

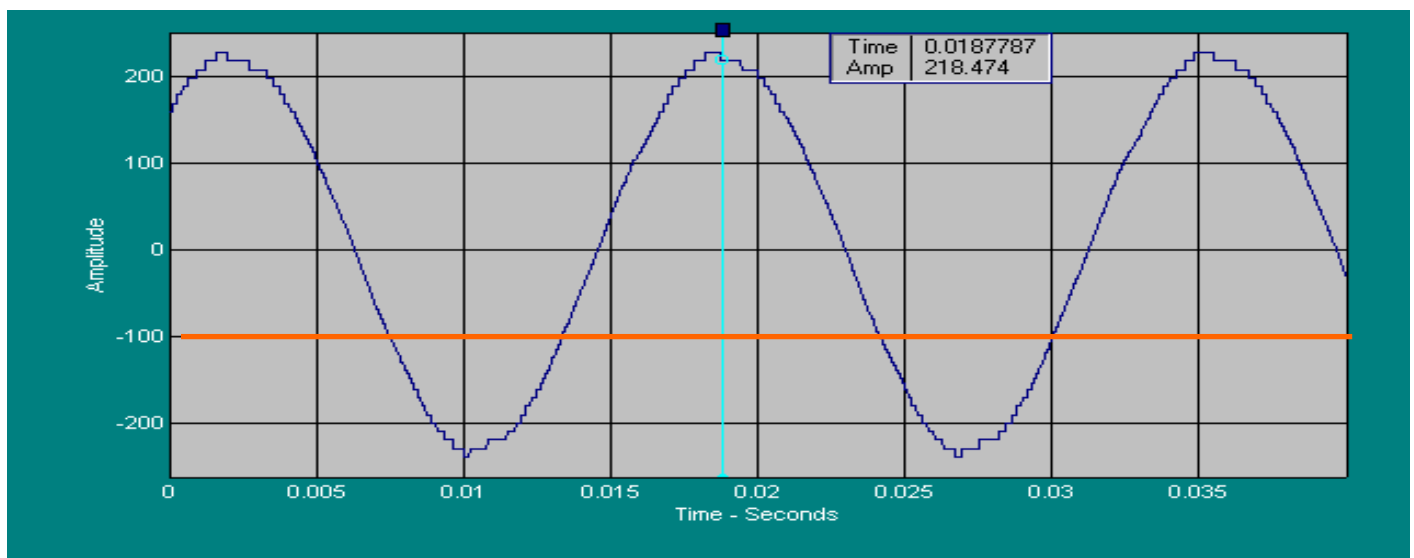
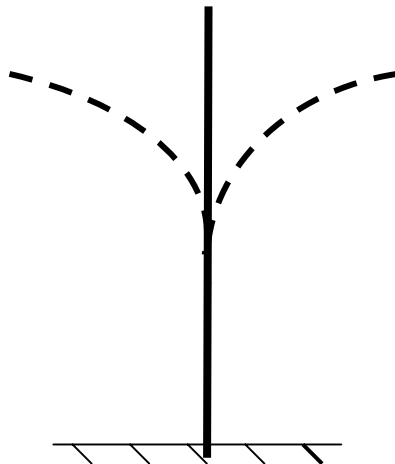
MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

1- INTRODUÇÃO

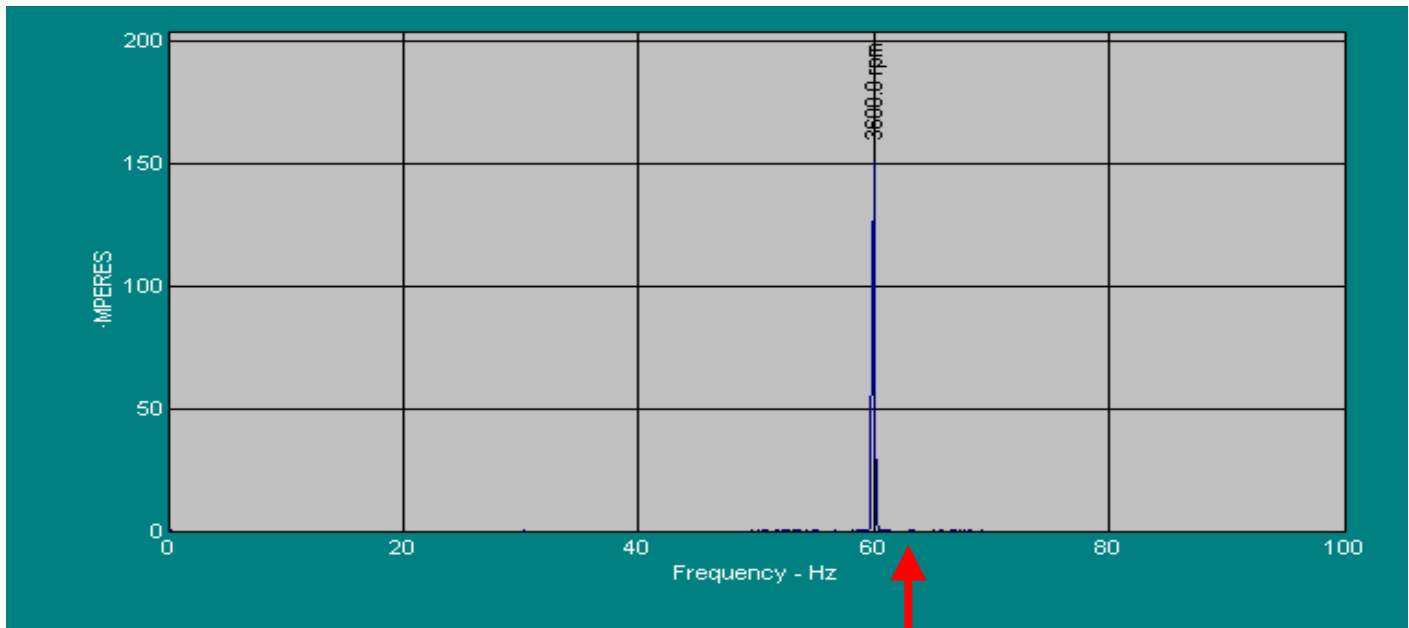
Um corpo é dito estar vibrando quando ele descreve um movimento de oscilação em torno de uma posição de referência.

