

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **Controlo Qualidade (CQ)** **Ensaio (Inspeção) Não Destrutivo (END)** **Medição de Vibrações**

**Formador:** Luciano Reis - Certificado CCP nº F611227/2013

<http://lucianoreis60.en.pdf.eurocv.eu/>

Tlm: 966050787

Mail: [lucreis@gmail.com](mailto:lucreis@gmail.com)

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## INDICE

Breve apresentação

Objetivos Pedagógicos/Temas/Avaliação/Síntese Conclusiva

1 – Introdução

2 – Normas de referência (Atenção a: permissão e atualidade)

3 – Definições

4 – Equipamentos utilizados

5 – Ferramentas

6 – Critérios de classificação de anomalias

7 – Aplicação – Inspeção em Máquinas/Equipamentos Dinâmicos

8 – Armazenamento de Informação

9 – Segurança

10 - Referências: bibliografia e link's úteis/Resumo

Análise de casos – Anomalias

(anomalias, conforme: Ponto 6 – critérios de classificação de anomalias)

Breve revisão (algumas perguntas)

Anexo - Modelos (listagens/relatórios)

Documentos complementares

Questionário de avaliação da unidade

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Breve apresentação

**LUCIANO REIS** - Áreas de intervenção

### Inspeção técnica

- **Infraestruturas de:** G.Á.S – Gás, Água e Saneamento;
- **Materiais:** Plásticos (PE, PP, PVC), Aço e Ferro Fundido Dúctil (FFD)  
Tubagem e Acessórios;
- **Processos de fabrico:** Extrusão, Injecção, Fundição e Moldagem.
- **Manutenção Condicionada:** – Termografia, Análise de vibrações e óleos;
  - Detecção de avarias;
  - Análise de fratura e dano.

### Habilitações:

Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas (1º Ano – curricular)

(<http://www.enautica.pt/cursos/mestrados/m-engenharia-de-maquinas-maritimas>);

Técnico Especialista REFA (<http://www.dual.pt/homes/custom/refa.html>)

Técnico Auditor/Consultor de Sistemas Gestão Qualidade - (AIP/CCI)

Pós-Graduação em Gestão de Empresas (ISG) e Programa Avançado de Gestão Empresas de Águas (FCEE da UCP)

Pós-Graduação em Tecnologia, Engenharia e Manutenção Automóvel (ITEC do IST)

Pós-Graduação em Manutenção (ISQ)

Especialização em Manutenção e Controlo de Sistemas (ENIDH)

Licenciatura em Engenharia de Máquinas Marítimas (ENIDH)

<http://www.cadernetadecompetencias.gov.pt>



# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Objetivos Pedagógicos

No final da sessão os formandos deverão estar aptos a:

- **Identificar** e medir vibrações como meio auxiliar a inspeções integradas na manutenção preditiva.
- **Efetuar o controlo** através da medição global de vibrações e analisar o espectro de frequência.
- **Conhecer:**
  - **Normalização:** critérios sobre anomalias detetadas, nível global de vibrações e diferenças/comparação/tendências.
  - **Documentação:** especificações de instrumentação e modelos de suporte ao controlo sobre a atividade.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Temas

- **Manutenção/Inspeção**
  - Preditiva
  - Medição de Vibrações
- **Normalização/Documentação**
  - Normas/Códigos/Boas práticas
  - Modelos tipo
- **Equipamentos/Ferramentas**
  - Medição
  - Execução
- **Aplicações/Segurança**
  - Indústria (Mecânica)
  - EPI's/EPC's

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Avaliação

CRITÉRIOS / PONDERAÇÃO	%	INSTRUMENTOS
<b>Domínio dos assuntos</b> Aplica os conhecimentos adquiridos em exercícios ou casos concretos	25	Observação directa e Formalização de perguntas
<b>Generalização dos saberes</b> Transfere ou generaliza os saberes adquiridos a novas situações	25	Observação directa e Formalização de perguntas
<b>Participação</b> Mostra interesse e intervêm a propósito, colaborando na dinamização das actividades formativas; Comunica com os colegas e formadores	25	Observação directa
<b>Responsabilidade</b> Demonstra sentido de responsabilidade, em termos de cumprimento dos tempos, horários e das actividades propostas	25	Observação directa

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Síntese Conclusiva

Conhecimento generalizado do tipo de:

Equipamentos/ferramentas/critérios de classificação de anomalias;

Aplicação em Máquinas/Equipamentos dinâmicos/análise de casos.

Princípios da Qualidade a observar:

- Relevante;
- Preciso;
- Oportuno;
- Acessível;
- Comparável;
- Coerente.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 1 - Introdução

A manutenção preditiva é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e sistemas para otimizar a operacionalidade industrial.

Os clientes com exigências de Fiabilidade exigem essa fiabilidade e respondem a mesma com correções quase imediatas diminuindo o risco de paragem ou falhas salvaguardando-se e vinculando o serviço prestado.

Um diagnóstico correto é quando todas as partes envolvidas intervêm e fornecem informações existe uma conclusão em que o cliente esta envolvido nas ações a tomar.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **2 - Normas de referência** (Atenção a: permissão e atualidade!)

ISO 7919 series (5 parts) – Shaft Vibration

ISO 10816 series (1 a 8 + 21 parts) – Mechanical Vibration - Standards provide guidance for evaluating vibration severity in machines operating in the frequency range and different type of machines ([vibsens.com](http://vibsens.com))

Examples of these types of machines are:

small, direct-coupled, electric motors and pumps, production motors, medium motors, generators, hydro, steam and gas turbines, turbo-compressors, turbo-pumps and fans, reciprocating machine and compressors, rotodynamic pumps for industrial application

ISO 13342 – Mechanical Vibration – Methods and criteria for the mechanical balancing flexible rotors

ISO 13372 – Condition Monitoring and Diagnostics of Machine Vocabulary

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **2 - Normas de referência (cont.)**

ISO 13373-1 – Condition Monitoring and Diagnostics of Machine Vibration  
Condition Monitoring Part 1 – General Procedures.

ISO 13379 – Condition Monitoring and Diagnostics of Machine Vibration  
General Guidelines on data interpretation and diagnostic techniques

ISO 14694 – Industrial fans – Specification for balance quality and  
vibration levels

ISO 14695 – Industrial fans – Methods of measurement of fan vibration

ISO 17359 – Condition Monitoring and Diagnostics of Machine  
General Guidelines

ISO 18436-1 – Condition Monitoring and Diagnostics of Machine  
Requirements for training and certification of personnel

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições – Vibrações

### **Manutenção Preditiva por análise de vibrações.**

Baseia-se no conhecimento do estado da máquina através de medições periódicas e contínuas de um ou mais parâmetros significativos, evitando paragens inesperadas e substituição de peças desnecessárias.

### **Máquinas/Equipamentos**

- Motores Elétricos;
- Bombas;
- Ventiladores;
- Centrifugas;
- Parafusos de Elevação.
- Compressores

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições – Vibrações

### **Vibração**

Movimento vibratório de uma máquina é o resultado das forças dinâmicas que a excitam. Essas vibrações propagam-se em todas as partes da máquina, bem como para as estruturas ligadas a ela. Geralmente uma máquina vibra em várias frequências diferentes. Em virtude da maior parte das anomalias das máquinas se desenvolver gradualmente no tempo, a análise de vibrações permite a detecção na sua fase inicial, a análise de tendência é um método altamente aconselhável.

### **Espectro em frequência**

A informação contida no espectro em frequência permite diagnosticar o estado de condição em equipamentos.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições (cont.)

### Análise de Vibração

Através da análise de vibrações de conjuntos mecânicos é possível identificar uma variedade de falhas e as mais comuns que respondem pela maior parte das ocorrências em manutenção são:

- Desequilíbrio/Desbalanceamento;
- Desalinhamento/Veio empenado;
- Desapertos/Componentes soltos;
- Atritos internos;
- Defeitos em rolamentos (chumaceiras) e engrenagens (caixas);
- “Pata Coxa”/Ressonância;
- Problemas elétricos/Localização de fendas;
- Ensaios de Receção/Aceitação.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições (cont.)

### Controlo de Condição - Diagnóstico de Falhas

Desequilíbrio/Desbalanceamento;

Desalinhamento;

Folgas ou desgaste;

Defeitos em Rolamentos;

Defeitos em Engrenagens...

Uma pesquisa, da “skf” fabricante de rolamentos, demonstra que as 3 principais causas de paragens de máquinas rotativas por quebra são:

- Lubrificação inadequada;
- Desalinhamentos;
- Desbalanceamentos.

### Desequilíbrio/Desbalanceamento

Ocorre quando há uma distribuição desigual de massa em torno da linha central de rotação de um eixo, gerando cargas nas chumaceiras/mancais como resultado das forças centrífugas

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições (cont.)

### Desalinhamento

Desvio da linha de centro comum durante a operação, entre Máquina fixa e Máquina móvel.

Existem **2 tipos de desalinhamento**:

- 1º Tipo: Desalinhamento Angular;
- 2º Tipo: Desalinhamento Paralelo.

### Alinhamento preciso pode ajudar a:

Aumentar: a vida útil dos rolamentos;

a disponibilidade, a eficiência e a produtividade do equipamento;

Reduzir: desgaste entre componentes móveis;

atrito e, com isso, o consumo de energia;

o ruído e a vibração;

custos de substituição de componentes , paragem da máquina.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições (cont.)

### Defeito em Rolamentos

Assim como outros componentes em um equipamento, os rolamentos quando defeituosos apresentam frequências características, em função da localização do defeito.

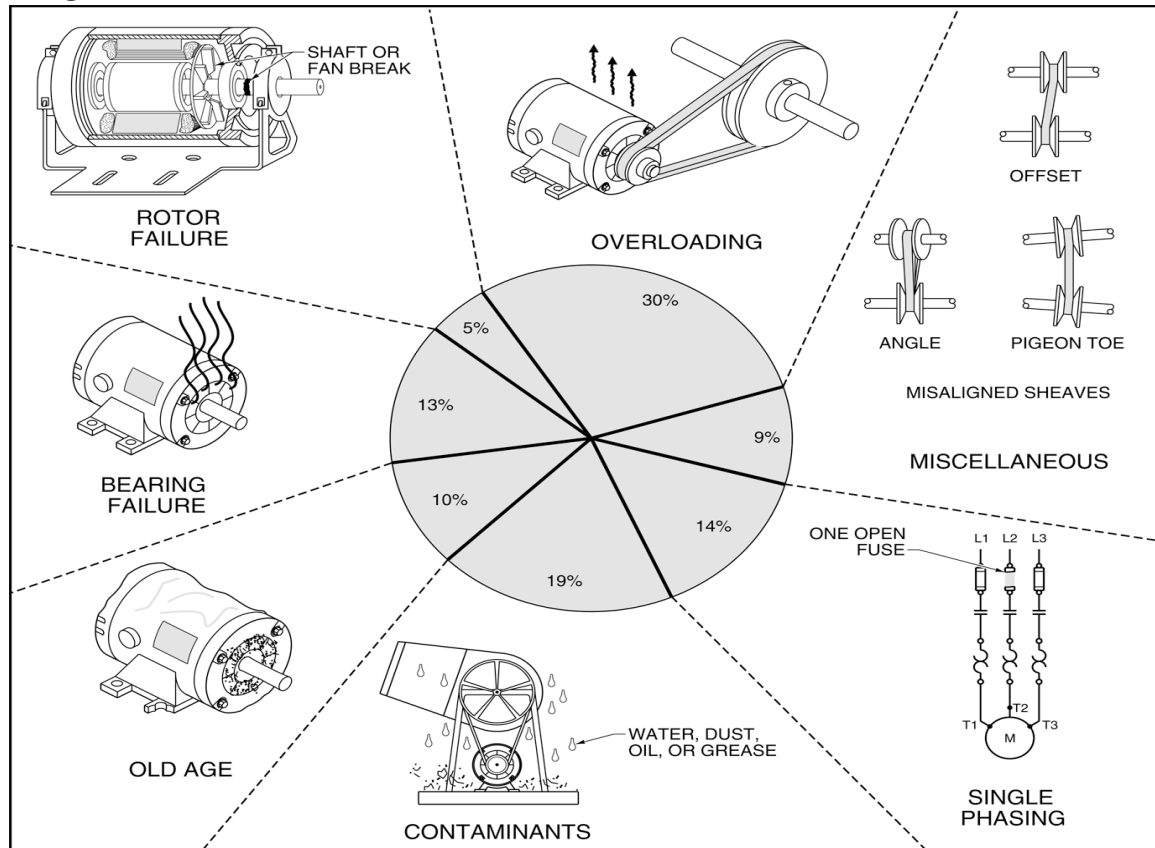
Defeitos em rolamentos podem ser prognosticados através da medição de vibração e pelo monitoramento da presença das frequências de defeitos e seus múltiplos, portanto o diagnóstico não deverá levar em conta apenas a amplitude.

As frequências de defeito são calculadas levando em consideração as características construtivas dos rolamentos.

.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 3 - Definições (cont.)



**Falhas tipo vs % de ocorrência**

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 4 - Equipamento utilizado

### Introdução

Avaliar a condição das máquinas - utilizar as dimensões da análise **visual** (funciona/está operacional/sob condição – através da observação de indicadores/sinalética/etc.), **sensorial** (movimento de: apoios, proteções e/ou falta das mesmas – quantitativo) e **medição** (classificação valores quantitativos/qualitativos) para que saber o problema e poder programar a manutenção sem que a máquina colapse.

Permite executar todas as medições vibrométricas básicas, como:

- condição da máquina (enquanto conjunto de: motor eléctrico equipamento/órgão)
- condição de rolamentos;
- avaliação da lubrificação e;
- identificação de falhas mecânicas.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 4 - Equipamento utilizado

### Introdução (cont)

**Aquisição de dados** pode efetuar-se por:

- **coletor** de dados (pode ser “cego” sem visor);
- **medidor** de vibrações/coletor (com pequeno visor):
- **analisador/gravador** de sinais (normalmente com grande visor/sem visor).

O **Software** de apoio para tratamento da quantidade/qualidade da informação gravada (memória), dependendo da fonte (equipamento) objetivo (sempre análise, mas, variável) e no caso mais comum (nosso exemplo) serve apenas para preparar (criar ex.: rotas, classificar gerando alarmes,...) replicar (o pequeno visor) e utilizar apoios básicos de suporte à análise (limitações significativas à utilização de técnicas avançadas).

Atenção à **patente registada** presente no equipamento de recolha/medição e a compatibilidade que tem de existir com o software de apoio (técnica específica para recolha e leitura associada a alguns componentes ou órgãos de máquinas - recurso a filtros específicos ex.: Envelope (neste caso), Shock Factor and SFI, SPM HD method, Medição de Emissões Acústicas (AE), PeakVue, BCU e ECU, etc.).

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 4 - Equipamento utilizado

**Utilização de Equipamento/Software de Apoio/Técnicas complementares de diagnóstico**

**ADASH 4900 Vibrio** (neste exemplo)

Está equipado com 4MB de memória para armazenamento de dados. Essa memória permite ao utilizador executar: medições de rotinas e medições fora de rotina (rota).

É fornecido como um sistema completo incluindo:

- sensor piezoelétrico;
- base magnética;
- cabo de ligação e;
- software de arquivo e análise de dados DDS (neste exemplo).

