enviados para um servidor seguro corporativo.

2 ANÁLISE AVANÇADA.

O IPS Stress Wave Analyzer utiliza quatro métodos estatísticos básicos para determinar a condição operacional da máquina:

- Tendências;
- Histograma;
- análise de Fourier; e
- correlações (dos SWE com outros dados operacionais).

Como já discutido, a Análise da Tendência do DSWE complementa a do SWE no diagnóstico de máquinas com velocidade e/ou carga variável. Os valores de ambos, não havendo outras indicações, são bons indicadores gerais da "saúde" da máquina, sendo que o DSWE deve ser utilizado em condições de velocidade ou de carga variável.

O histograma (quantidade versus amplitude ou densidade de probabilidade) para uma máquina em bom estado apresenta um pico fino deslocado para a esquerda, na região de baixas amplitudes. Com o uso e aumento do desgaste, a forma do gráfico vai mudar, o espalhamento do histograma e deslocamento do valor médio fornecem indicações claras de problemas de lubrificação e / ou desgaste, conforme a Figura 4.

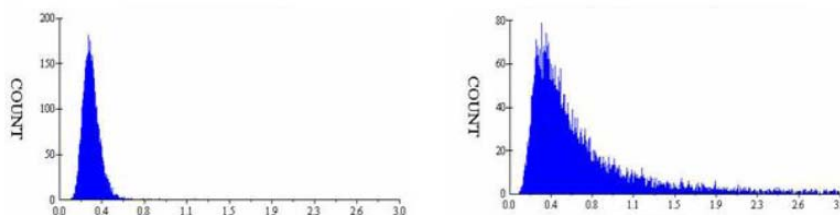


Figura 4. Histograma de Amplitudes.

O servidor calcula e armazena um conjunto de valores e distribuições estatísticas para cada DR coletado (assimetria, média, curtose, etc) e usa-os para acompanhar as mudanças na condição operacional das máquinas ao longo do tempo.

A sensibilidade dos sensores IPS Stress Wave é tal que permite detectar até mesmo um defeito físico minúsculo, um pequeno arranhão na superfície de um rolamento ou micro fraturas não visíveis.

Defeitos físicos como rachaduras, chips, lascas ou amassados, e problemas de desequilíbrio ou alinhamento na máquina, normalmente resultam em impactos e aparecem nos DRs como picos no conjunto de dados.

A análise baseada na transformada rápida de Fourier (FFT) permitirá detectar os picos de frequência e filtrar o ruído base em função do desgaste natural da máquina.

A interpretação da FFT, dos níveis de ruído base e dos picos espectrais, permite diferenciar entre o aumento do desgaste e danos reais.

Em alguns casos, um rolamento em boa condição física suportará, sem sintoma aparente, danos físicos gerados por altas tensões momentâneas. A FFT permitirá identificar essa condição, apesar de o SWE e histograma ainda indicarem que o rolamento está apresentando baixos níveis de atrito.

A análise espectral FFT mostrará para cada componente de frequência as amplitudes e identificará os picos da componente principal e das harmônicas.

A Figura 5, com os resultados de medidas tomadas no rolamento de uma turbina, mostra picos em torno de 15 dB, muito superiores ao ruído base, evidenciando a ocorrência de ranhuras no rolamento.

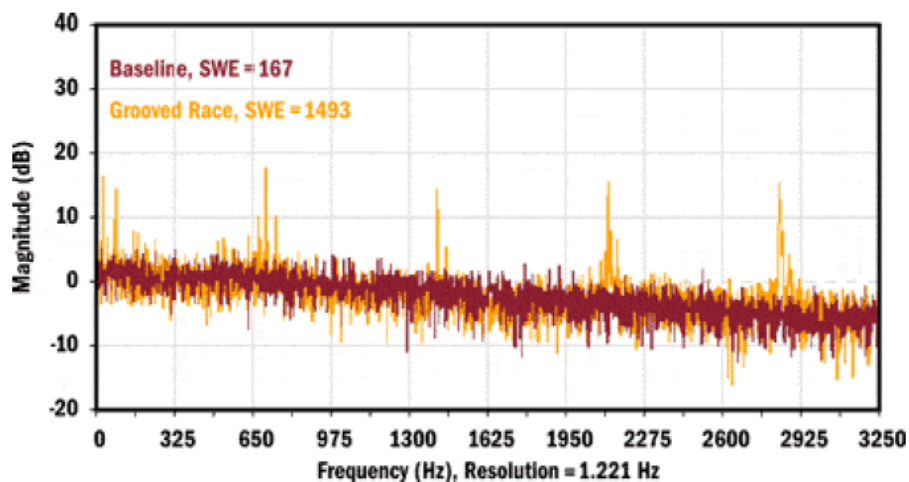


Figura 5. Análise Espectral FFT.