O número de vezes de movimento completo (Ciclos) tomados durante o período de 1(um) segundo é chamado de *frequência* e sua unidade é *hertz* (hz).

A vibração de um componente simples como por exemplo, uma lamina fina excitada numa determinada frequência é facilmente identificada.

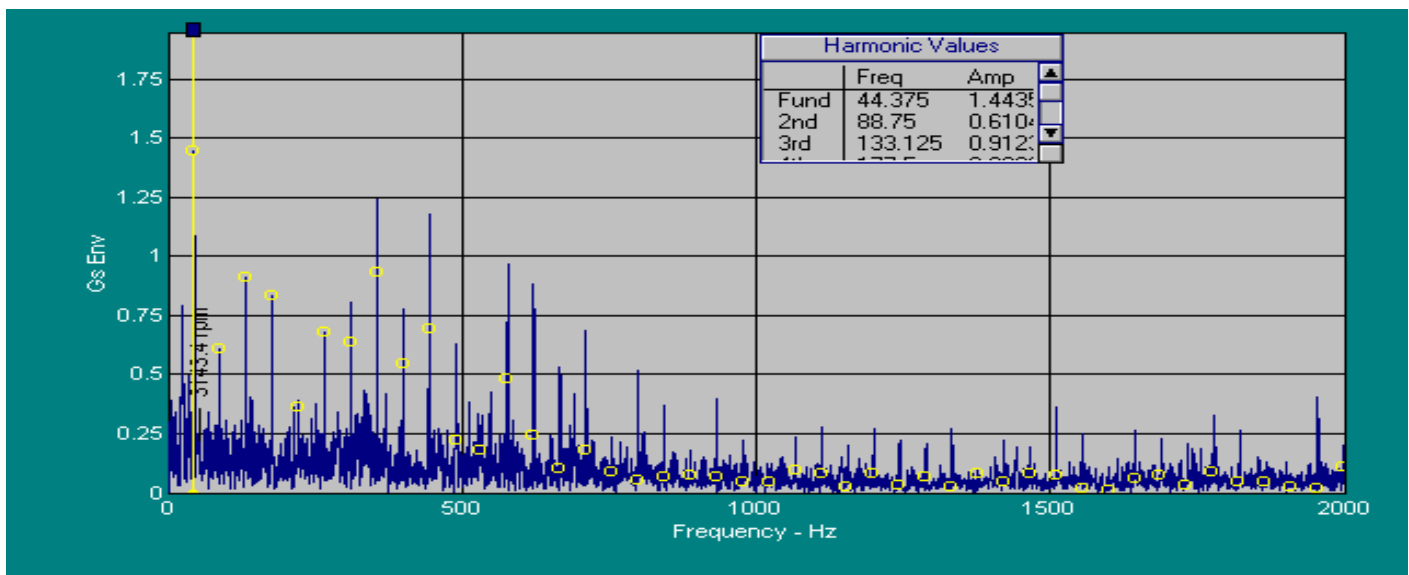


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO



Frequência de oscilação

Porém, o que se encontra são vários componentes vibrando em frequências diferentes ao mesmo tempo, de modo que estas vibrações se somam e subtraem, formando um espectro em função do tempo.



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

2- VIBRAÇÃO

2.1 CAUSAS

Dentre as diversas fontes de vibração aquelas mais comuns e que portanto, podem ser responsabilizadas pela quase totalidade das vibrações mecânicas indesejáveis são:

- **Desbalanceamento;**
- **Desalinhamento (Eixos/Correias/Correntes);**
- **Folgas Generalizadas;**
- **Dentes de Engrenagens;**
- **Rolamentos;**
- **Corrente Elétrica;**
- **Campo Elétrico Desequilibrado;**
- **Outros.**

2.2 EFEITOS

Os efeitos em consequência de um equipamento vibrando poderão ser:

- **Altos Riscos de Acidentes;**
- **Desgaste Prematuro de Componentes;**
- **Quebras Inesperadas (EDT);**
- **Aumento de Custos de Manutenção;**
- **Outros.**

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

2.3 CONTROLE

O controle dos fenômenos vibratórios podem ser conseguidos por 3 (três) procedimentos diferenciados.

- **Eliminação da fontes** :Balanceamento,Alinhamento,Troca de peças defeituosas,Aperto de bases soltas,etc.
- **Isolamento das partes** : Colocação de um modo elástico amortecedor de modo a reduzir a transmissão da vibração a níveis toleráveis.
- **Atenuação da resposta**:Alteração da estrutura (Reforços,Massas Auxiliares,Mudanças de Frequência Natural,Etc).

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

3- PARÂMETRO DE VIBRAÇÃO

Os parâmetros de medição de vibração são:

- **Deslocamento;**
- **Velocidade;**
- **Aceleração.**

Observando a vibração de um componente simples como uma lâmina fina, consideramos a amplitude da onda como sendo o deslocamento físico da extremidade da lamina, para ambos os lados da posição de repouso.

Podemos também, descrever ao movimento da ponta da lamina em termos de sua velocidade e sua aceleração. Qualquer que seja o parâmetro considerado, **Deslocamento, Velocidade ou Aceleração** a forma e o período da vibração permanecem similares, existe apenas a diferença de fase entre os três parâmetros.