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 4.1 - Especificação Técnica (exemplo)

Adash 4900 – Vibrio M Technical Specifications:

Input:	1x ICP® powered accelerometer	Data storing (option):	Off-Route Route with DDS 2014 software for Vibrio M (free download)
Input range:	60g PEAK with standard 100mV/g sensor (e.g. 600g PEAK for 10mV/g sensor, the sensitivity is editable in the unit)	Interface:	USB 2.0 compatible
Measurements:	Velocity RMS 10 - 1 000 Hz [mm/s, ips] Velocity Peak 10 - 1 000 Hz [mm/s, ips] Acceleration RMS 500 - 16 000 Hz [g] Acceleration Peak 500 - 16 000 Hz [g] Velocity time 1 - 1 000 Hz [mm/s, ips] 2048 samples * Velocity spectrum 1 - 1 000 Hz [mm/s, ips] 800 lines Acceleration time 1 - 16 000 Hz [g] 2048 samples * Acceleration spectrum 1 - 16 000 Hz [g] 800 lines * Acceleration Demod-Envelope RMS 500 - 16 000 Hz [g] Acceleration Demod-Envelope Peak 500 - 16 000 Hz [g] * Acceleration Demod-Envelope time 500 - 16 000 Hz [g] 2048 samples Acceleration Demod-Envelope spectrum 500 - 16 000 Hz [g] 800 lines, range 400 Hz * Displacement RMS 2 - 100 Hz [µm, mil] Displacement 0 - Peak 2 - 100 Hz [µm, mil] Displacement Peak - Peak 2 - 100 Hz [µm, mil] Temperature non-contact measurement 0 - 380°C (32 - 716°F)	Software:	DDS 2014 software for Vibrio M (free download)
		Display:	colour graphic OLED display 128 x 128 pixels, diagonal 1,5" (38mm)
		Output:	1x AC signal 8 Ω / 0,5 W for external headphones (signal listening)
		Power:	2x AA 1.5V batteries (alkaline, NiMH, Lithium - 8 hours operation)
		Temp:	Operating: -5°C to 55°C
		Dimensions:	150 x 60 x 35 mm
		Weight:	330 g including batteries (without cable, sensor and magnet) 540 g including batteries, cable, sensor and magnet
Further functions:	LED stroboscope (0,17 - 300 Hz, 10 - 18 000 RPM) LED torch, non-contact temperature measurement vibration stethoscope	Accessories:	vibration sensor, coiled cable to connect vibration sensor, magnetic base for vibration sensor, headphones with 3.5 mm jack, USB cable, measuring tip for manual pressure on the sensor, transport case, CD with the manual
Memory:	4 MB for data 900 measurements of 800 lines spectra or 2048 samples time signals may be stored		

\* Available in DDS2014 software for Vibrio M

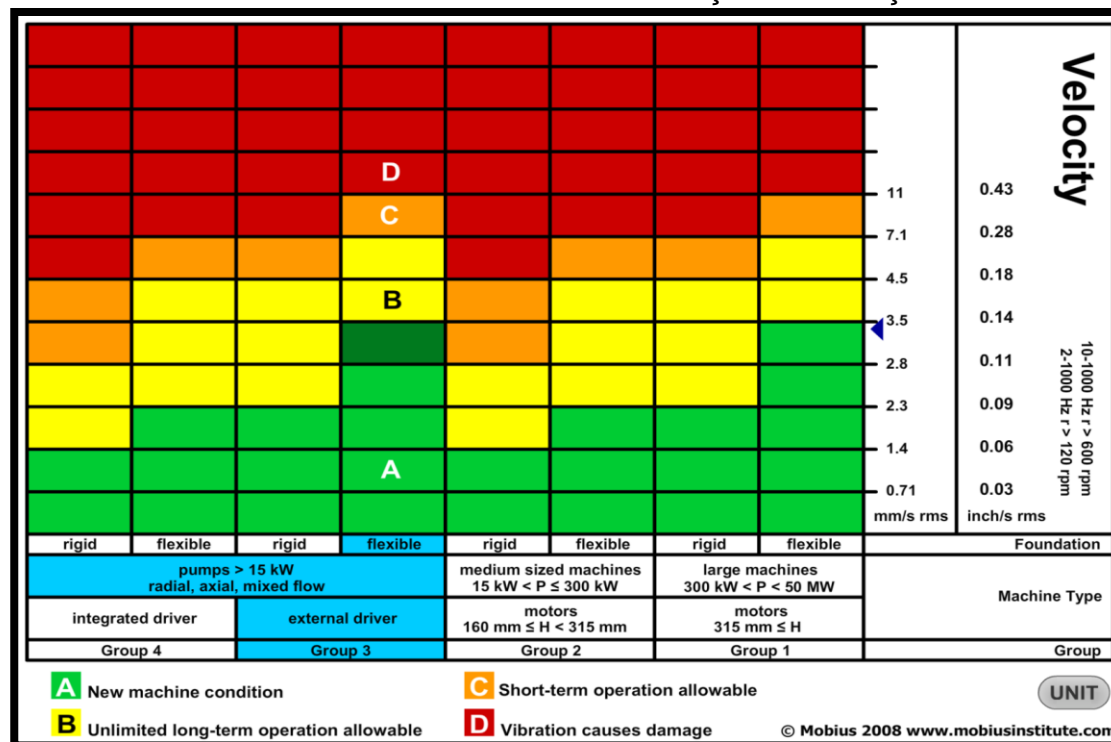
# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 5 - Ferramentas

Todas as ferramentas deverão ser adequadas para utilização na atividade.

## 6 - Critério de classificação de anomalias

ISO 10816-3 Severidade na Medição de Vibrações



Como orientação para determinar a gravidade de um problema é recomendada a tabela acima (exemplo a azul) .

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 6 - Critério de classificação de anomalias (cont.)

ISO 10816 Severidade na Medição de Vibrações (outra observação)

ISO 10816							
Nível Global de Vibrações (NGV) mm/s - RMS	Motor (classe)			Bombas > 15 kW	Ventiladores	Rolamentos (g's peak)	
	I	II	III	Acoplamento externo - Rígido			
28,0 - 45,0	D5	D4	D3	D4	D3	D5	17,9
18,8 - 28,0	D4	D3	D2	D3	D2	D4	11,31
11,2 - 18,0	D3	D2	D1	D2	D1	D3	7,14
7,1 - 11,2	D2	D1	C2	D1	C1	D2	4,5
4,5 - 7,1	D1	C2	C1	C1	B3	D1	2,84
2,8 - 4,5	C2	C1	B2	B2	B2	C2	1,79
1,8 - 2,8	C1	B2	B1	B1	B1	C1	1,13
1,12 - 1,8	B2	B1	A4	A4	A4	B2	0,72
0,71 - ,121	B1	A3	A3	A3	A3	B1	0,45
0,3 - 0,71	A2	A2	A2	A2	A2	A2	0,28
0 - 0,3	A1	A1	A1	A1	A1	A1	0,18
Nota: Intervalo de frequência = 10 Hz - 1000Hz							
A	Máquinas Novas - comissionamento						
B	Funcionamento sem restrições						
C	Funcionamento condicionado - intervenção programada						
D	Funcionamento anômalo - Intervenção imediata						

Como orientação para determinar a gravidade de um problema é recomendada a tabela acima (exemplo a azul) .

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 6 - Critério de classificação de anomalias (cont.)

Acceleration Enveloping (gE) alarm guidelines				
Enveloping Severity	Shaft Diameter and Speed			
gE Peak-to-Peak	Diameter Between 200mm and 500mm and Speed < 500 RPM	Diameter Between 50mm and 300mm and Speed Between 500 RPM and 1800 RPM	Diameter Between 20mm and 150mm and Speed Between 1800 RPM and 3600 RPM	
0.10	Good	Good	Good	
0.50	Satisfactory	Good		
0.75	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	
1	Unsatisfactory (Alert)	Satisfactory		
2	Unsatisfactory (Alert)	Unsatisfactory (Alert)	Unsatisfactory (Alert)	
4	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Alert)	Unacceptable (Alert)	
10	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Danger)	Unacceptable (Danger)	

Valores globais de g'sE [RMS ou peak value]

nota (diferente literatura fala de):

- Nível Global de Ruído [RMS] ou;
- peak to peak [pk-pk].

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 6 - Critério de classificação de anomalias (cont.)

### Boas Práticas

- É aconselhável uma inspeção antes de qualquer intervenção, como manutenções preventivas, para que sejam identificados os casos (se existirem) e alvo de verificação e correção e outra inspeção após intervenção (seguimento e fecho);
- Não existem 2 componentes/equipamentos/máquinas com características funcionais iguais;
- Os Equipamentos com apertos de precisão sempre que sujeitos a intervenção recomenda-se que sejam monitorados (obtenção de novos valores a considerar como origem).

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 6 - Critério de classificação de anomalias (cont.)

### Resumo

A medição de vibrações é um meio auxiliar a inspeções em que o objetivo é melhorar a rentabilidade da empresa e antecipar problemas não detetáveis a olho nu.

Um diagnóstico correto é quando todas as partes envolvidas intervêm e fornecem informações e existe uma conclusão em que o cliente está envolvido nas ações a tomar.

Dados obtidos poderão ser classificados em:

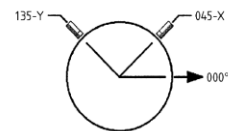
Quantitativos – (exemplo) Nível Global de Vibrações [0-P ou RMS em mm/s], pode estar relacionado com um conjunto tipo Motor Ventilador;

Qualitativos – (exemplo) Análise do Espectro de Frequências [uma frequência de valor em Hz ou rpm e amplitude em mm/s] pode estar relacionado com um órgão de máquina tipo rotor de ventilador ou rolamento de chumaceira.

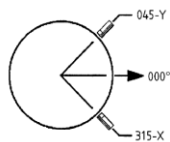
# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 6.1 - Diagrama de Máquina/Equipamento Dinâmico

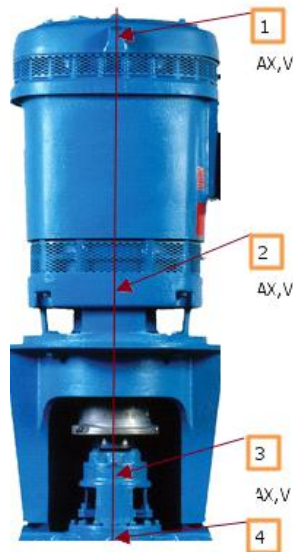
ISO 13373-1:2002(E)



a) Conventional X-Y shaft displacement

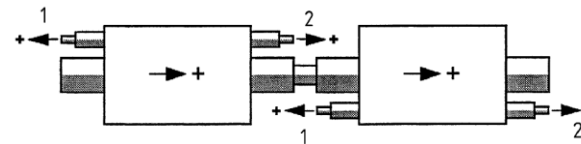


b) Non-conventional X-Y shaft displacement



Diferentes Tipos de Vibração Standards

- Absolutos/Nível Global de Vibração (BOM)
- Específico/Tipo de Máquina - (Melhor)
- Comparativo/Valores de Máquinas - (Muito Melhor)
- Histórico/Valores da Máquina - (O MELHOR)



1 Reverse  
2 Normal

**Designação Pontos Medição :**

- **H** – medição na direcção horizontal;
- **V** – medição na direcção vertical ou Radial;
- **AX** – medição na direcção Axial;

**Parâmetros de medição Unidade Amplitude**

Velocidade	mm/s	RMS (Alinhamento,...)
Aceleração	g	Pico (Rolamentos)
Global	gE	Pico-Pico

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 7 - Aplicação - Inspeção em Máquinas/Equipamentos Dinâmicos

Informar os serviços respetivos, para que na data da inspeção os equipamentos se encontrem a funcionar e se possível em carga.

Elaborar listagem dos equipamentos a inspecionar.

Proceder a eventuais operações/desencravamentos de processo.

Remover proteções (ex. de chumaceiras, atenção à segurança).

Recolher fotos com informação de:

- Máquina: conjunto ex. MotoBomba, MotoVentilador, MotoGerador, ...;
- Chapas sinaléticas e outras indicações do conjunto (sentido de rotação);
- Detalhes sobre conjunto nomeadamente tipo de apoio, acoplamento, transmissão, etc...

Para o armazenamento da informação é utilizado por exemplo uma plataforma do tipo “*Google Drive*”, para fotos complementares, etc...

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 7 - Aplicação - Inspeção em Máquinas/Equipamentos Dinâmicos (cont.)

### 7.1 - Antes (verificações)

Baterias dos equipamentos;

Cartões de memória;

Boa operacionalidade dos equipamentos.

### 7.2 - No início da atividade

Verificar e utilizar materiais de proteção individuais e coletivos (EPI's e EPC's)

Regular os vários parâmetros de funcionamento dos equipamentos:

- Velocidade de rotação;
- Relações de transmissão (cx redutoras e/ou polias);
- Temperatura ambiente;
- Temperatura de Componente/órgão;
- Ruído, etc.

Fazer-se acompanhar por pessoal responsável pela instalação e que deverá proceder a preparação dos equipamentos a inspecionar.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 7 - Aplicação - Inspeção em Máquinas/Equipamentos Dinâmicos (cont.)

### 7.3 - Durante

Utilizar os materiais de proteção individuais e Coletivos (EPI's e EPC's);

Ajustar os vários parâmetros de funcionamento dos equipamentos:

- Velocidade de rotação;
- Relações de transmissão (cx redutoras e/ou polias);
- Temperatura ambiente;
- Temperatura Componente/órgão;
- Ruído, etc.

Manter-se acompanhado por pessoal responsável pela instalação.

Ter especial atenção/cuidado na recolha/obtenção dos dados na proximidade a elementos rotativos.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 7 - Aplicação - Inspeção em Máquinas/Equipamentos Dinâmicos (cont.)

### 7.3 - Durante (cont.)

Tentar identificar a possível origem da anomalia, ex. defeito localizado ou sobrecarga ou outra causa.

Alertar de imediato o responsável da instalação para eventuais anomalias de gravidade (nível global de vibrações considerado severo, e/ou comparação/tendência considerada significativa) – ver critérios;

Efetuar registo de vibrações e fotográfico de eventuais anomalias;

Registar na listagem de equipamentos/anomalias, as anomalias detetadas (referir situações de pouca carga ou fora de serviço);

Não abandonar o local onde a anomalia foi detetada sem que a mesma tenha sido devidamente transmitida/recebida/compreendida.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **7 - Aplicação - Inspeção em Máquinas/Equipamentos Dinâmicos (cont.)**

### **7.4 - Após**

#### **7.4.1 - Imediato**

Apresentar ao responsável da instalação cópia da listagem “manuscrita”, com indicações dos casos mais graves detetados e elaborar em modelo aplicável;

Solicitar cópia desta listagem assinada pelo responsável da instalação.

#### **7.4-2 - Dia(s) seguinte(s)**

Efetuar o Relatório Inspeção Vibrometria em modelo próprio e apresentá-lo ao responsável da instalação.

Para tratamento e análise da informação recolhida durante a atividade de inspeção de medição de vibrações e emissão de relatório é utilizada uma plataforma do tipo, Software adequado a área de Gestão da Manutenção condicionada (análise de dados/histórico/tendências).

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 8 - Armazenamento da Informação

Para o armazenamento da informação pode ser utilizada uma plataforma do tipo “*Google Drive*” outra, para pastas (ex. abaixo):

- Documentação técnica (manuais, boas práticas, etc);
- Normas e recomendações;
- Modelos tipo (formatos, templates/layouts);
- Listagens de equipamentos e de anomalias;
- Registos (espectros, fotos complementares);
- Relatórios,...

## 9 - Segurança

EPI (equipamento de proteção individual) – Capacete, auriculares, óculos, roupa e calçado de trabalho, luvas;

EPC (equipamento de proteção coletivo) – Para ambientes/atmosferas consideradas perigosas - Detetor multigás ex. GASALERTMicroClip XL.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 9 - Segurança (cont.)

Use equipamento de protecção ao trabalhar com circuitos activos:

- Ferramentas isoladas;
- Óculos de protecção ou máscara facial;
- Luvas Isolantes (remova jóias, relógios,...);
- Trabalhe sobre um tapete de material isolante;
- Use roupas resistentes a chamas, e não roupas comum de trabalho.



# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## 10 - Referências

### Bibliografia

Apresentação Termografia Vibrações - MANVIA

Workshop VibroManvia - MANVIA

Esquema Alinhamento polis - MANVIA

Legislação, Normas e Códigos

Manuais/Procedimentos/Especificações técnicas/Boas práticas

Diversa documentação de apoio

### link's úteis

<https://www.skf.com/group/knowledge-centre/engineering-tools/index.html>

<https://vibralign.com/other-topics/>

<https://www.iso.org/obp/ui/#search>

<https://webstore.ansi.org/>

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **Breve revisão**

(algumas perguntas)

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (16 - Sinalizar com X na opção certa)

Num sistema de *Gestão da Manutenção*, a *Medição e recolha de dados de Vibrações* está inserida em que tipo?

- Melhoria
- Corretiva
- Preditiva

A utilização da *Vibrometria* para um gestor da manutenção é um meio para atuação (rota)?

- Imediata
- Mensal
- Semestral
- Anual
- De acordo com plano de manutenção aprovado/implementado na empresa

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Na detecção e presença de anomalias deve atuar-se?

- De imediato
- Num prazo de uma (1) semana
- Quinze (15) dias
- Informação após um (1) mês
- Dependendo da classificação da anomalia
- Todas as anteriores

Na utilização dos critérios de classificação das anomalias quais os mais importantes?

- Limpezas
- Câmera
- Ferramentas
- Nível Global de Vibração

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Nos parâmetros do equipamento de vibrometria, quais os que mais influenciam?

- Localização e limpeza
- Temperatura ambiente, refletida e Humidade
- Velocidade de rotação, tipo de apoio, relação de transmissão
- Nenhuma das anteriores

Na preparação para desempenhar a atividade de vibrometria o que deve ser tido em conta?

- Bateria do equipamento de medição e recolha de dados (carga)
- Cartão de memória (condição)
- Boa operacionalidade do equipamento (verificações)
- Todas as anteriores

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Na presença de uma vibração considerada significativamente elevada (ex. 30mm/s RMS) estamos a observar o quê?