Tendo dados de RPM da máquina normalmente é possível relacionar os componentes espectrais com “frequências de defeito” conhecidas e assim identificar a área danificada.

A análise histórica do espectro, no servidor, fornecerá “indicadores” que refletirão a degradação do equipamento e evolução dos danos ao longo do tempo.

Além dos cálculos sobre os dados obtidos dos sensores, o IPS SWAN é capaz de obter parâmetros operacionais associados à carga, e correlacionar esses valores para cada região de operação da máquina.

Parâmetros operacionais, podem ser apenas a RPM, a pressão, o peso (no caso de correia transportadora), a posição de uma válvula ou qualquer dado do processo.

Monitorando os parâmetros operacionais e os dados dos sensores por um período de tempo razoável, é possível determinar o SWE 'esperado' para cada condição operacional ou nível de carga da máquina e compará-los com os valores calculados a cada ciclo. Este mesmo tipo de cálculo pode ser utilizado para comparar o desempenho de máquinas com características semelhantes.

3 TELAS DE OPERAÇÃO

Além de constituir se em um poderoso e sistema de coleta e análise de dados que possibilita *insights* valiosos sobre o tipo e o nível de degradação apresentado pelas máquinas rotativas, o servidor disponibiliza os cálculos e gráficos em telas padrão web, acessíveis através de uma interface com o usuário, ao pessoal autorizado da planta, sem necessidade de software especial do lado do cliente.

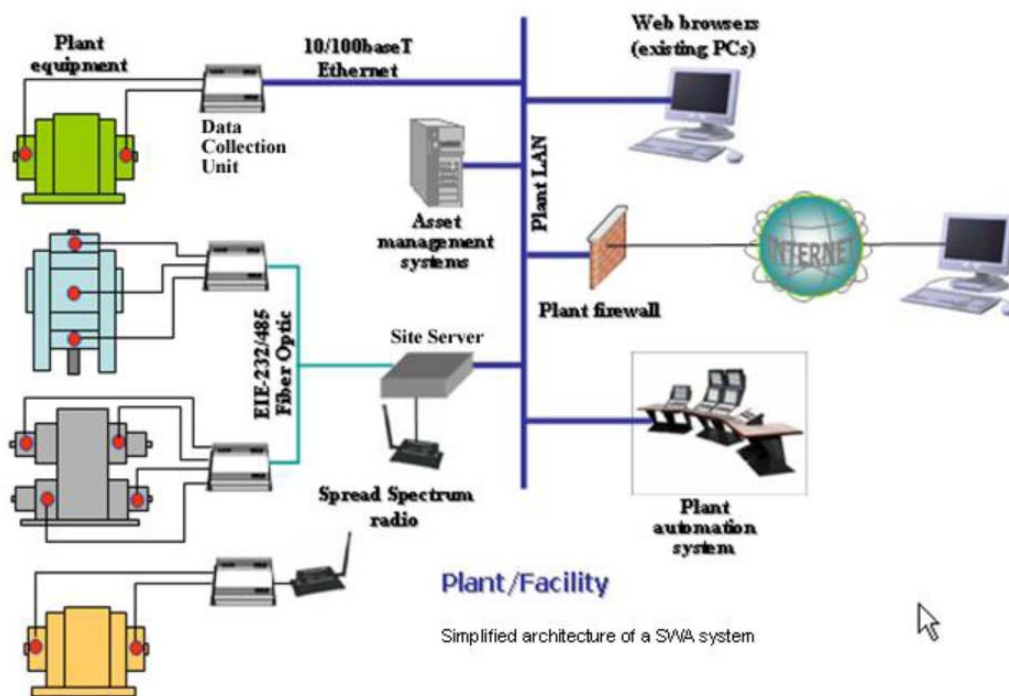


Figura 6. Arquitetura Simplificada de uma Solução SWAN.

3.1 Integração com Outros Sistemas Existentes

Como discutido anteriormente, uma das mais notáveis capacidades da tecnologia IPS SWAN é a capacidade de correlacionar os dados obtidos dos sensores através das DCUs com as condições operacionais de processo e com isso desenvolver melhores práticas e prorrogar a vida útil do ativo.

Há várias opções para comunicação entre o servidor e as DCUs e.q via ligação, serial, cabo Ethernet, fibra ótica ou celular.