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

4- IDENTIFICAÇÃO DA VIBRAÇÃO

- **DESLOCAMENTO**

Esse parâmetro, não é utilizado principalmente para identificar as seguintes causas de vibração:

- **Desbalanceamento;**
- **Desalinhamento.**

- **VELOCIDADE**

Esse parâmetro é utilizado para identificar as seguintes causas de vibração:

- **Desbalanceamento;**
- **Desalinhamento;**
- **Folgas;**
- **Falta de Rigidez;**
- **Excentricidade;**
- **Problemas Elétricos;**
- **Vibrações Hidráulica;**
- **Vibrações Hidrodinâmica;**
- **Correias Defeituosas;**
- **Rolamentos Defeituosos;**
- **Engrenagens Defeituosas.**

- **ACELERAÇÃO**

Esse parâmetro é utilizado para identificar as seguintes causas de vibração:

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

- **Desbalanceamento;**
- **Desalinhamento;**
- **Folgas;**
- **Problemas Elétricos,**
- **Problemas em Rolamentos (Principalmente).**

A Aceleração pode ser medida em dois níveis de vibração:

- [ACELERAÇÃO \(RMS\)](#)

Nesse nível, é medido até uma frequência de 10000 (hz). Podendo ser detectado:

- **Desgaste do rolamento;**
- **Problemas de falha de lubrificação;**
- **Frequência de engrenamento;**
- **Problemas de desbalanceamento;**
- **Contato alto de Metal com Metal.**

- [ACELERAÇÃO \(PICO A PICO\)](#)

A medição é feita em função do tempo, esse espectro (gráfico) é muito importante para analisar impactos anormais de qualquer natureza. Identificando falhas localizadas relevantes que ainda não estão generalizadas e não sendo percebidas nas medições com valor em RMS.

Existe uma técnica que utilizamos também nesse nível, a *técnica de envelope*, que é aplicada em fenômenos repetitivos tais como aqueles gerados em rolamentos, engrenagens e quaisquer outros eventos que se repetem. Portanto teremos:

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

- ENVELOPE DE ACELERAÇÃO DE PICO A PICO:

Nessa técnica, podemos utilizar:

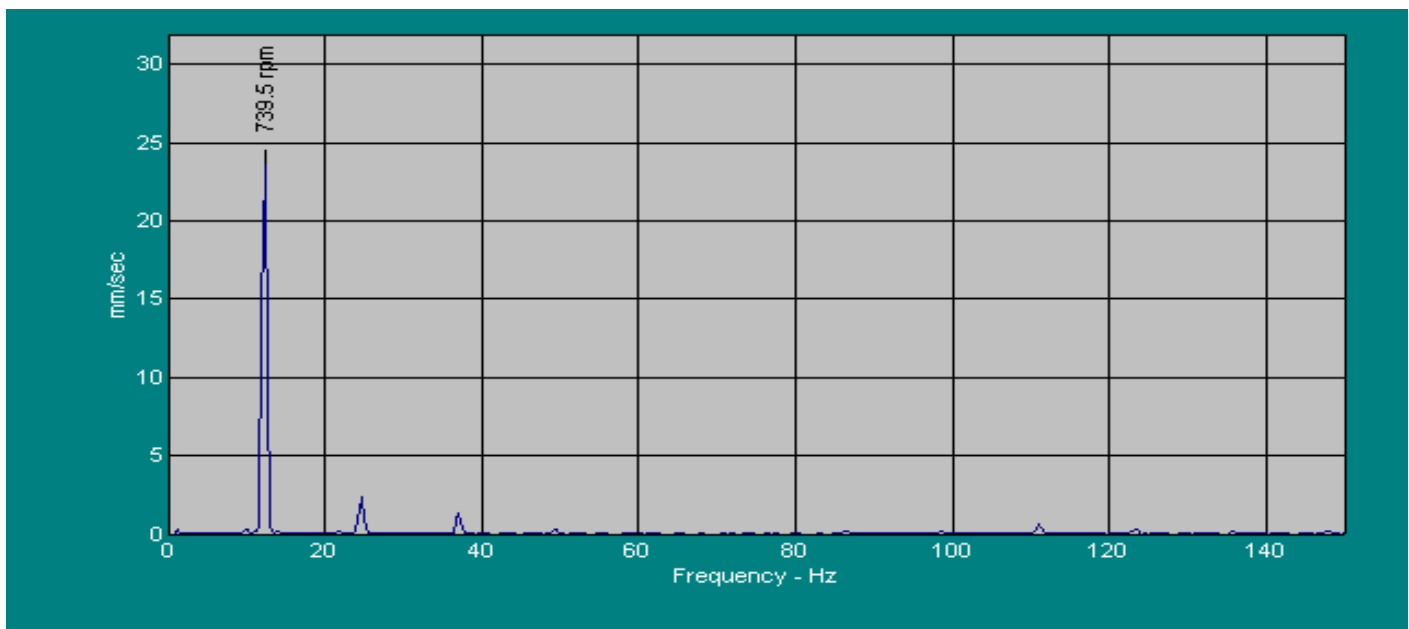
- Frequências limites, mínimas e máximas através de filtros, nesse caso utilizamos filtros que variam entre 500(hz) a 10000(hz).
Onde esse realça falha em rolamentos ou de origem magnética ou ainda alteração do GAP (Componentes de 120 hz e múltiplos). Define o problema quando há folga entre anel externo de um rolamento e seu adjacente.
- Frequências limites, mínimas e máximas através de filtros, nesse caso utilizamos filtros que variam entre 50(hz) a 1000(hz).
Onde esse realça falha em rolamentos, principalmente gaiola. Define também o problema de desbalanceamento e desalinhamento.