- Máquina solta dos apoios de fixação
- Sol a incidir na Máquina
- Nível global de vibrações considerado critico/alerta para intervenção imediata
- Influência de martelo pneumático na proximidade e considerada com impacto não significativo

Quando a diferença de nível de vibrações entre componentes de uma máquina (ex. conjunto motobomba é superior a 20mm/s peak to peak) o que é importante?

- Sujidade no componente
- Proteção de veio não retirado
- O Nível global de vibração é considerado critico
- Diferenças consideradas significativas critico/alerta para solicitar intervenção de imediato
- Nenhuma das anteriores

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Todas as ferramentas utilizadas no apoio à atividade de vibrações devem ser?

- De cor vermelha
- Resistentes mecanicamente
- Sempre novas
- Isoladas para utilização em atividades da área elétrica
- Nenhuma das anteriores

A análise de vibrações pode ser um meio complementar de diagnóstico a áreas tão diferentes como?

- Limpeza de rolamentos
- Líquidos penetrantes nas fissuras
- Radiografias das folgas
- Ultra sons
- Nenhuma das anteriores

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Na inspeção efetuada a componentes (ex. chumaceiras de apoio) deve retirar-se e/ou desmontar?

- Os componentes
- As fixações
- Os Ventiladores e/ou Extratores
- Proteção na zona das chumaceiras (se necessário e com a máxima atenção aos componentes com rotação - veio, alhetas, etc.)

A medição de vibrações pode ser um meio complementar de diagnóstico a áreas tão diferentes como?

- Saúde
- Civil
- Mecânica
- Eléctrica
- Todas as anteriores

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Na inspeção efetuada a máquinas/equipamentos dinâmicos deve utilizar-se além do medidor de vibrações para apoio a um correto diagnóstico?

- Alicates de pontas curvas
- Chaves de fenda
- Auscultadores, lâmpada estroboscópica
- Tapete isolante

Depois de ter sido identificada uma condição considerada anómala de acordo com os critérios (ex. NGV 50mm/s RMS) deve ser?

- Fechar a porta da sala onde está a máquina
- Utilizar um extintor
- Gritar
- Fugir
- Informar de imediato os respetivos serviços responsáveis pela instalação e que deverá estar a acompanhar a atividade!
- Nenhuma das anteriores

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Perguntas (cont.)

Depois da atividade de recolha de informação/dados, os mesmos deverão ser?

- Arquivados numa USB/PEN Drive
- Num cartão de memória
- Eliminar tudo
- Utilizar uma base de dados/plataforma do tipo "DDS" ou outra suporte e de acordo com o dispositivo de medição usado

Quando observamos/medimos um valor de 2,5mm/s RMS estamos a referir-mo-nos a ?

- Velocidade
- Calor
- Temperatura
- Raios UV
- Emissividade

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Resumo

Juntar o **saber** ao **saber fazer**, constitui um reconhecido apanágio que faz das instituições de ensino, marcos da formação profissional/engenharia em Portugal, com valências (nomeadamente a Vibrometria) em permanente evolução e de acordo com o desenvolvimento da tecnologia/engenharia em termos mundiais.

Os clientes com exigências de **Fiabilidade** assim o exigem e respondem à mesma com correções quase de imediato **diminuindo riscos de paragem** (funcionalidade/operacionalidade) **ou falhas** (danos) salvaguardando-se:

- recursos humanos;
  - bens materiais e;
- vinculando a relação qualidade/serviço prestado.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

Da análise que deve ser efetuada pela ***pessoa que faz a recolha dos dados/respetivos registos (Espectros de frequência - sinais)*** devem ser verificadas as seguintes condições:

- formação (forma de troca de conhecimentos e de reavivar conceitos);
- deveres e obrigações (imposição de entidades certificadoras para renovação periódica);
- imagens (espectros de frequência) que não deverão evidenciar erros de leitura ou tempo de recolha colocando em causa a pessoa que está a tirar/recolher a respetiva informação (quantidade/qualidade).

Neste sentido existem algumas notas que se devem ressaltar aquando dos agendamentos e entrega dos relatórios (permitir tempo de interpretação e análise).

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

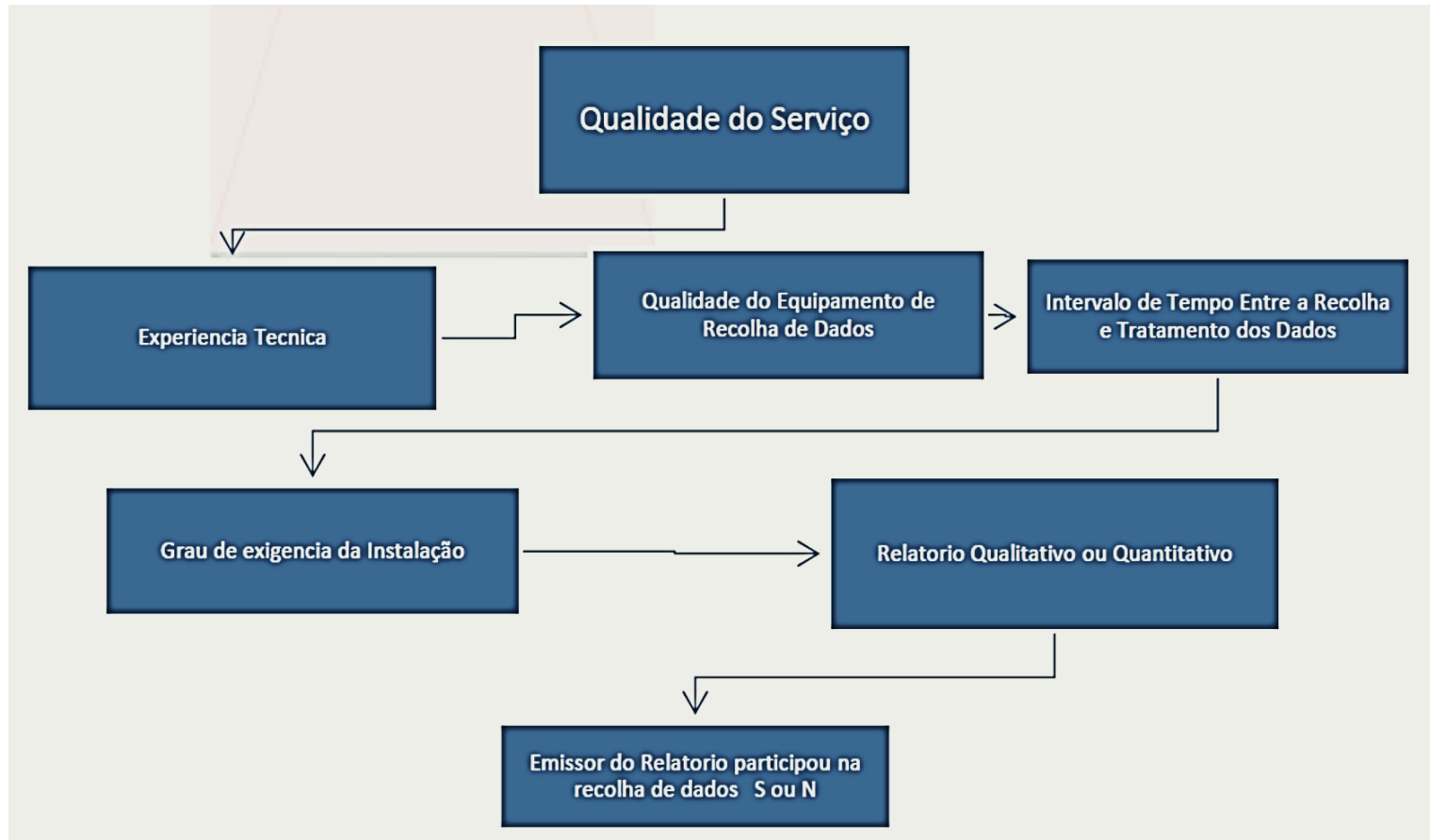
A qualidade do serviço final é sempre fruto do trabalho em equipa é mais incisiva quando o cliente participa no processo e fideliza/vincula o mesmo, já que, vamos solucionar situações tipo ex.:

- Problemas de recolha dos sinais;
- equipamentos (máquinas/órgãos/componentes) com histórico de anomalias;
- recursos humanos do tipo, **pessoa não qualificada**.

## **Conceito de Inspeção Vibrometria**

- verificação condição de funcionamento dos equipamentos;
- conhecimentos técnicos dos vários equipamentos constituição e seu funcionamento;
- inspeção não é sinonimo de fiscalização;
- informar o cliente se os equipamentos estão a cumprir as normativas dos mesmos bem como as regras técnicas Nacionais.
- **O técnico que está a inspecionar deve sugerir uma intervenção se: souber o que faz/procura e se fizer bem!**

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO



Fonte: Manvia - Manuel Fernando Lopes ASNT Level I

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **Análise de casos Anomalias**

Anomalias, conforme Ponto 6 - Critérios de classificação de anomalias

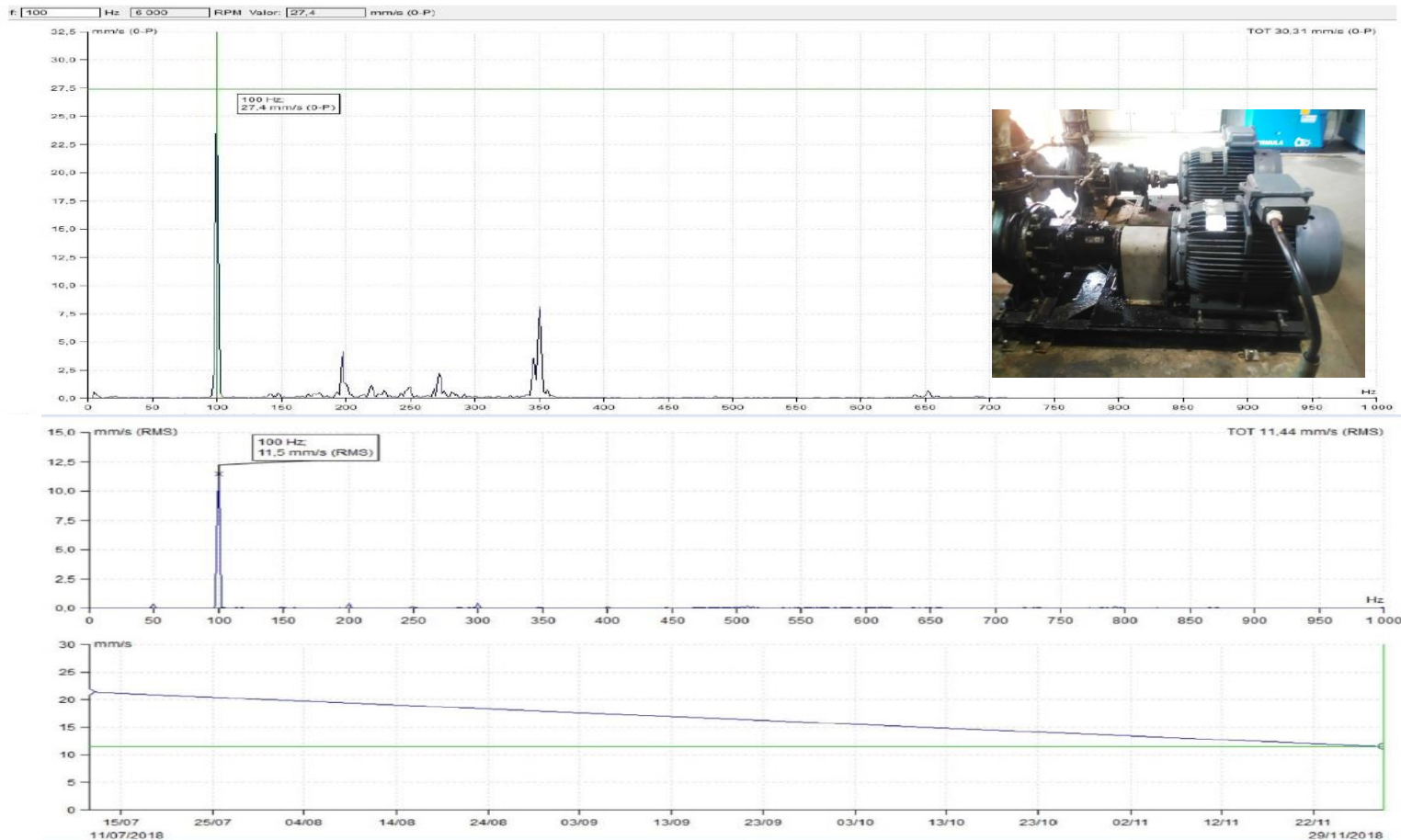
Grupo 3/Tipo de Máquina/Transmissão/Potência/Tipo de Apoio/Fundação

NGV - Nível Global Vibração [mm/s RMS]

(nota: todos os valores são aproximados)

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

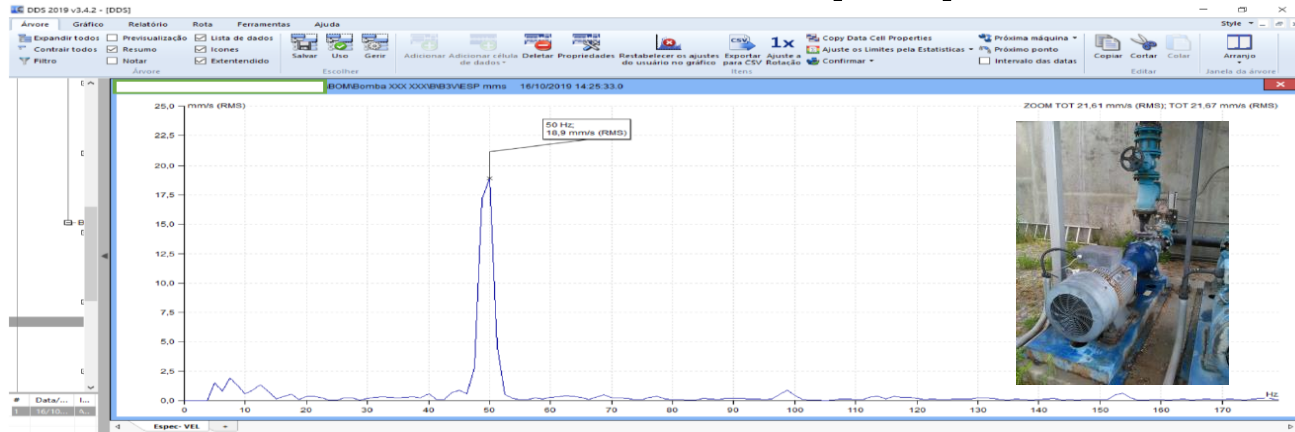
## Análise de caso (1/9)



Espectro de frequências – Indicação de Problema Elétrico – 100Hz

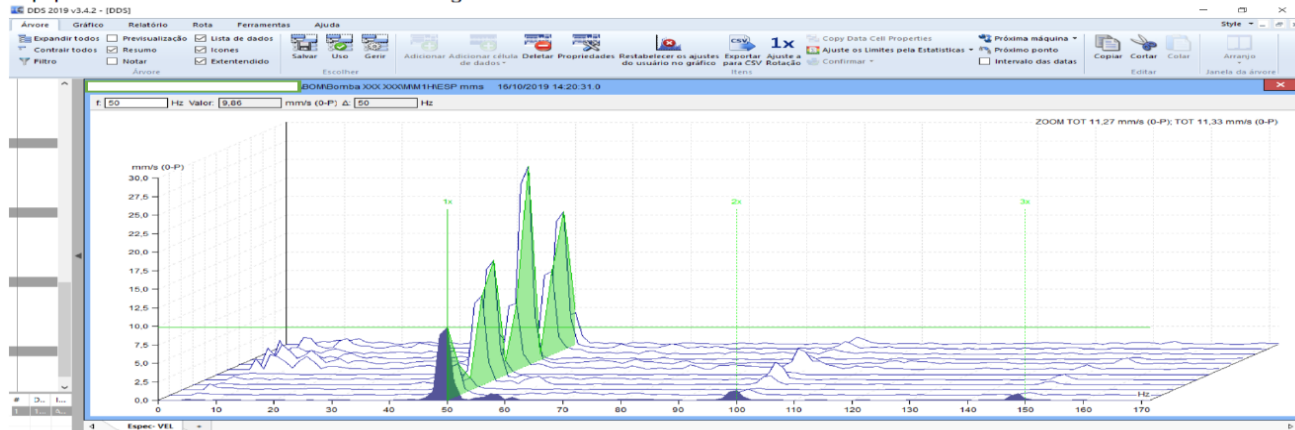
# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (2/9)



Após a análise dos dados verificou-se que a máquina (MotoBomba) está com valores globais de vibração considerados severos. A observação do espectro apresenta a frequência predominante relacionada com a velocidade de rotação (1X rpm), sintoma de que a máquina está desalinhada (visível desalinhamento paralelo). Recomenda-se alinhamento da máquina e posterior análise. A perdurar no tempo esta situação está a degradar significativamente o rolamento da bomba lado do ataque.