Os dados de processo são geralmente obtidos através da conexão com o sistema de automação da planta que pode ser um SDCD, um PLC, ou mesmo um SCADA. O servidor interage com esses sistemas através de diversas opções de conectividade, como Serial, Ethernet, protocolos proprietários ou OPC.

No sentido inverso, o servidor fornece os indicadores de condição das máquinas, as DCUs disponibilizam as estatísticas (sinais 4 mAmp - 20 mAmp e contatos secos), em uma solução integrada de Condition Based Maintenance (CBM), complementar aos produtos tradicionais de manutenção empresarial (SAP, IBM-Maximo, IPS-Avantis.PRO ...).

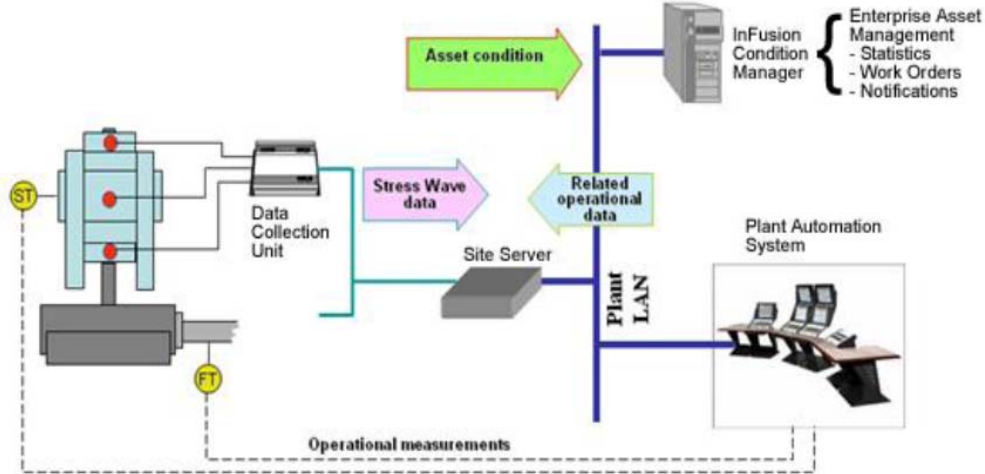


Figura 7. Integração com Níveis Corporativos.

Usuário - Interesse.

- **Gerência de Planta** – Uso eficiente dos recursos foco nos ativos que representam maiores riscos de interrupção de produção.
- **Operações** – correlacionar dados de produção, gerar melhores práticas e reduzir o desgaste dos ativos.
- **Manutenção** – reduzir os custos de manutenção e as perdas associadas com paradas não planejadas de equipamentos críticos.

Pergunte a você mesmo

1. **Quantas falhas em equipamentos críticos ocorreram no último ano ?**
Compressores, Bombas, Redutores, Ventiladores, Turbinas, Geradores, Motores Elétricos, Rolamentos em Transportadores ou Cilindros
2. **Ocorreram paradas não programadas ? com que impacto ? a perda foi financeira ou relacionada a segurança ? houveram problemas ambientais ?**
3. **Os custos de manutenção tem aumentado ? Além do previsto ? Sua equipe está muito ocupada apagando incêndios ?**
4. **Você monitora o ciclo de vida de seus equipamentos rotativos críticos ?**
5. **Qual o percentual de manutenção planejada vsus não planejada em ativos críticos ? Qual o impacto da aposentadoria dos mais experientes ?**
6. **Hoje é feita análise de vibração, termografia ou análise de partículas ? Ligadas a uma estratégia corporativa de Gerência de Ativos ?**
7. **Há uma estratégia corporativa de Gerência de Ativos ? O Sistema de Controle faz parte dessa estratégia ? Há uma estratégia de confiabilidade (RCM) ?**

Alguns aspectos a considerar na seleção de tecnologias.

- Investimento – ROI aproximado de 3 meses.
- Eficaz para detecção de cavitação em bombas
- Eficaz em equipamentos com baixa RPM
- Eficaz em equipamentos com alta vibração (e.q secadores e pulverizadores) onde métodos tradicionais não podem ser aplicados.
- Aproximadamente 1/3 do hardware requerido por soluções de vibração. Menos sensores, mais facilmente instalados
- Mais fácil de analisar, não requer mão de obra certificada em vibração.

Agradecemos Vs atenção e completamos o artigo com um breve guia de identificação de usuários e aplicações potencialmente adequados para o IPS SWAN.

Figura 8. Tabela de Auto-avaliação.