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5- PRINCIPAIS CAUSAS DE VIBRAÇÃO EM MÁQUINAS

5.1 DESBALANCEAMENTO

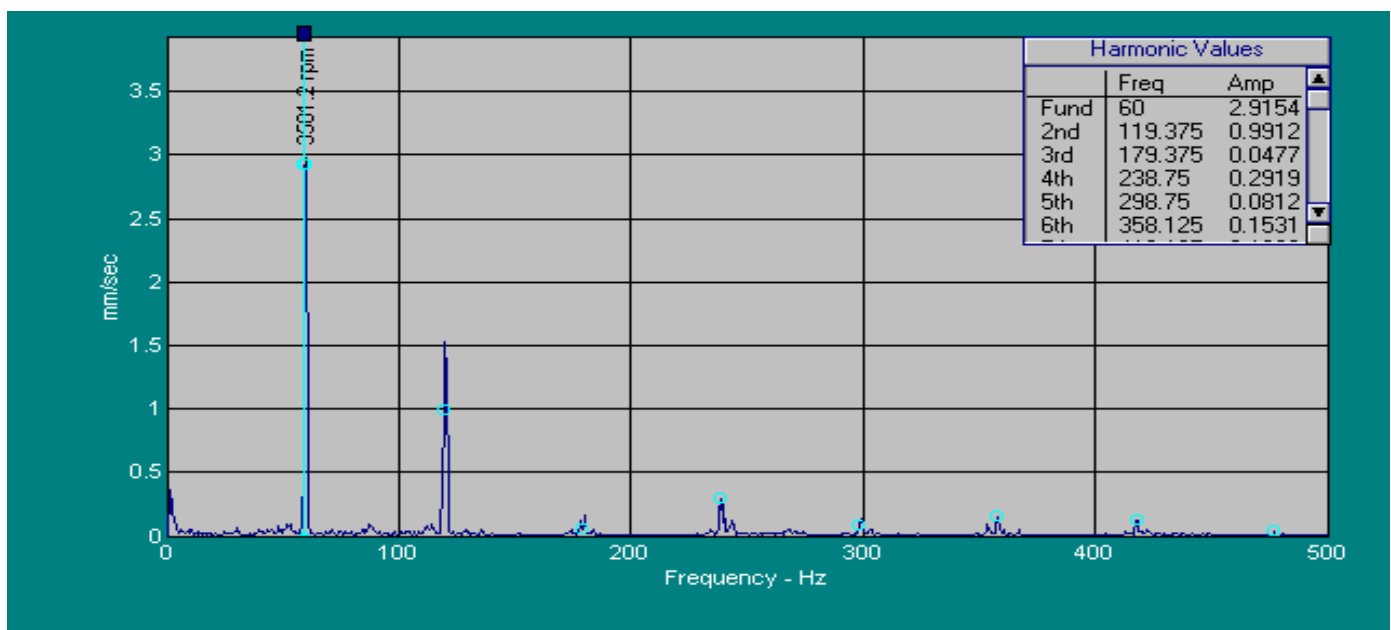
É uma das fontes mais comuns de vibração em máquinas rotativas. As características do desbalanceamento são fáceis de entender. Ela existe quando a distribuição de massas de um rotor não é uniforme em relação a um eixo de inércia.



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.2 DESALINHAMENTO

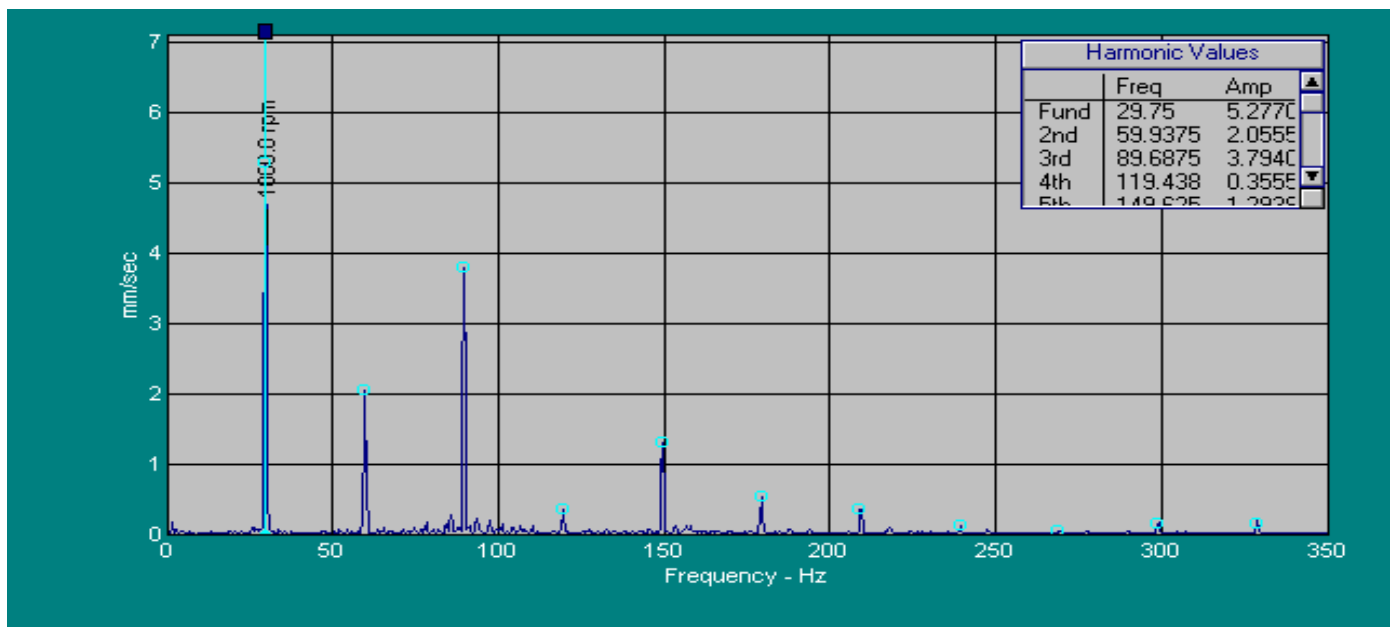
Constituem outra grande causa de desgaste de componentes de máquinas. Problemas sérios de vibrações podem acontecer *mesmo quando acoplamentos são alinhados dentro da tolerância especificadas pelo fabricante.*



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.3 EXCÊNTRICIDADE

A excentricidade de uma componente de uma máquina rotativa gerará vibrações nas direções radiais com frequência da rotação do rotor. Esta vibração aparecerá no espectro (gráfico) de frequência como se fosse um desbalanceamento.