Equipamento/Base de dados utilizado no diagnóstico: Adash A4900 Vibrio M/DDS



Espectro de frequências

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (2/9) (cont.)

### Relatório de Alinhamento de Eixos SKF

Nome do relatório: Bomba horizontal B

ID da máquina: 004 po 001B

Instrumento: TKSA-31

Operador: E. C. C. J.

Nº de série: 1

Data: 6-5-2019

Nº de série: 10000000000000000000

Alinhamento prévio: ---

Temperatura da Unidade Medição: 24.1°C

Comentários: Medicoes ficaram dentro dos parametros admitidos OT  
5240-101-1551 6\*0.10 4\*0.70 7\*0.20 2\*0.25 4\*1.00



Notas:

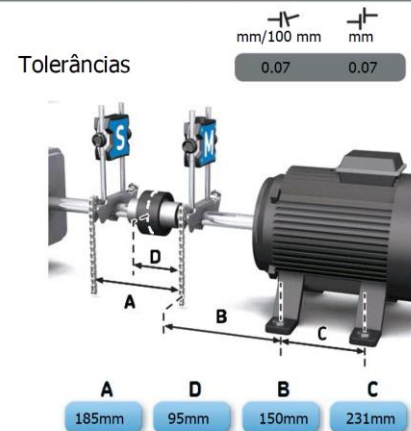
Verificação do alinhamento

Atividade predominantemente estática  
(sem rotações)

Medição de vibrações

Atividade dinâmica  
(com rotações)

### Distâncias



### Resultados do alinhamento

Horizontal: Vista superior

Conforme encontrado

Conforme corrigido



0.42 mm/100 mm	×
0.33 mm	×

0.03 mm/100 mm	✓
-0.03 mm	✓

Vertical: Vista lateral

Conforme encontrado

Conforme corrigido



-1.63 mm/100 mm	×
-1.13 mm	×

0.00 mm/100 mm	✓
-0.03 mm	✓

Assinatura

Data:

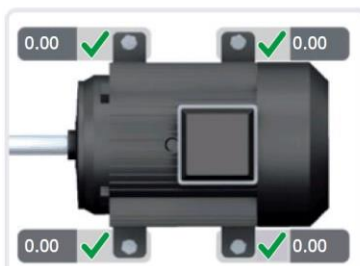
Folga tolerada: Sim

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

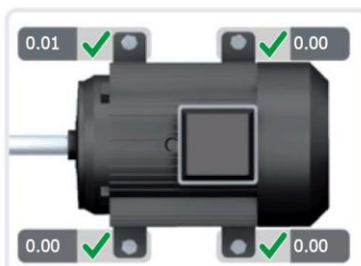
## Análise de caso (2/9) (cont.)

### Pé manco

Pé manco verificado: Sim  
Conforme encontrado



Pé manco corrigido: Sim  
Conforme corrigido

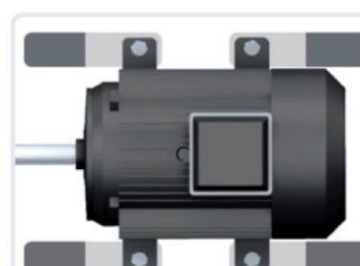


### Pé manco

Pé manco verificado: Sim  
Conforme encontrado



Pé manco corrigido: Não  
Conforme corrigido



### Pé manco

Pé manco verificado: Sim  
Conforme encontrado



Pé manco corrigido: Sim  
Conforme corrigido



### Pé manco

Pé manco verificado: Sim  
Conforme encontrado

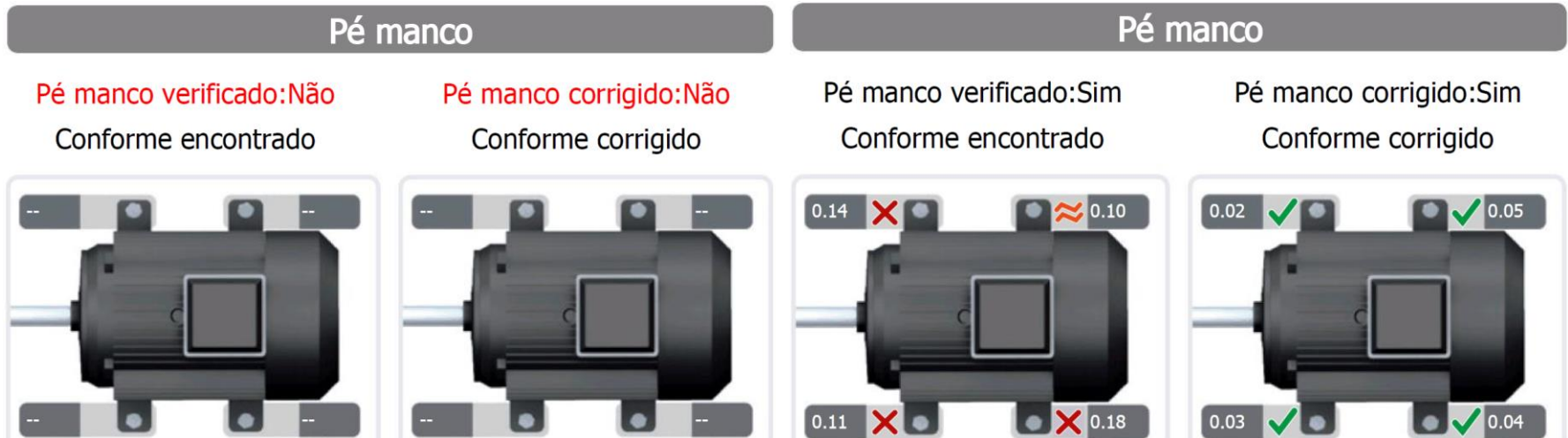


Pé manco corrigido: Sim  
Conforme corrigido



# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (2/9) (cont.)



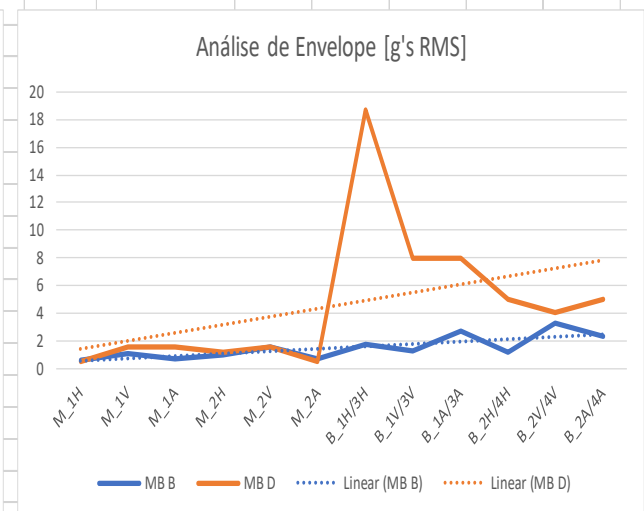
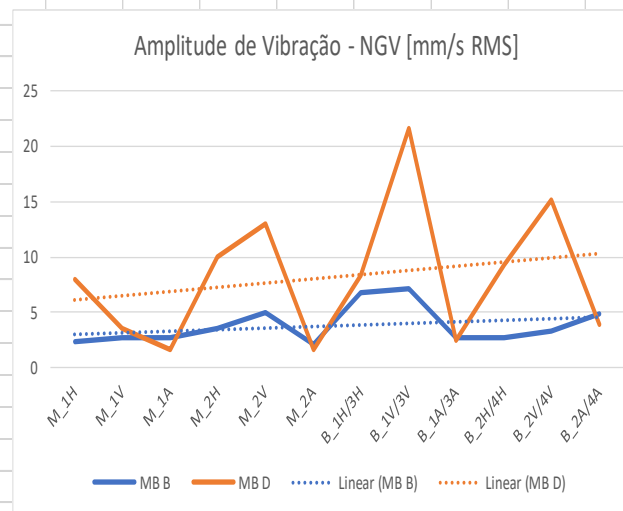
Proposta de melhoria para este tipo de relatório (terminologia, informação e dados):

- Descritivo de falha: Pé manco vs “Pata coxa” (mais comum - ponto 3 **Definições** - “2 vs 4”);
- Controlo sobre a: actividade vs tarefa (execução);
- Informação inicial: situação encontrada vs dados inseridos.

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (2/9) (cont.)

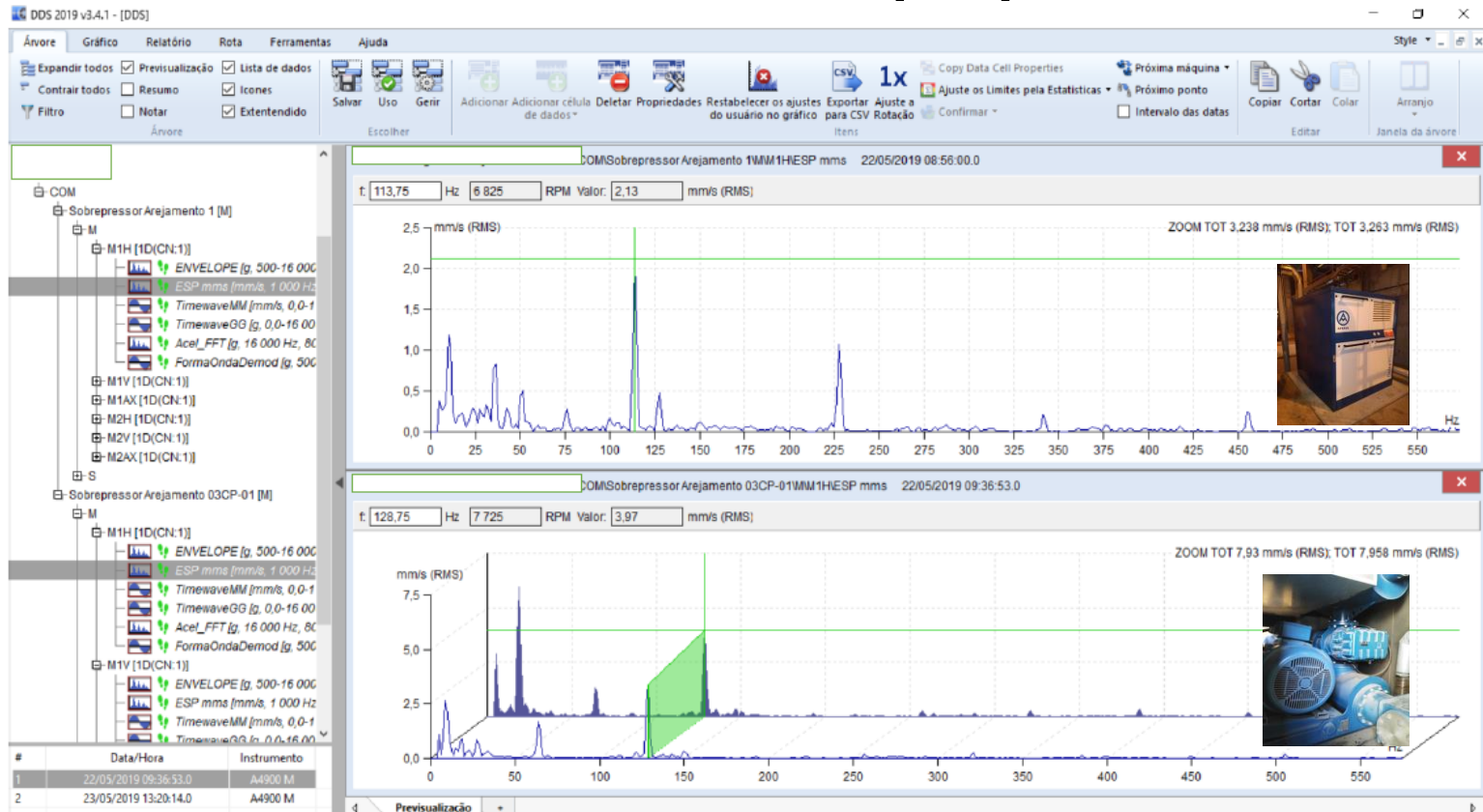
	2019					
	MotoBomba 004 PO 001					
	B	D		B	D	
	mm/s RMS			g's RMS		
M_1H	2,3	8		0,6	0,5	
M_1V	2,7	3,5		1,1	1,5	
M_1A	2,7	1,7		0,7	1,5	
M_2H	3,6	10		1	1,2	
M_2V	5	13		1,5	1,5	
M_2A	2,1	1,7		0,7	0,5	
B_1H/3H	6,8	8,4		1,7	18,7	
B_1V/3V	7,2	21,7		1,3	8	
B_1A/3A	2,7	2,5		2,7	8	
B_2H/4H	2,7	9,3		1,2	5	
B_2V/4V	3,3	15,2		3,3	4	
B_2A/4A	4,9	3,9		2,3	5	



Níveis Globais de Vibração [mm/s e g's RMS]

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

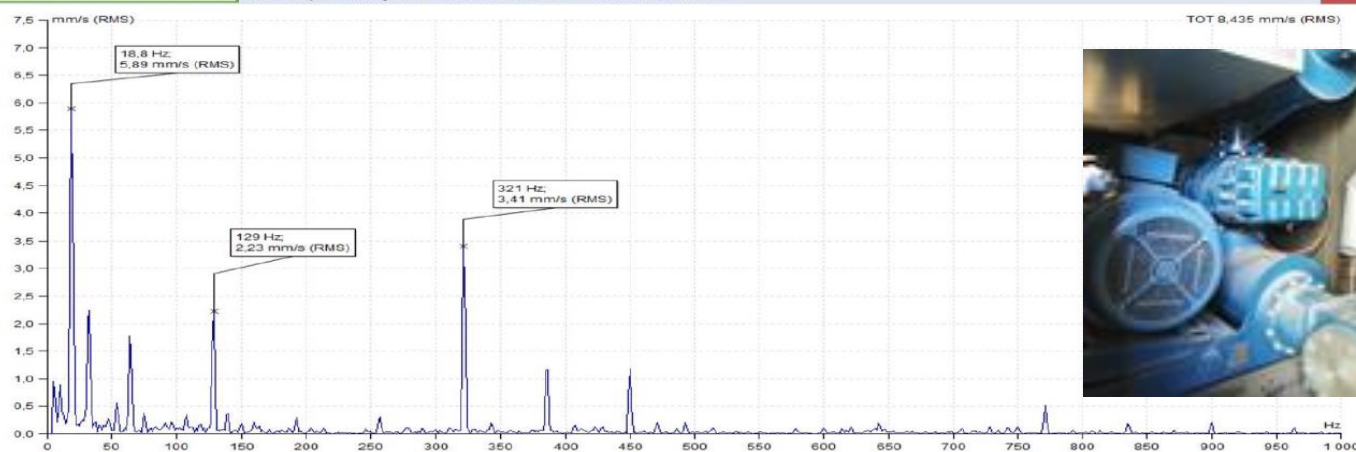
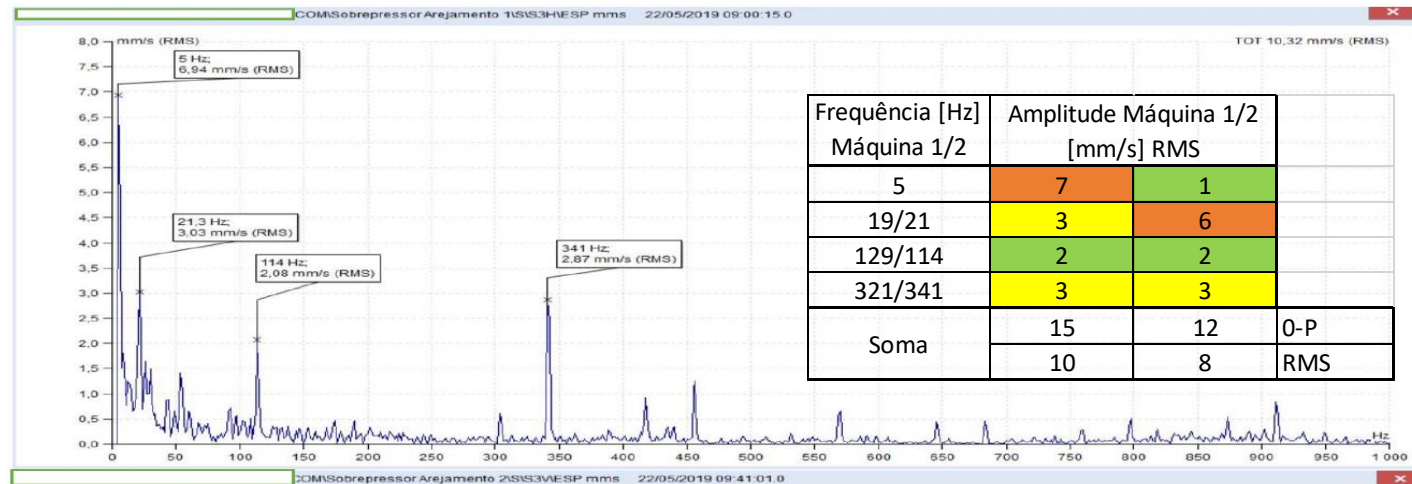
## Análise de caso (3/9)