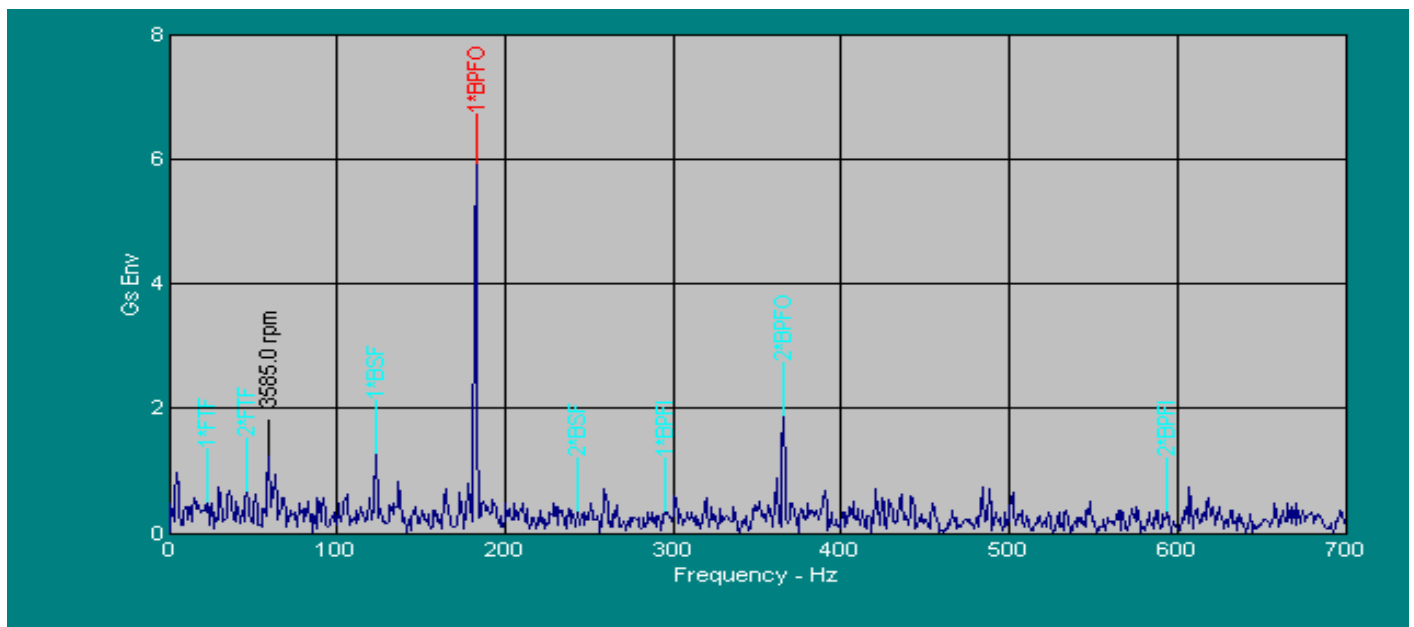


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.4 MANCAIS DE ROLAMENTOS DEFEITUOSOS

Os rolamentos, geram quatro frequências características de defeitos que são:

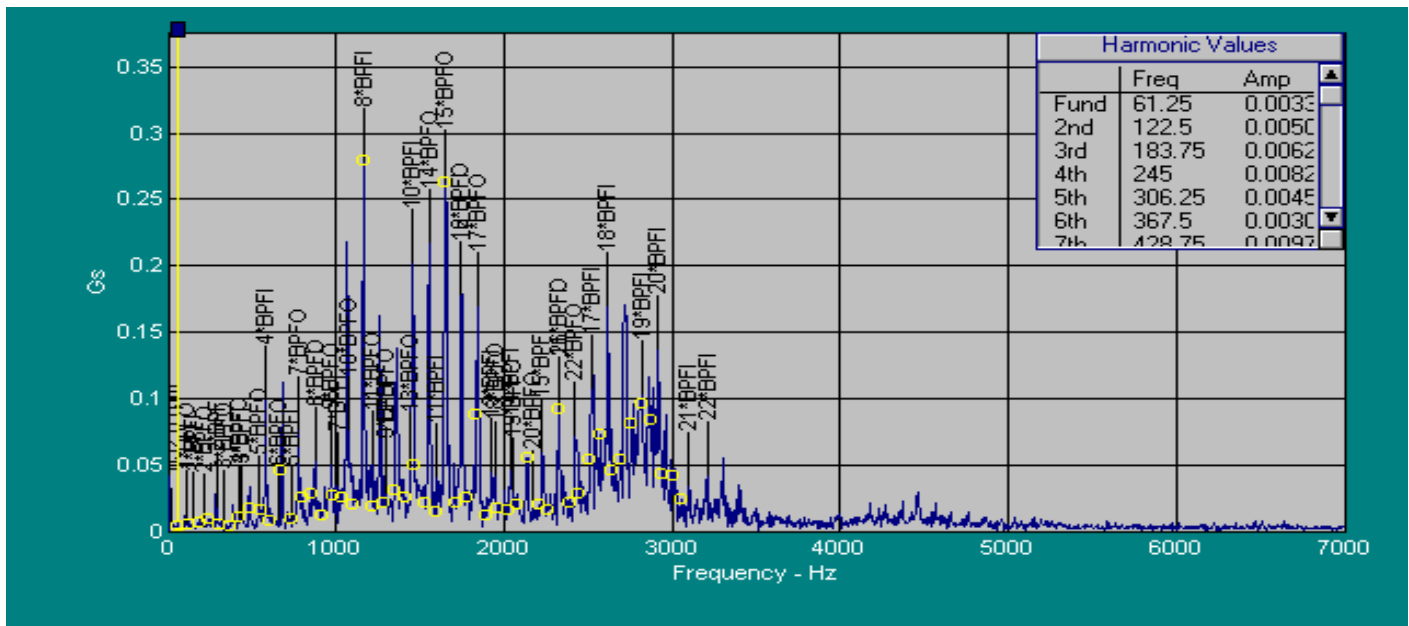
- *Frequência de defeito de Pista Externa;*
- *Frequência de defeito de Pista Interna;*
- *Frequência de defeito de Elemento Rolante;*
- *Frequência de defeito de Gaiola.*



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.5 MANCAIS DE DESLIZAMENTO DEFEITUOSOS

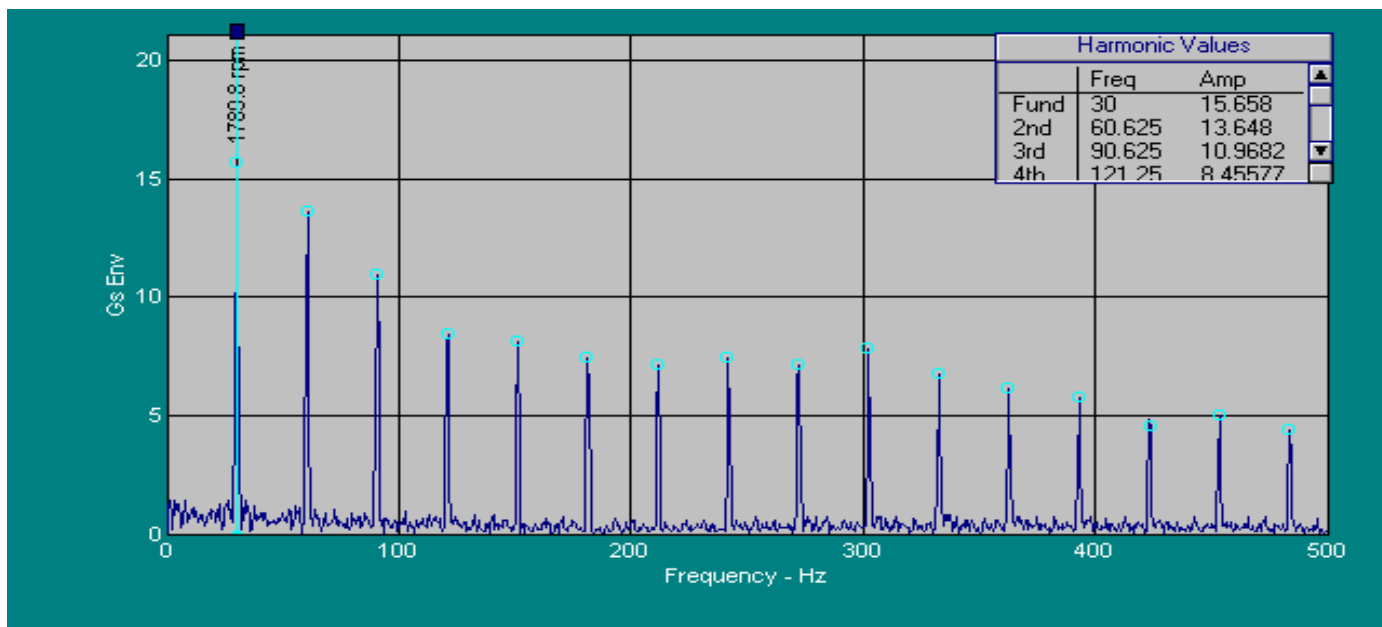
As vibrações em mancais de deslizamento são provocadas por folgas excessivas, problemas de lubrificação, carregamentos impróprios, etc.



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.6 FOLGAS MECÂNICAS

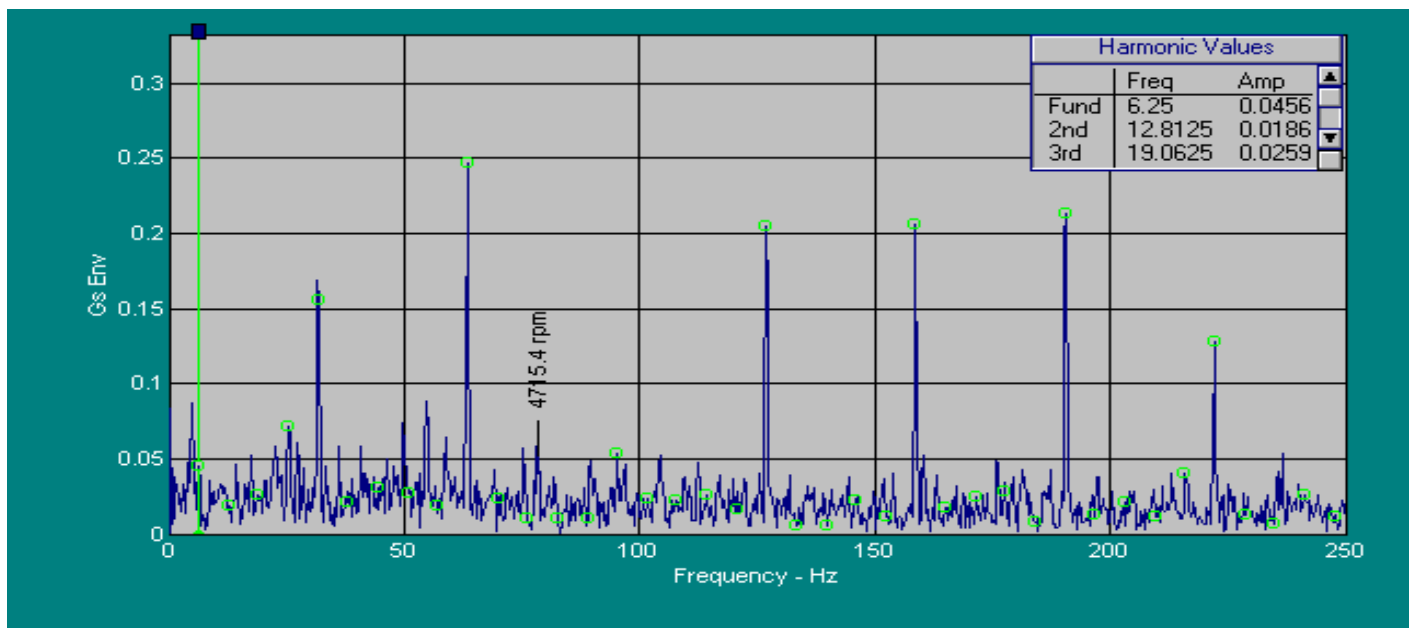
Bases trincadas,ocas,parafusos soltos geram vibrações com grande número de picos harmônicos com ruído de fundo elevado,devido aos impactos que ocorrem na presença de folgas mecânicas.