Espectro de frequências – Indicação de velocidade crítica - Ressonância

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

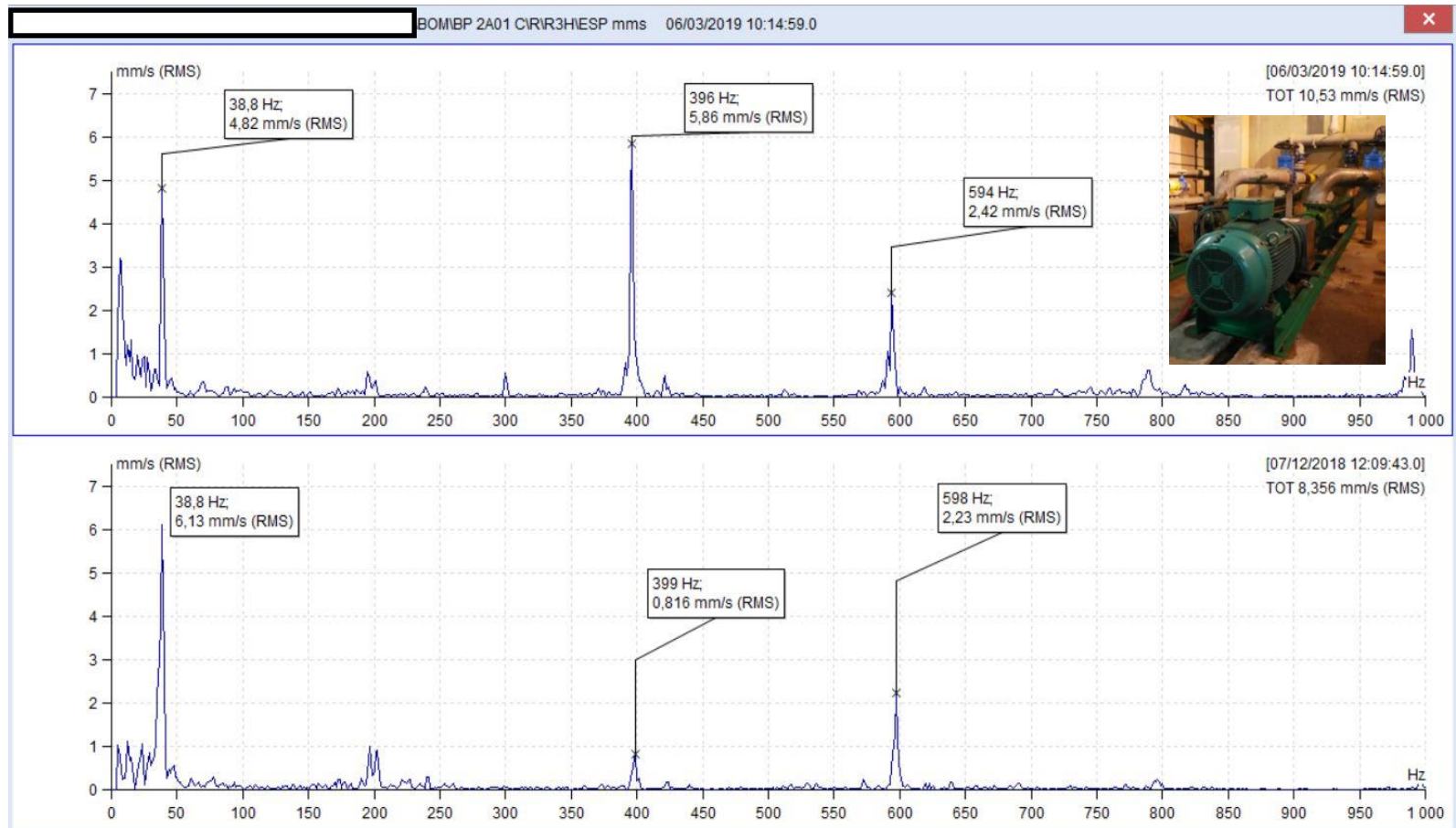
## Análise de caso (3/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (4/9)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS] – Estrutura/apoios

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

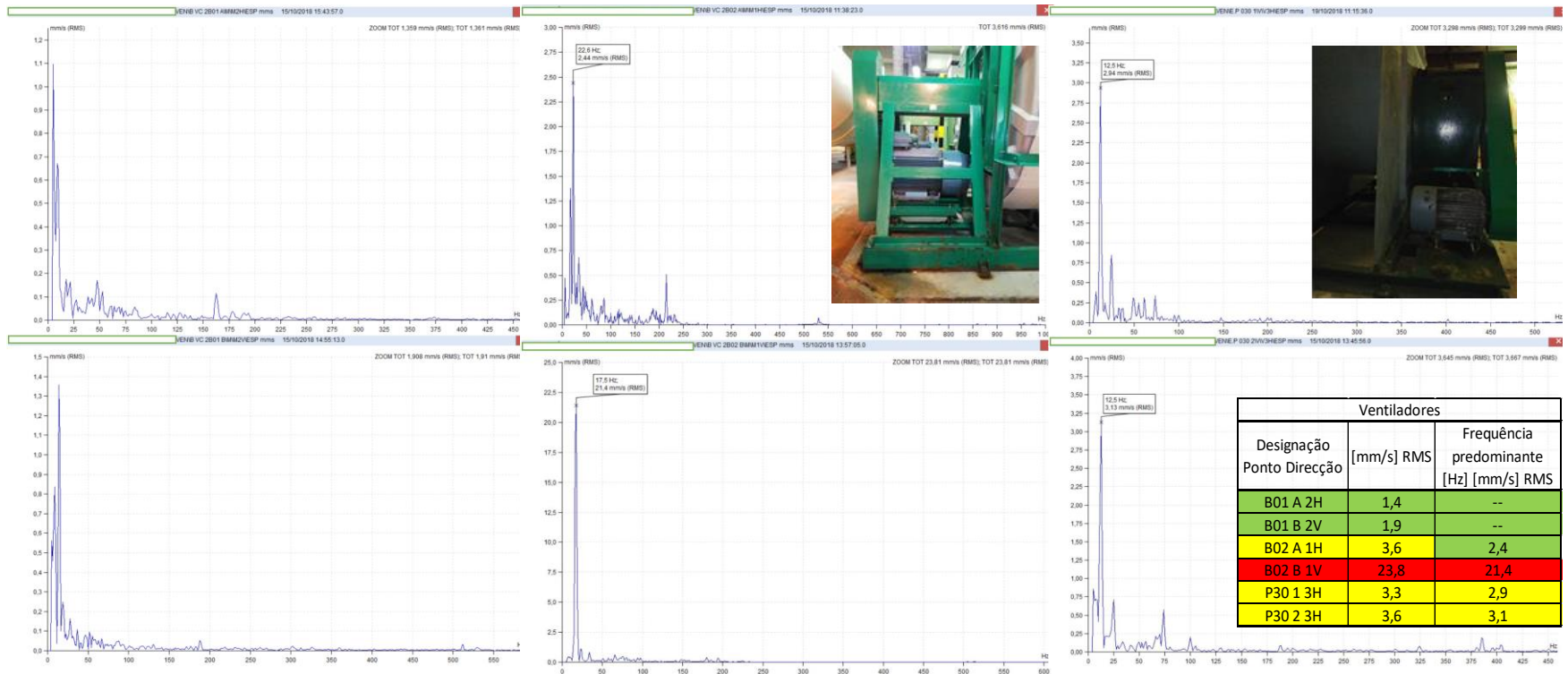
## Análise de caso (4/9) (cont.)



Estrutura apoios (desaperto/sem rosca - gripado/montagem – sem anilhas)

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (5/9)

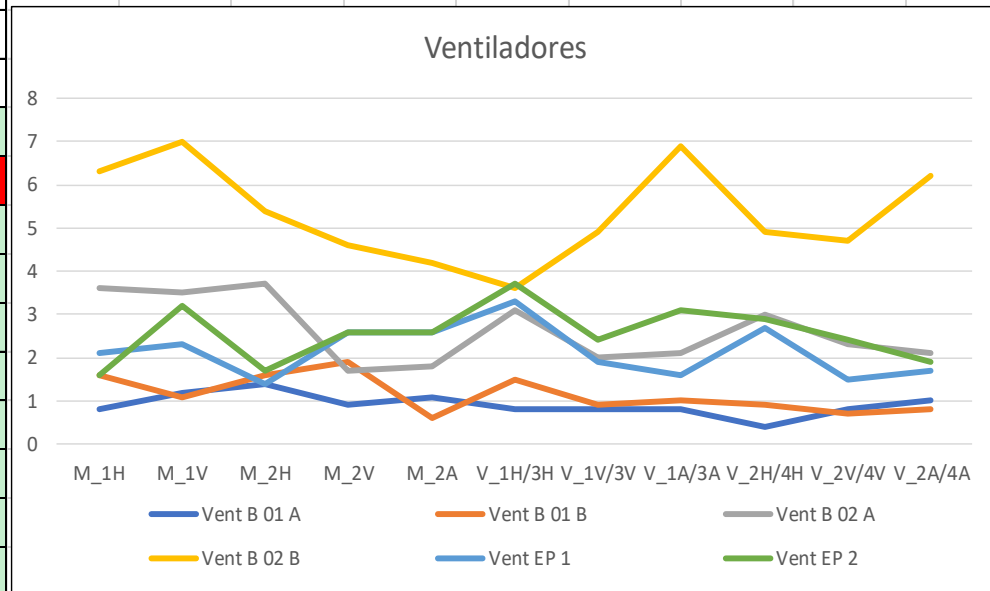


Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS] – Dano ou erro humano???

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (5/9) (cont.)

	Ventiladores						
	B01		B02		EP		
	A	B	A	B	1	2	
M_1H	0,8	1,6	3,6	6,3	2,1	1,6	
M_1V	1,2	1,1	3,5	7	2,3	3,2	23,8
M_2H	1,4	1,6	3,7	5,4	1,4	1,7	
M_2V	0,9	1,9	1,7	4,6	2,6	2,6	
M_2A	1,1	0,6	1,8	4,2	2,6	2,6	
V_1H/3H	0,8	1,5	3,1	3,6	3,3	3,7	
V_1V/3V	0,8	0,9	2	4,9	1,9	2,4	
V_1A/3A	0,8	1	2,1	6,9	1,6	3,1	
V_2H/4H	0,4	0,9	3	4,9	2,7	2,9	
V_2V/4V	0,8	0,7	2,3	4,7	1,5	2,4	
V_2A/4A	1	0,8	2,1	6,2	1,7	1,9	
Grau de equilibragem 3/4 G6							



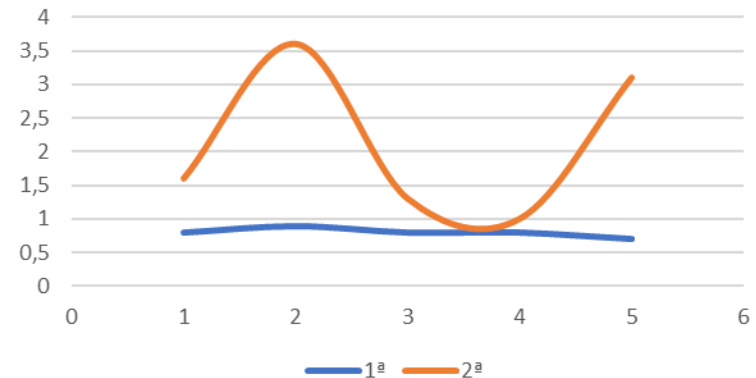
Níveis Globais de Vibração mm/s RMS – qualidade do dado

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (6/9)



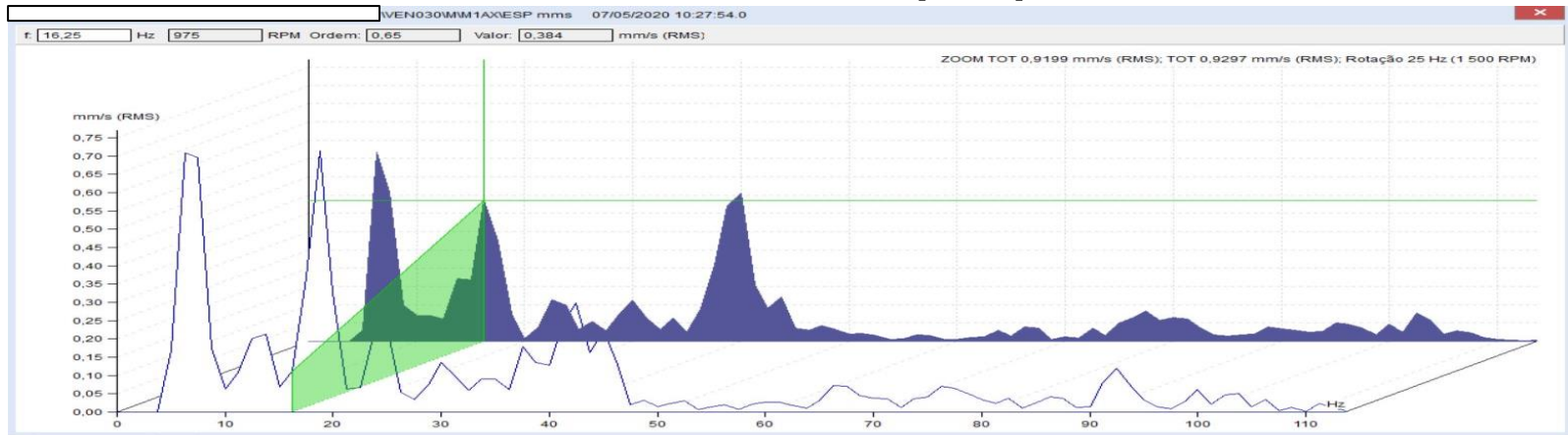
Ventilador	1ª	2ª
M_1H	0,8	1,6
M_1V	0,9	3,6
M_1A	0,8	1,3
M_2H	0,8	1
M_2V	0,7	3,1



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (6/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS] – Velocidade de rotação

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (6/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS] – Frequências Naturais

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

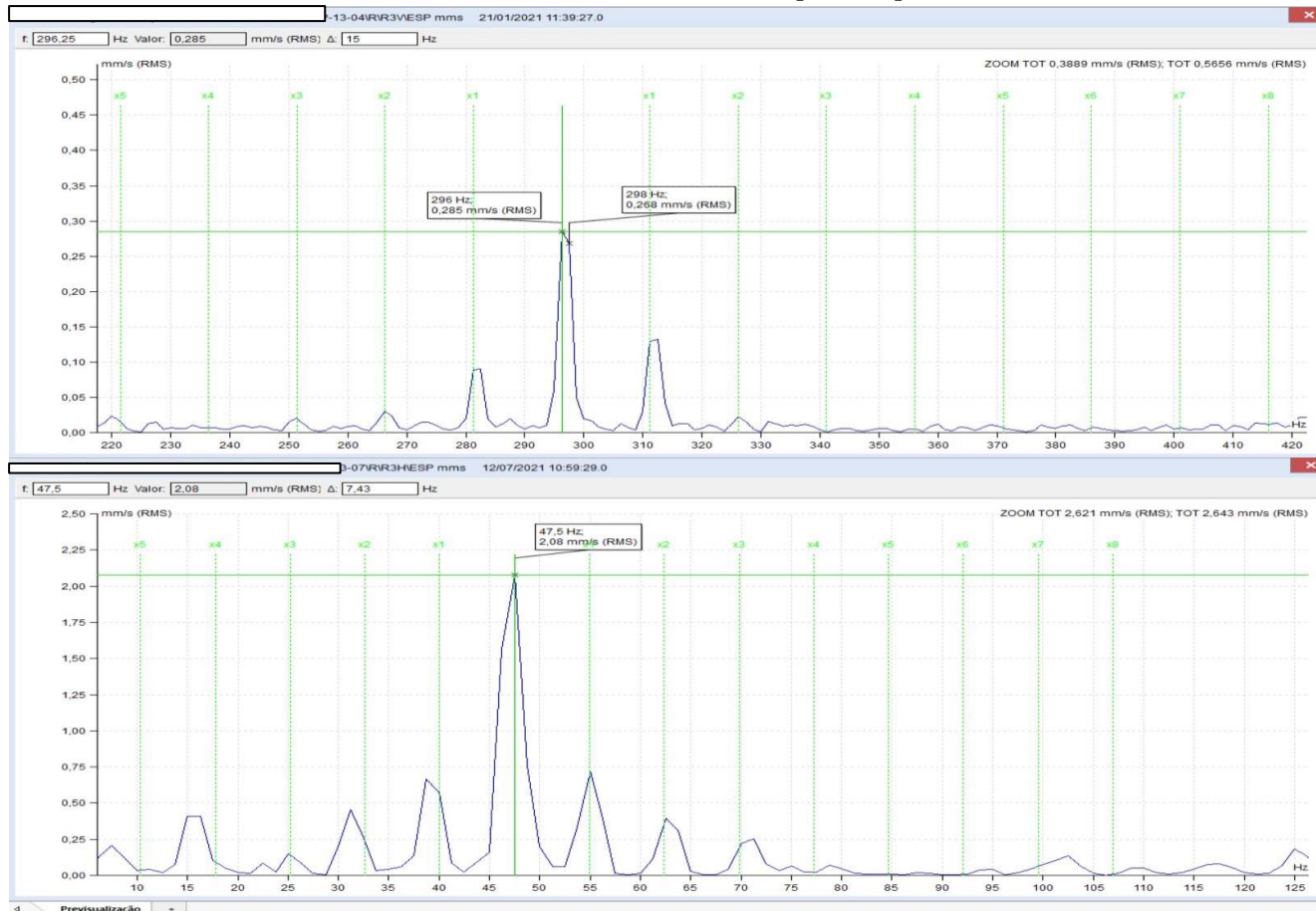
## Análise de caso (6/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS] - Harmônicas