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.7 CORREIAS

Apesar das correias serem uma das *mais comuns e significantes fontes vibratórias em máquinas industriais, geralmente são as últimas a serem investigadas.*

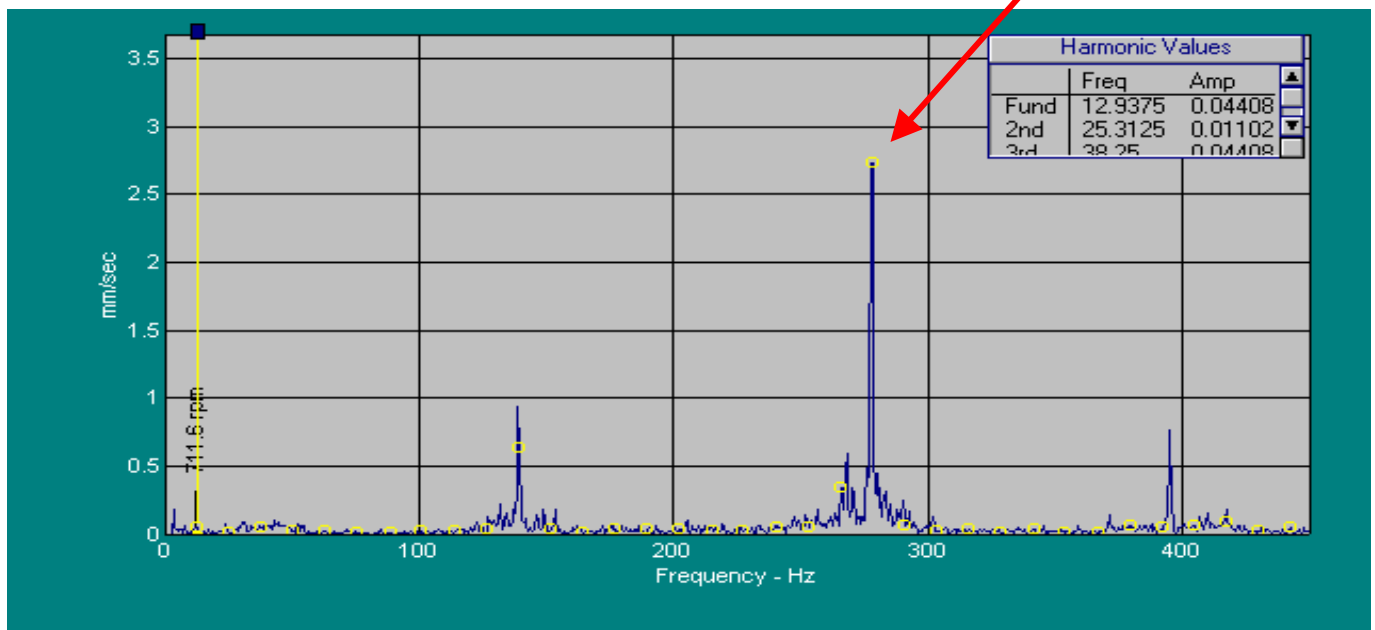


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.8 ENGRENAGENS

Na análise de vibração forçada, particularmente as vibrações produzidas por dentes de engrenagens, imperfeições de contato ou ações dinâmicas associadas, produzem frequências de contato altas, que são harmônicos da frequência fundamental ou frequência modulada, a partir da fundamental ou seus harmônicos.