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

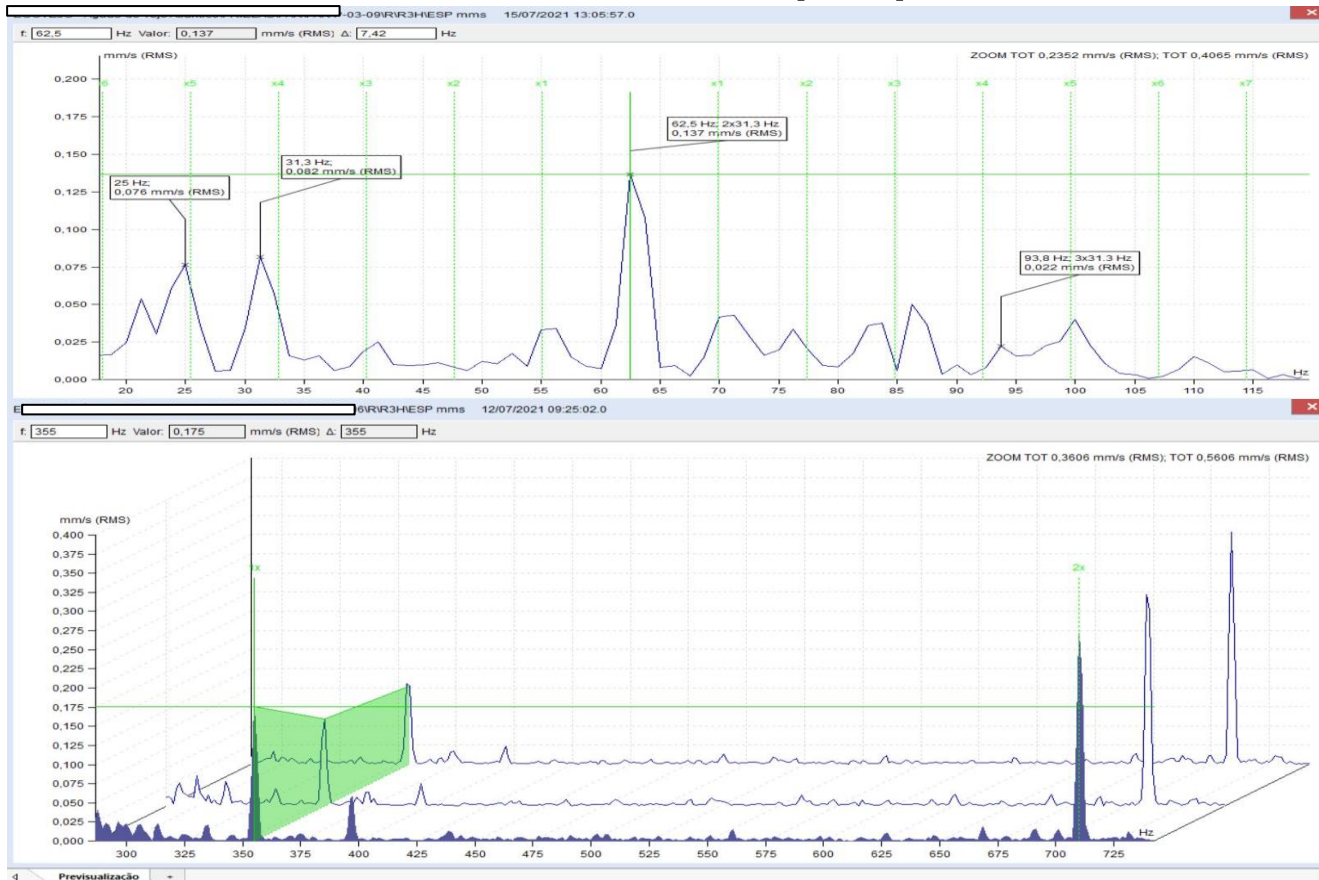
## Análise de caso (7/9)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]  
Bandas Laterais - Caixa Redutora

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

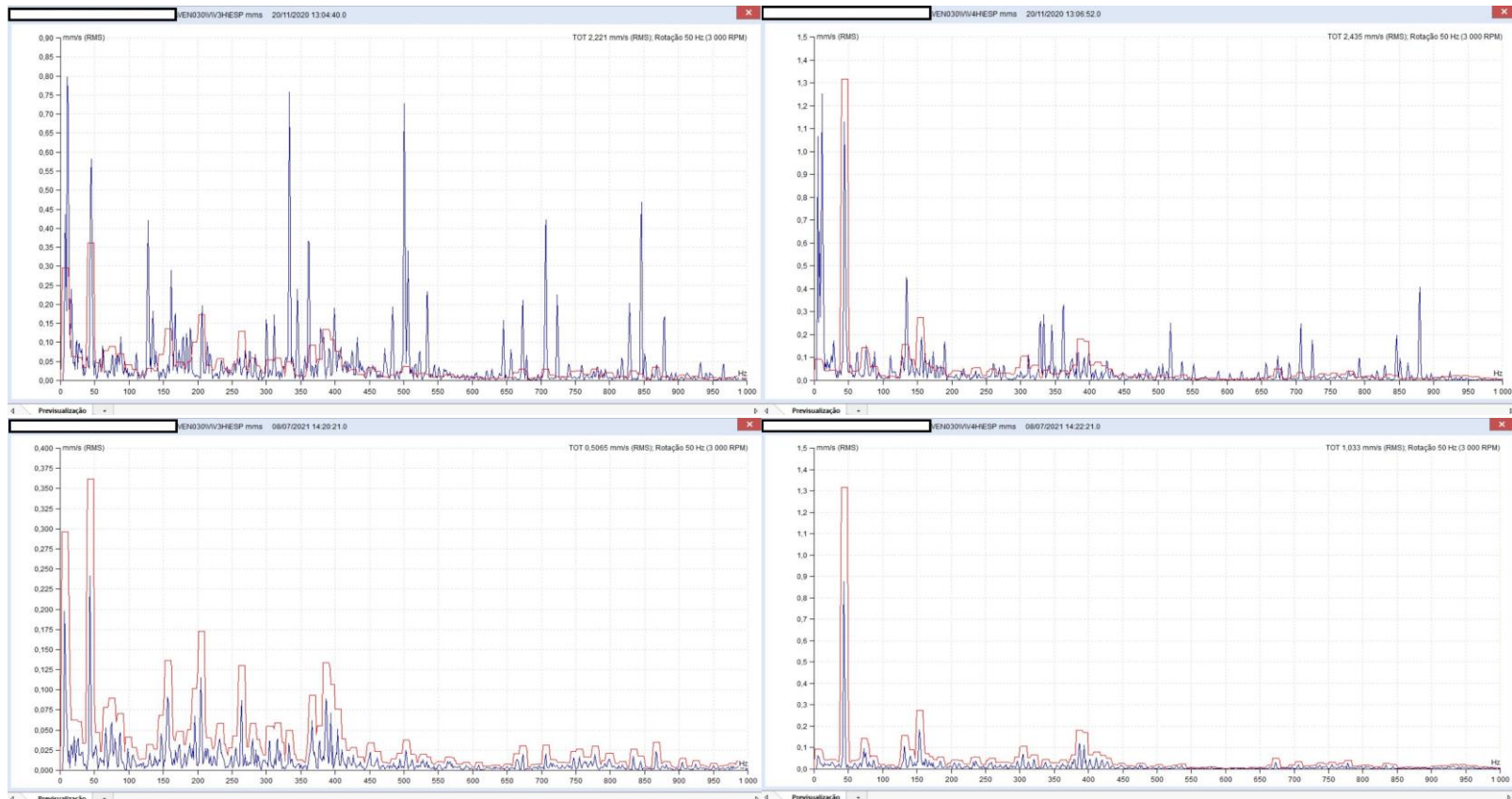
## Análise de caso (7/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]  
Harmônicas e Bandas Laterais – Caixa Redutora

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (8/9)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]  
Rolamentos - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Ruído [g'sE RMS Envelope]  
Rolamentos - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]  
Correias - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]

Alinhamento de Polias - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

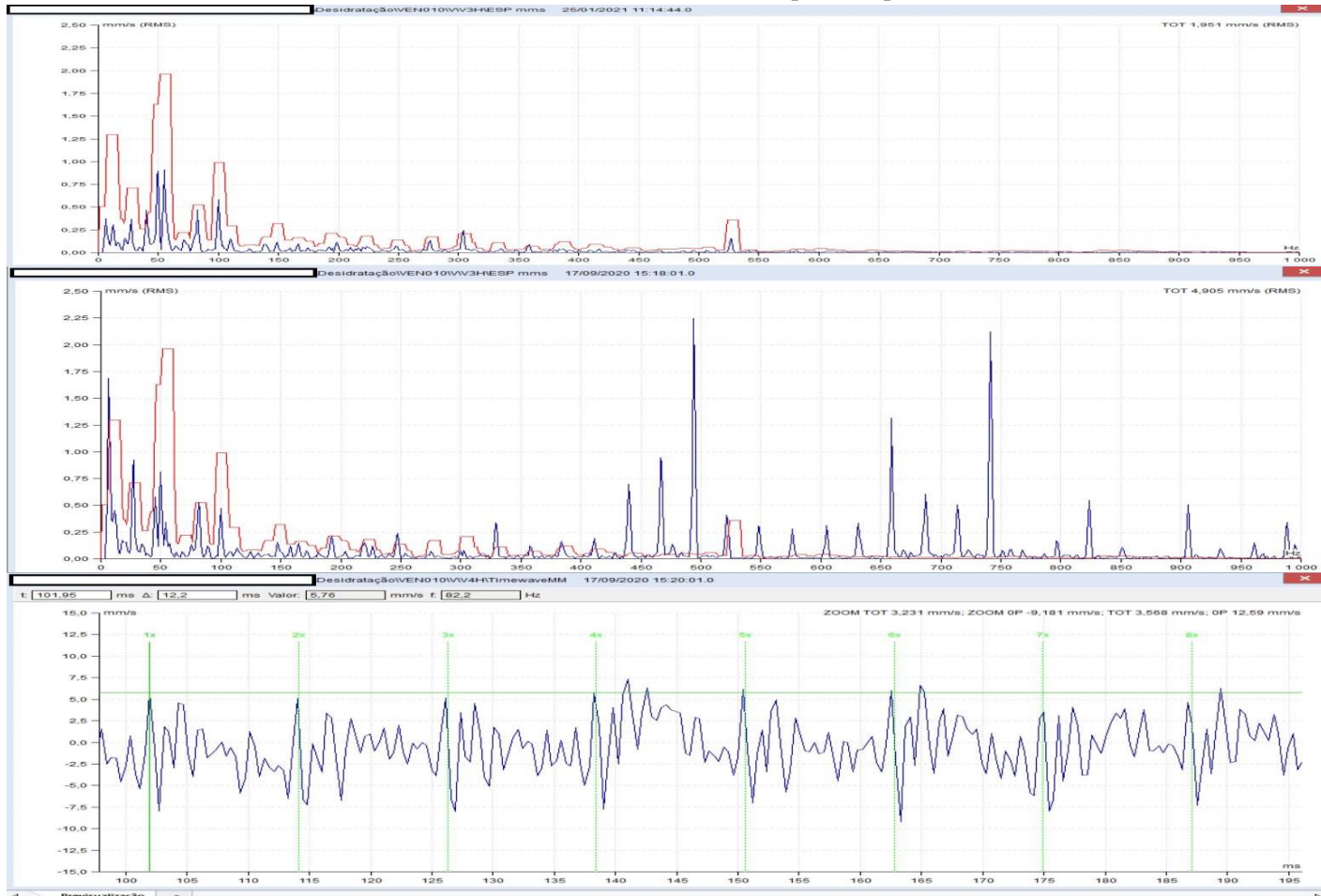
## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Ruído [g'sE RMS Envelope]  
Rolamentos - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

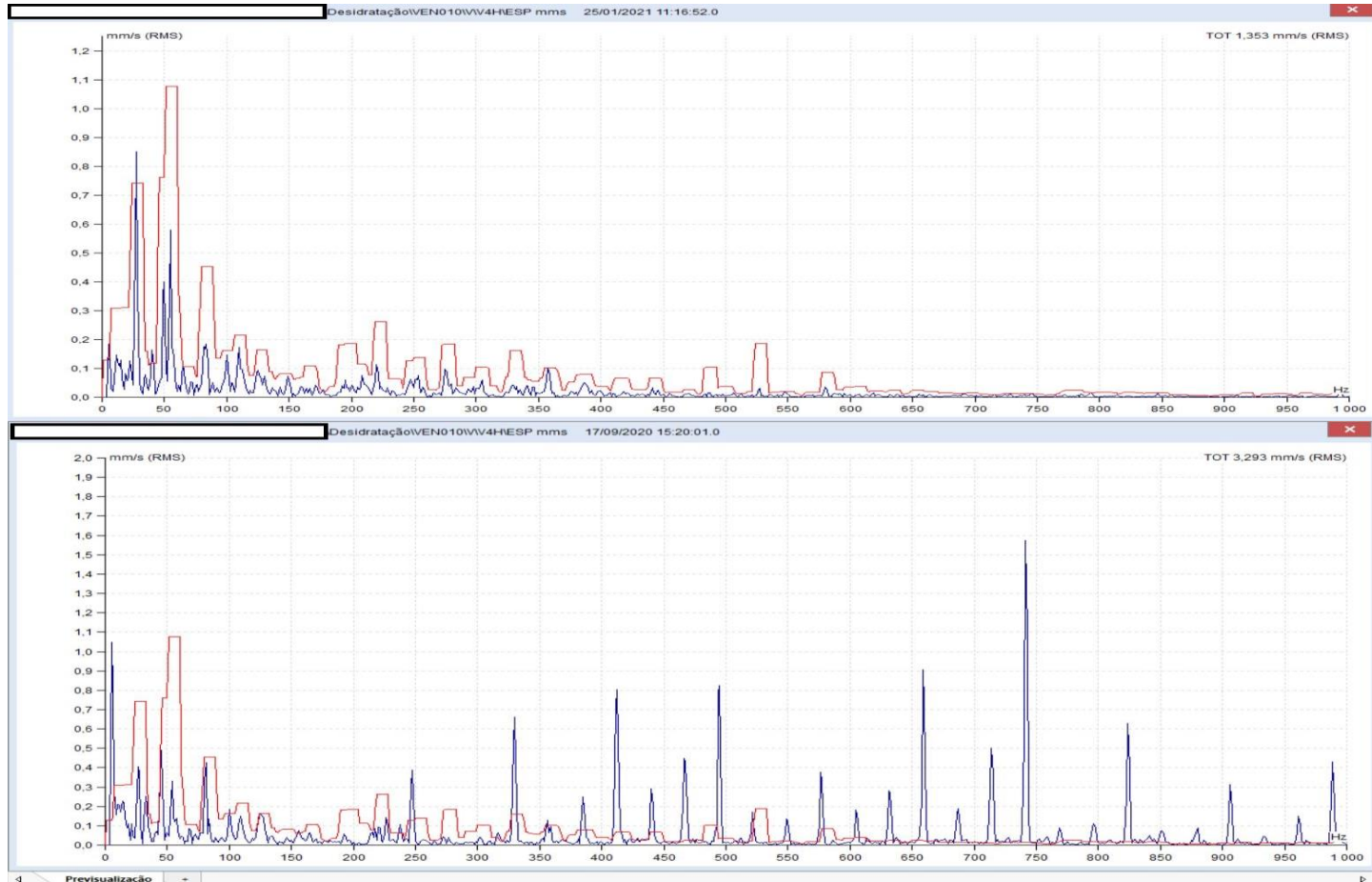
## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]  
Alinhamento de Polias - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [mm/s RMS]  
Alinhamento de Polias - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

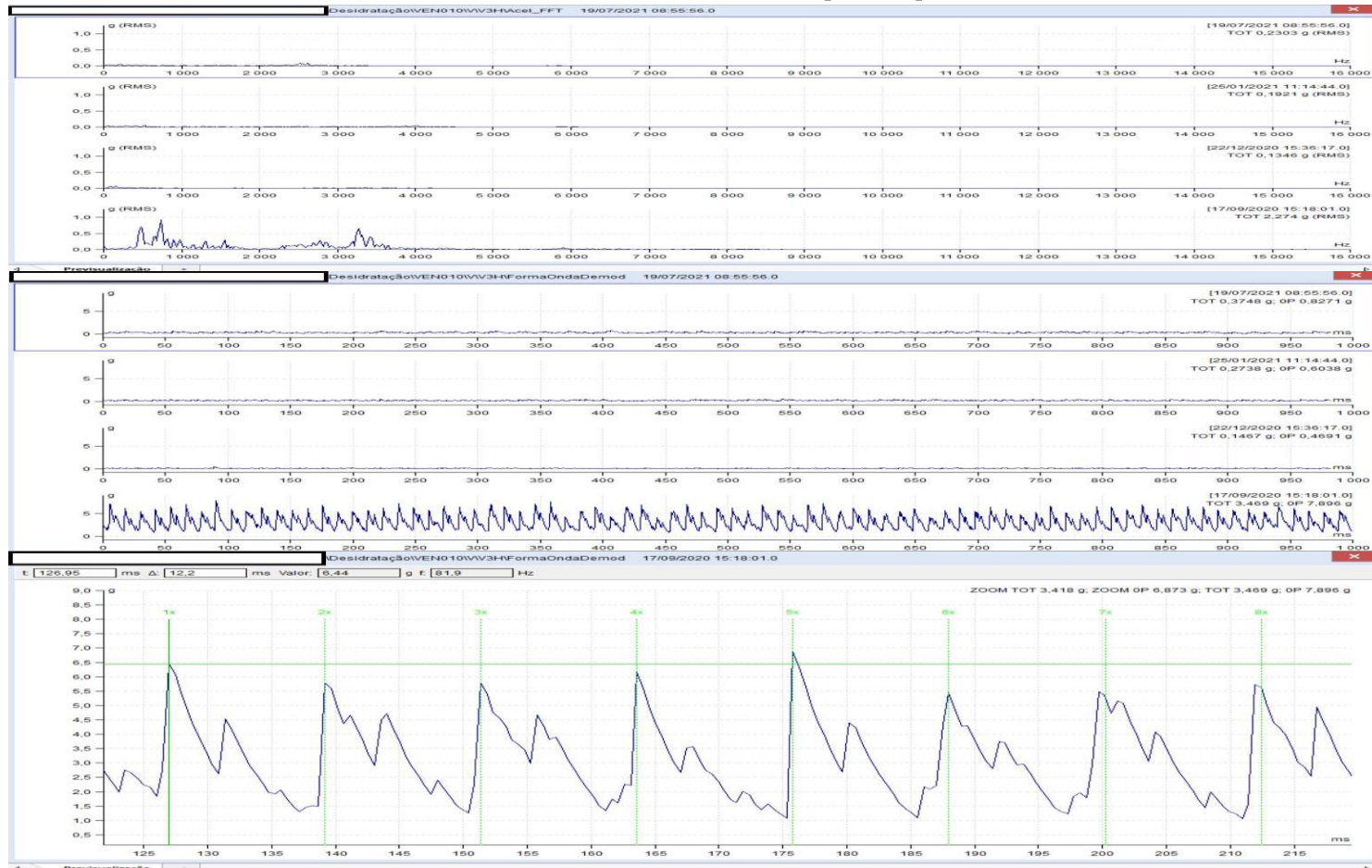
## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Ruído [g'sE RMS Envelope]  
Rolamentos - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

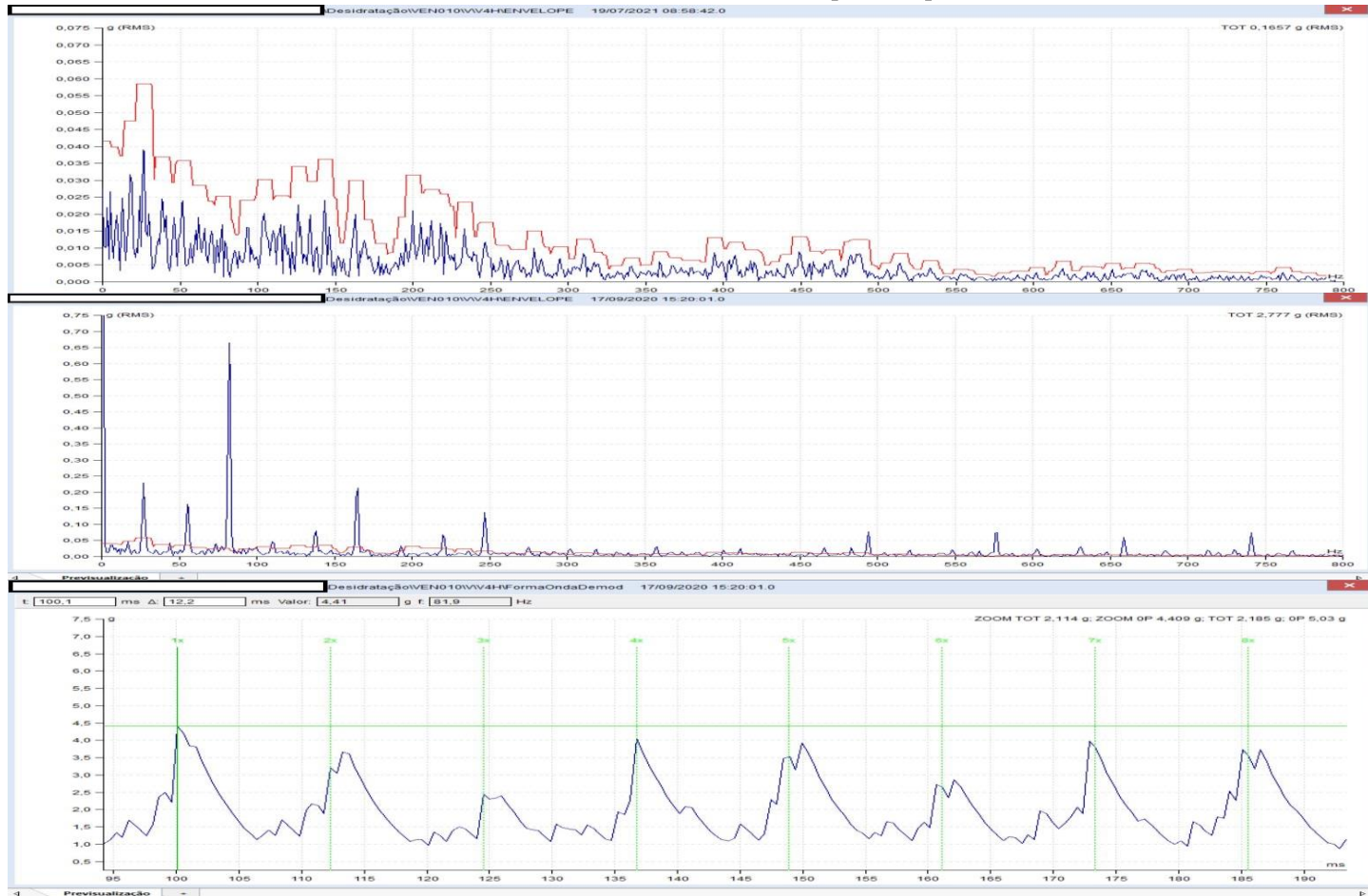
## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Ruído [g'sE RMS Envelope]  
Rolamentos - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

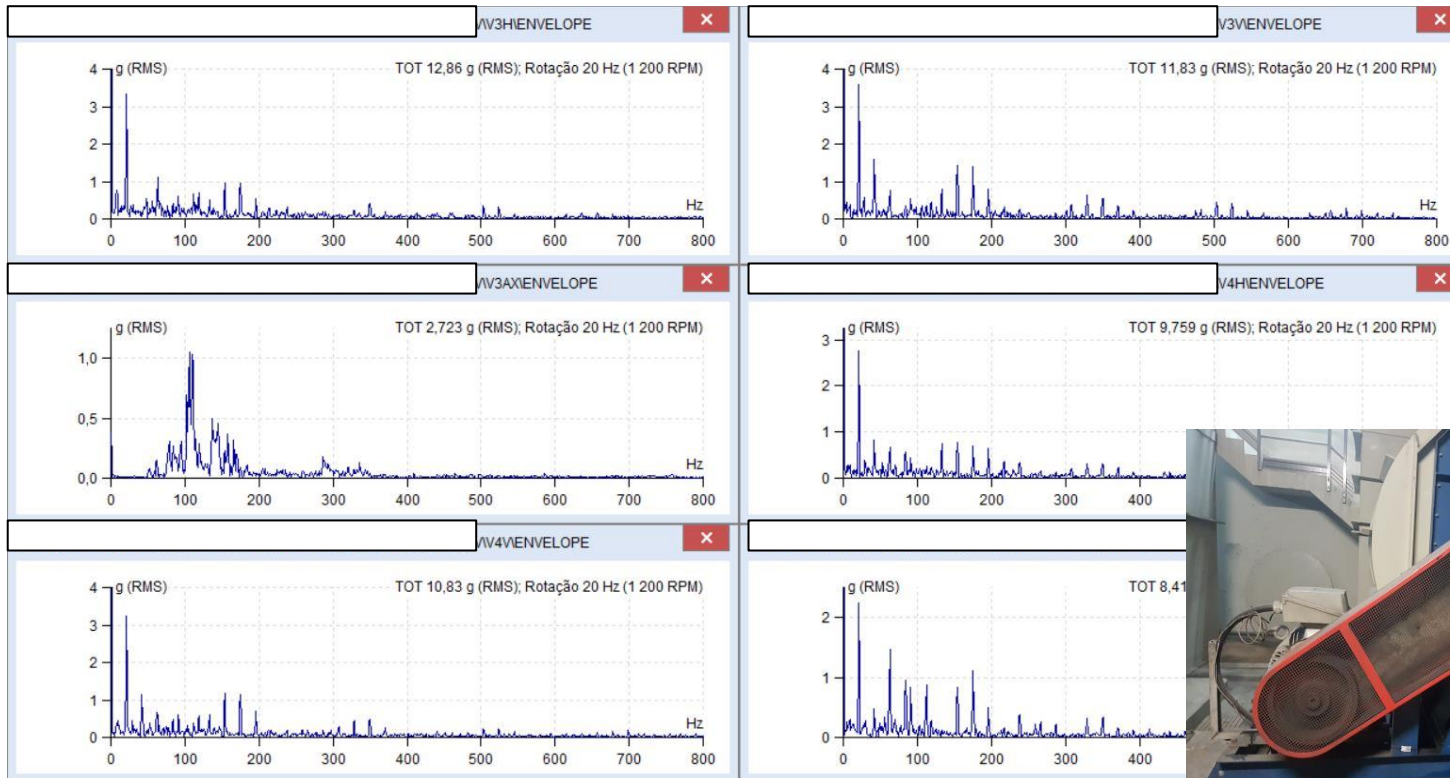
## Análise de caso (8/9) (cont.)



Níveis Globais de Ruído [g'sE RMS Envelope]  
Rolamentos - Máscara de Referência – Antes e Depois

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (9/9)



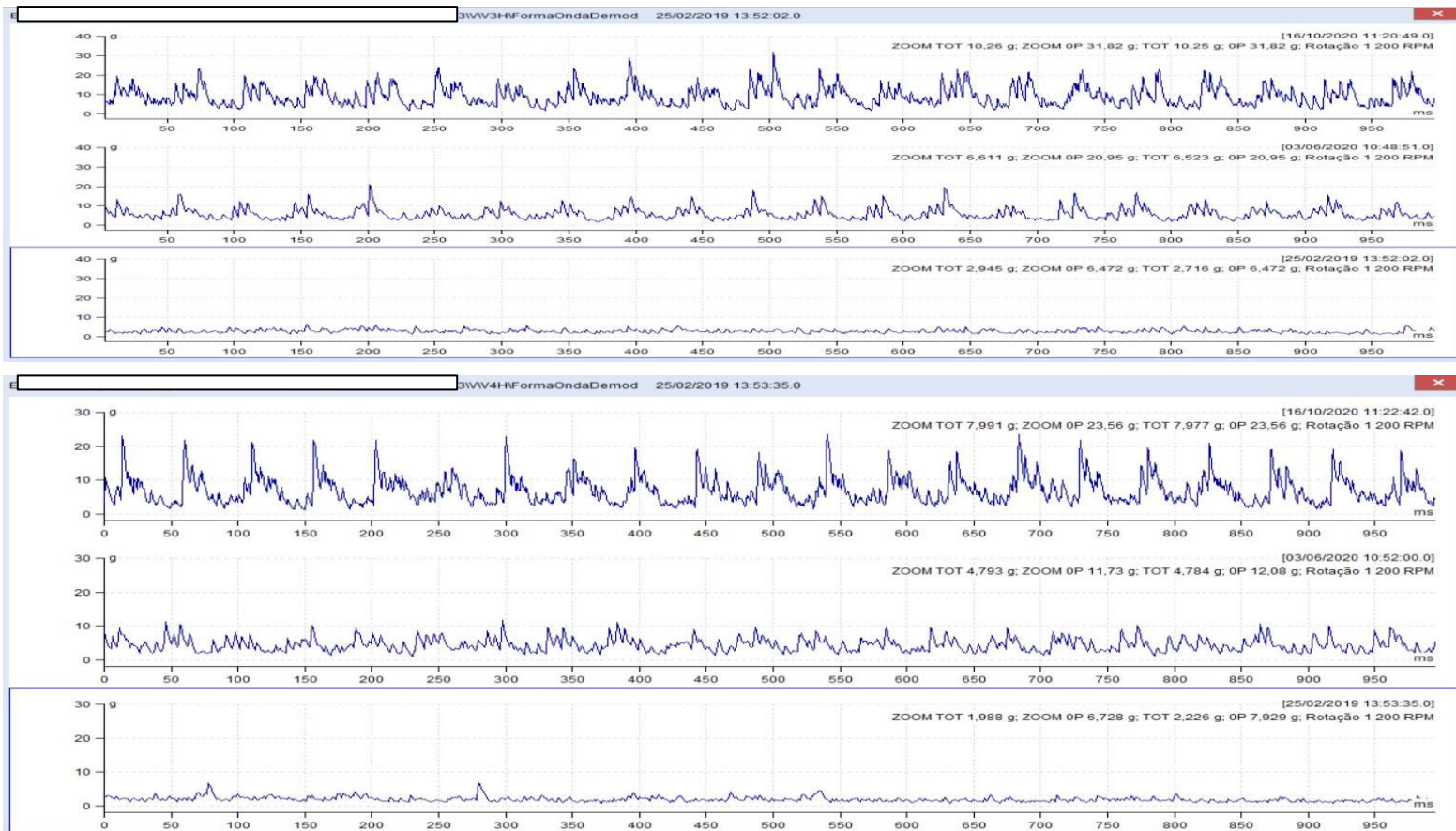
Ventilador	
g's rms	
V_3H	12,8
V_3V	11,8
V_3A	2,7
V_4H	9,8
V_4V	10,8
V_4A	8,4



Níveis Globais de Vibração [g's Envelope RMS]  
 Erro na recolha de sinal

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

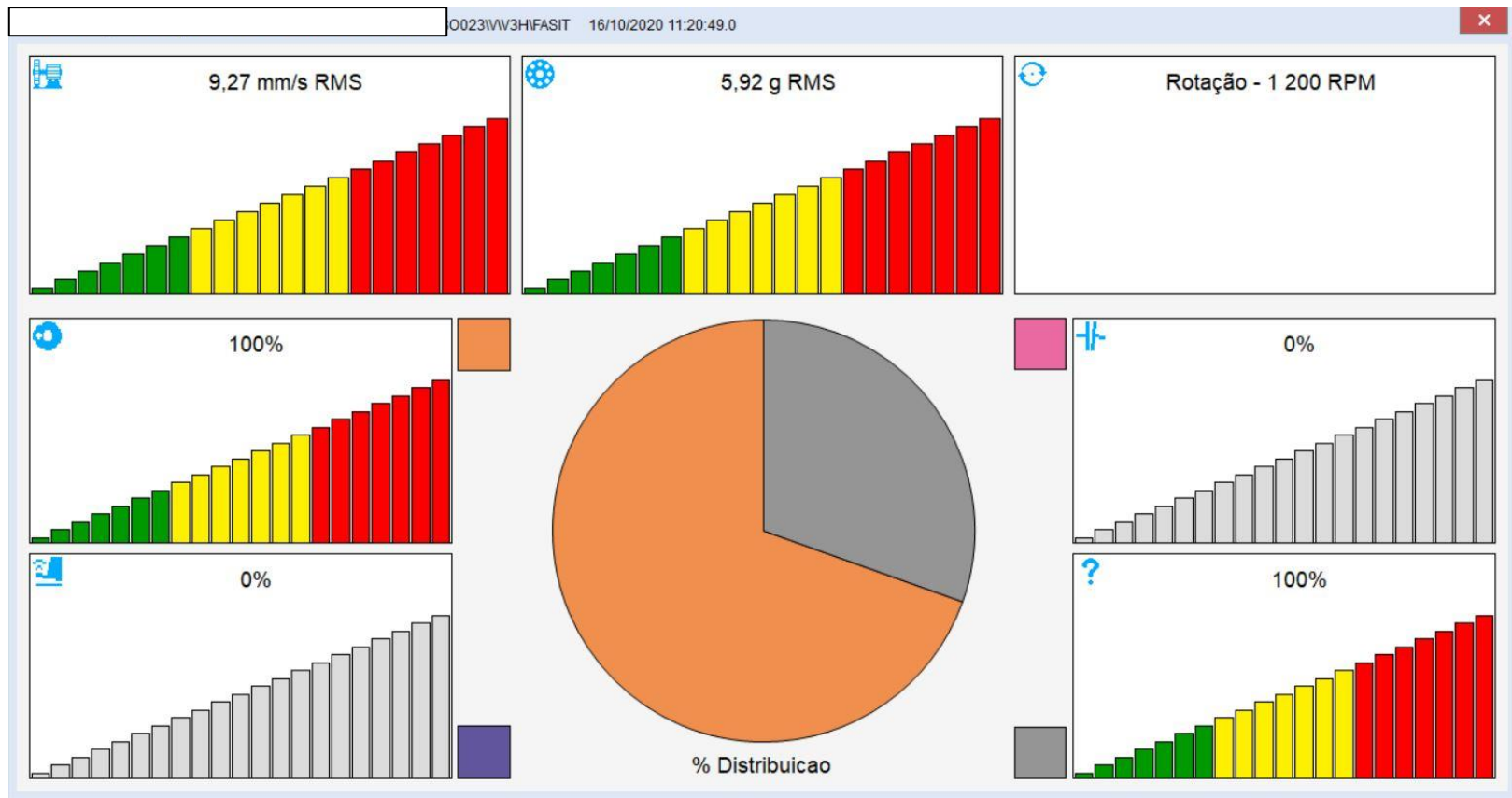
## Análise de caso (9/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [g's RMS] – Rolamentos pontos 3 e 4

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

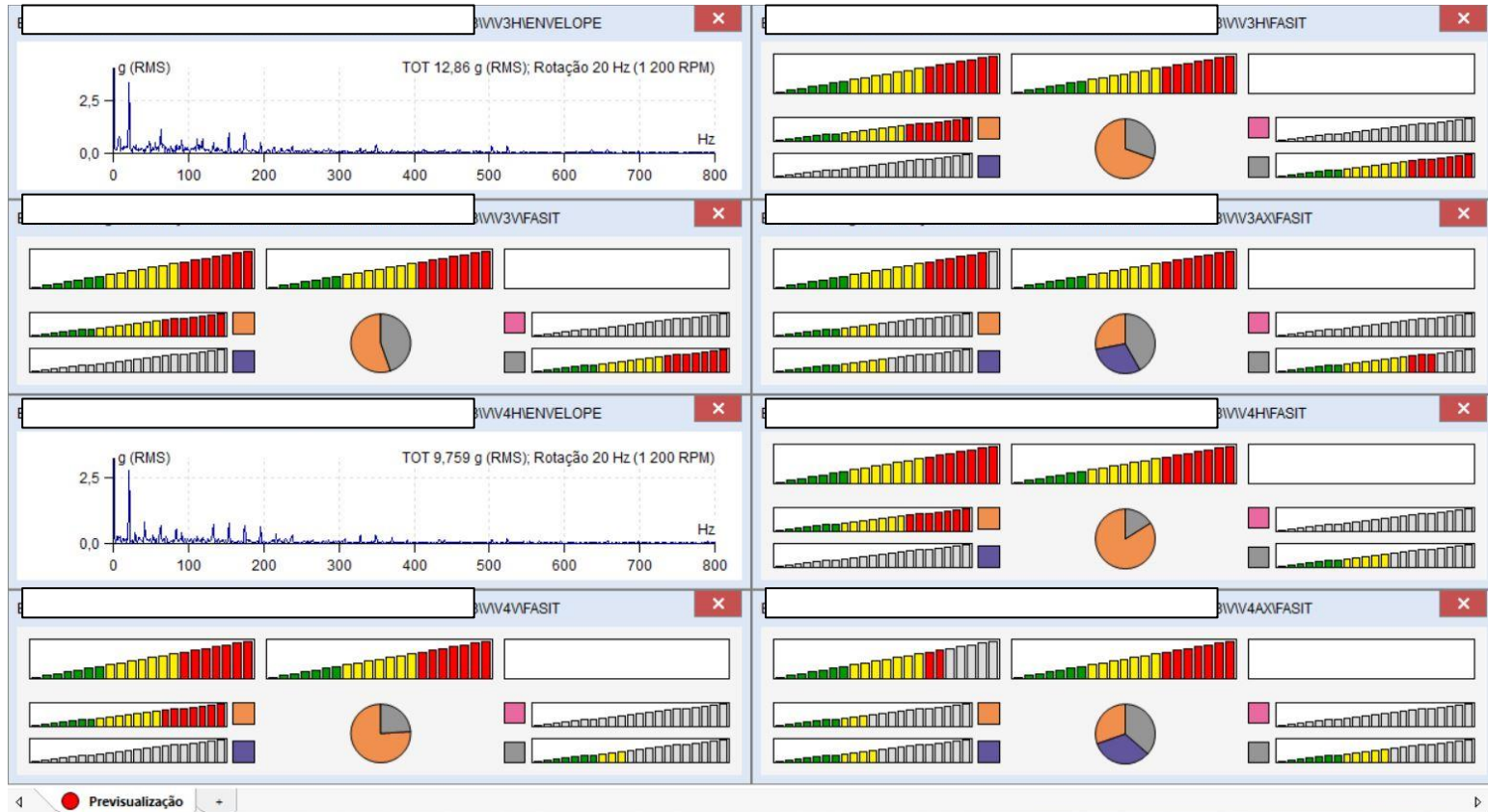
## Análise de caso (9/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [g's RMS] – FASIT (IA)

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Análise de caso (9/9) (cont.)



Níveis Globais de Vibração [g's RMS] – FASIT (IA)

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **Anexos**

## DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

Fig. 1

Fig. 2

## VIBRAÇÕES

**Data da inspeção:** XX/XX/XXXX

Ordem Trabalho nº: XXXX

Elaborado por:	Verificado por:
XXXXXX	XXXXXX

Fig. 3

Fig. 2 – ModXX\_LST Listagem de Máquinas/Equipamentos Dinâmicos onde foram detetadas anomalias

Fig. 3 – ModXX\_Relatório Vibrações

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **Questionário de avaliação da unidade**

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## Questionário de avaliação da unidade

Reserve alguns minutos para concluir a seguinte avaliação da unidade.

A sua resposta permitirá ajudar a melhorar esta unidade para futuros utilizadores.

Assinale a categoria profissional onde se enquadra:

- Engenheiro / Técnico – Manutenção / Produção

Marque o número que melhor descreva a sua resposta.

A instrução foi apresentada de forma organizada e com lógica.	1	2	3	4	5
As atividades práticas foram úteis para compreensão dos tópicos.	1	2	3	4	5
Cada passo da instrução foi fácil de seguir.	1	2	3	4	5
Conseguiu acompanhar cada tarefa com sucesso.	1	2	3	4	5
Os diapositivos foram apresentados de forma clara e esclaredores (informações).	1	2	3	4	5
Com esta unidade de treinamento, sinto-me capaz para desempenhar a atividade de Vibrometria.	1	2	3	4	5
Como resultado, sinto que posso participar na elaboração de um relatório (levantamento/detecção/identificação/classificação da anomalia/análise e recomendações).	1	2	3	4	5
Recomendaria esta unidade de instrução a outras pessoas.	1	2	3	4	5

Por favor, complete as seguintes perguntas:

O que mudaria nesta unidade de instrução?

O que gostou nesta unidade de instrução?

**Obrigado por dedicar algum tempo para participar nesta avaliação!**

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

## **Documentos complementares**



Registo de Anomalias									
Local:									
Quadro Elétrico	Ano				Ano				Observações
	1º sem		2º sem		1º sem		2º sem		
	Anomalia	Relatório	Anomalia	Relatório	Anomalia	Relatório	Anomalia	Relatório	

Código de defeito		Ação
0:	Inexistência de defeito	Nenhuma Ação
1:	Falha de Classe Baixa	Analisar/Monitorizar no Plano de Manuten
2:	Falha de Classe Média	Planejar/Programar Reparação
3:	Falha de Classe Alta	Manutenção/Reparação Imediata

# DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO

ÁREA TÉCNICA

INSPECÇÃO MECÂNICA

VIBRAÇÕES

Relatório nº: XX-XX/v1.00

Data da inspeção: XX/XX/XXXX

Ordem Trabalho nº: XXXX

Elaborado por:

XXXXX

Verificado por:

XXXXX

## ÍNDICE

**1 - Introdução**

**2 - Vantagens**

**3 – Equipamentos**

**3.1 – Tabelas de Severidade nas Medições de Vibrações**

**3.2 – Diagrama dos Equipamentos**

**3.3 – Listagem de equipamentos analisados**

**4 - Sumário de Inspeções**

**5 - Registo de Anomalias**

**6 - Conclusões**

## 1 – INTRODUÇÃO

### Aplicação da Norma ISO 10816

A implementação de técnicas de medição e análise de vibrações permite a determinação da condição atual dos equipamentos ou sistemas, através da interpretação ou análise da correspondentes assinaturas vibratórias.

A determinação da condição da máquina baseia-se no tratamento da informação anteriormente recolhida.

#### Processo:

1. Verificação da frequente repetição e rigor da medição, medindo no mesmo ponto em diferentes tempos.
2. Localização da fonte de vibrações, identificando o problema pela frequência e verificando a sua gravidade pela amplitude. O mapeamento da amplitude em diferentes pontos permite a identificação do caminho da transmissão.
3. Cálculo dos parâmetros normalizados, em condições de funcionamento de referência, para comparação com normas e valores históricos (mesma máquina, outras iguais).
4. Interpretação dos espectros feitos por bandas e frequências características.

## 2 - VANTAGENS

Permite:

- Detecção precoce da maior parte das avarias;
- Verificação de desequilíbrio;
- Análise a rolamentos;
- Detecção de desalinhamentos;
- Identificação de desapertos;
- Atritos internos;
- Localização de fendas.

## 3 - Equipamentos

As inspeções poderão decorrer a:

- Motores elétricos;
- Bombas;
- Ventiladores.

Em virtude da maior parte das anomalias das máquinas se desenvolver gradualmente no tempo, a análise de vibrações permite a deteção na sua fase inicial, análise de tendência é um método altamente aconselhável.

### 3.1 – Tabela de Severidade nas Medições de Vibrações

Como orientação para determinar a gravidade de um problema é recomendada a seguinte tabela:

[illegible]

### 3.2 – Diagrama de Equipamentos



**Designação Pontos Medição :**

- **H** – medição na direcção horizontal;
- **V** – medição na direcção vertical ou Radial;
- **AX** – medição na direcção Axial;

Parâmetros de medição	Unidade	Amplitude
Velocidade	mm/s	RMS (Alinhamento,...)
Aceleração	g	Pico (Rolamentos)
Global	gE	Pico-Pico

Local de Inspeção XXXX XXXX Relatório n.º XX-XX/1.00	Data da inspeção: XX/XX/XXXX
--	------------------------------

### 3.3 - Listagem de equipamentos analisados:

N.º Eq.	Nome Equipamento	Nível An.

## 4 – Sumário de Inspeções

No presente capítulo são apresentados os equipamentos onde foram detetadas anomalias

Local	Nome do equipamento	Nível An.	N.º Eq.

## 5 – Registo de Anomalias

### Análise e Recomendações:

Inserir nas páginas seguintes:

Dados recolhidos no decurso dos ensaios.

Comentários aos resultados obtidos com base na observação interpretação e análise dos gráficos.

Após análise de dados verificou-se que a máquina está ...

Recomenda-se: ..... e posterior análise.

Inserir gráfico sobre caso em observação.

## 6 – Conclusões

No decorrer da inspeção e no seguimento da recolha e análise dos dados nas medições de vibrações foram detetadas situações consideradas:

... e que:

carecem de atenção técnica local com urgência, nomeadamente as máquinas que se encontram no nível 4 de severidade e;

XXXXX.

Equipamento utilizado no diagnóstico (exemplo)

Adash A4900 Vibrio M

Equipamento utilizado em ambientes com atmosferas perigosos (exemplo)

Detetor multigás GASALERTMicroClip XL

### Evaluation Zone:ISO 10816

Vibration Limit (mm/s - rms.)	Motor			Pump > 15 kW	FAN	Bearing
	Class I	Class II	Class III	Ext-CP.-Rigid		(G's - Peak)
28.0 - 45.0	D5	D4	D3	D4	D3	D5 - 17.90
18.0 - 28.0	D4	D3	D2	D3	D2	D4 - 11.31
11.2 - 18.0	D3	D2	D1	D2	D1	D3 - 7.14
7.1 - 11.2	D2	D1	C2	D1	C1	D2 - 4.50
4.5 - 7.1	D1	C2	C1	C1	B3	D1 - 2.84
2.8 - 4.5	C2	C1	B2	B2	B2	C2 - 1.79
1.8 - 2.8	C1	B2	B1	B1	B1	C1 - 1.13
1.12 - 1.8	B2	B1	A4	A4	A4	B2 - 0.72
0.71 - 1.12	B1	A3	A3	A3	A3	B1 - 0.45
0.3 - 0.71	A2	A2	A2	A2	A2	A2 - 0.28
0 - 0.3	A1	A1	A1	A1	A1	A1 - 0.18
Note : Frequency Rang = 10 Hz - 1000 Hz						
<b>A</b>	Newly Commissioned					
<b>B</b>	Unrestricted long - term operation					
<b>C</b>	Restricted long - term operation					
<b>D</b>	Vibration causes damage					

ISO 10816							
Nível Global de Vibrações (NGV) mm/s - RMS	Motor (classe)			Bombas > 15 kW	Ventiladores	Rolamentos (g's peak)	
	I	II	III	Acoplamento externo - Rígido			
28,0 - 45,0	D5	D4	D3	D4	D3	D5	17,9
18,8 - 28,0	D4	D3	D2	D3	D2	D4	11,31
11,2 - 18,0	D3	D2	D1	D2	D1	D3	7,14
7,1 - 11,2	D2	D1	C2	D1	C1	D2	4,5
4,5 - 7,1	D1	C2	C1	C1	B3	D1	2,84
2,8 - 4,5	C2	C1	B2	B2	B2	C2	1,79
1,8 - 2,8	C1	B2	B1	B1	B1	C1	1,13
1,12 - 1,8	B2	B1	A4	A4	A4	B2	0,72
0,71 - ,121	B1	A3	A3	A3	A3	B1	0,45
0,3 - 0,71	A2	A2	A2	A2	A2	A2	0,28
0 - 0,3	A1	A1	A1	A1	A1	A1	0,18
Nota: Intervalo de frequência = 10 Hz - 1000Hz							
A	Máquinas Novas - comissionamento						
B	Funcionamento sem restrições						
C	Funcionamento condicionado - intervenção programada						
D	Funcionamento anómalo - Intervenção imediata						