Frequência de Engrenamento

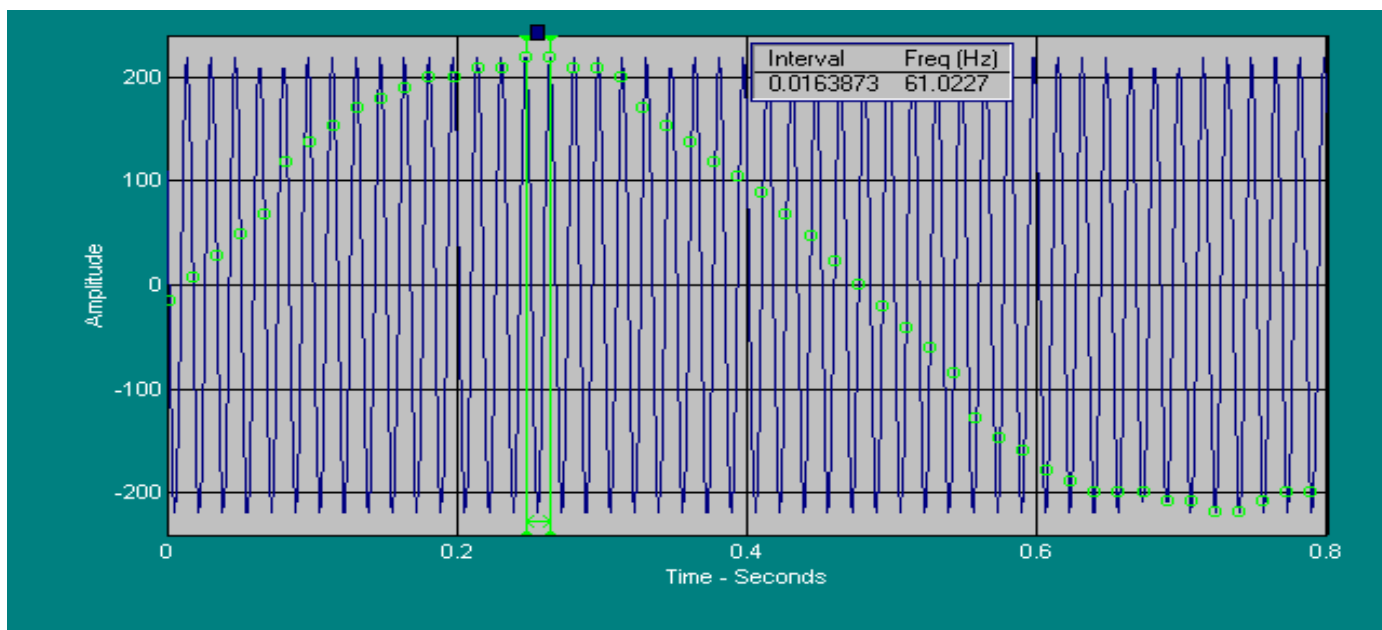


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

5.9 PROBLEMAS ELÉTRICOS

É importante na análise de vibração de motores determinar se o problema é elétrico ou mecânico.

Contudo, não se existe uma separação clara entre esses.



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

6- NÍVEL DE VIBRAÇÃO

O nível de vibração de um espectro(gráfico),em função do tempo pode ser medido em :

- *Valor de Pico a Pico;*
- *Valor de Pico;*
- *Valor RMS (Root Mean Square)»(Amplitude Média Quadrática).*

- VALOR DE PICO A PICO

Essa medição de nível de vibração,indica o percusso máximo da onda e pode ser útil onde o deslocamento vibratório da parte da máquina é crítico para a tensão máxima ou a folga mecânica é limitante.

- VALOR DE PICO

Essa medição de nível de vibração,é válido para indicação de choques de curta duração.Porém indicam somente a ocorrência de pico.

- RMS (Root Mean Square)

Essa medição de nível de vibração,é a medida mais importante.Porque leva em consideração o histórico da onda no tempo e de um valor de nível o qual é relacionada a energia contida.

O sinal harmônico possui características próprias,são elas:

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Amplitude: Valor medido do nível zero até o pico;

Frequência: É o número de ciclos por segundo, onde a unidade é o hertz. Onde temos; 1 hz = 60 rpm.

Período: É a duração do ciclo em segundo. Onde é o mesmo que o inverso da frequência, ($T=1/f$).

Defasagem: Indica o avanço ou atraso de um sinal. A vibração é sempre atrasada em relação à oscilação.

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

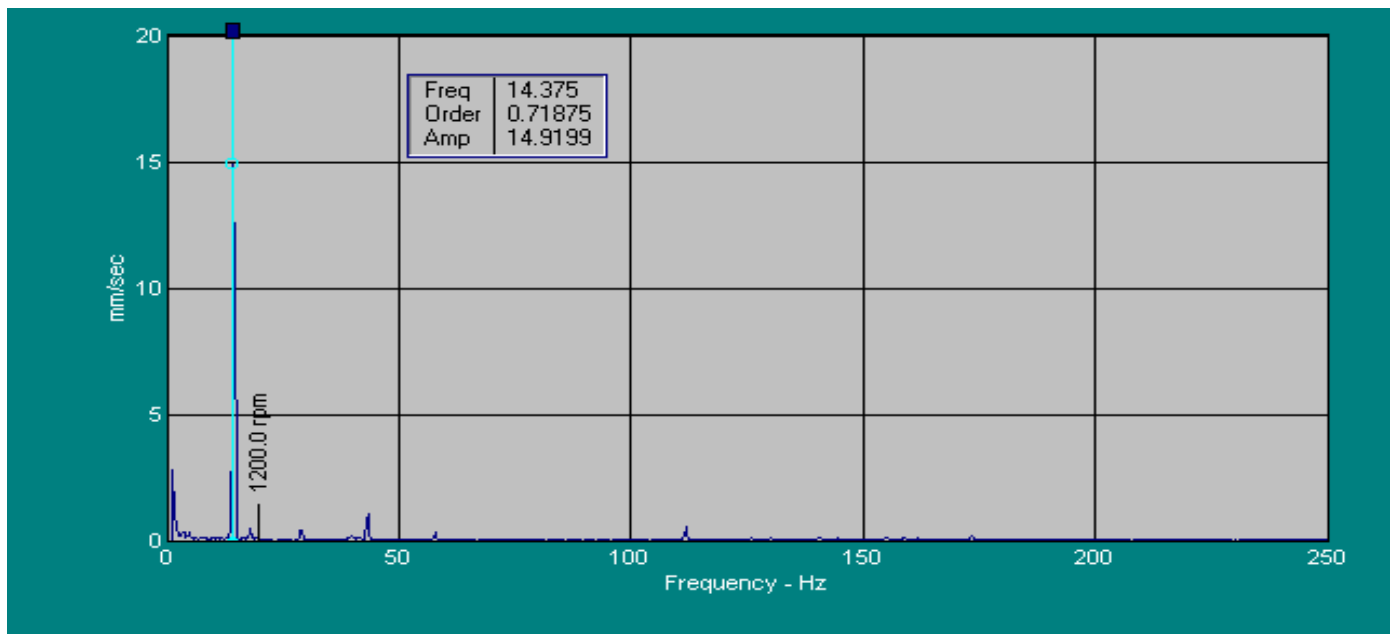
7- CONJUNTOS, ANTES E APÓS INTERVENÇÃO MECÂNICA

A seguir, mostraremos espectros de conjuntos do SITE, com problemas diagnosticados e após intervenção mecânica ocorrida nesses, o comportamento desse mesmo espectro.

DESBALANCEAMENTO

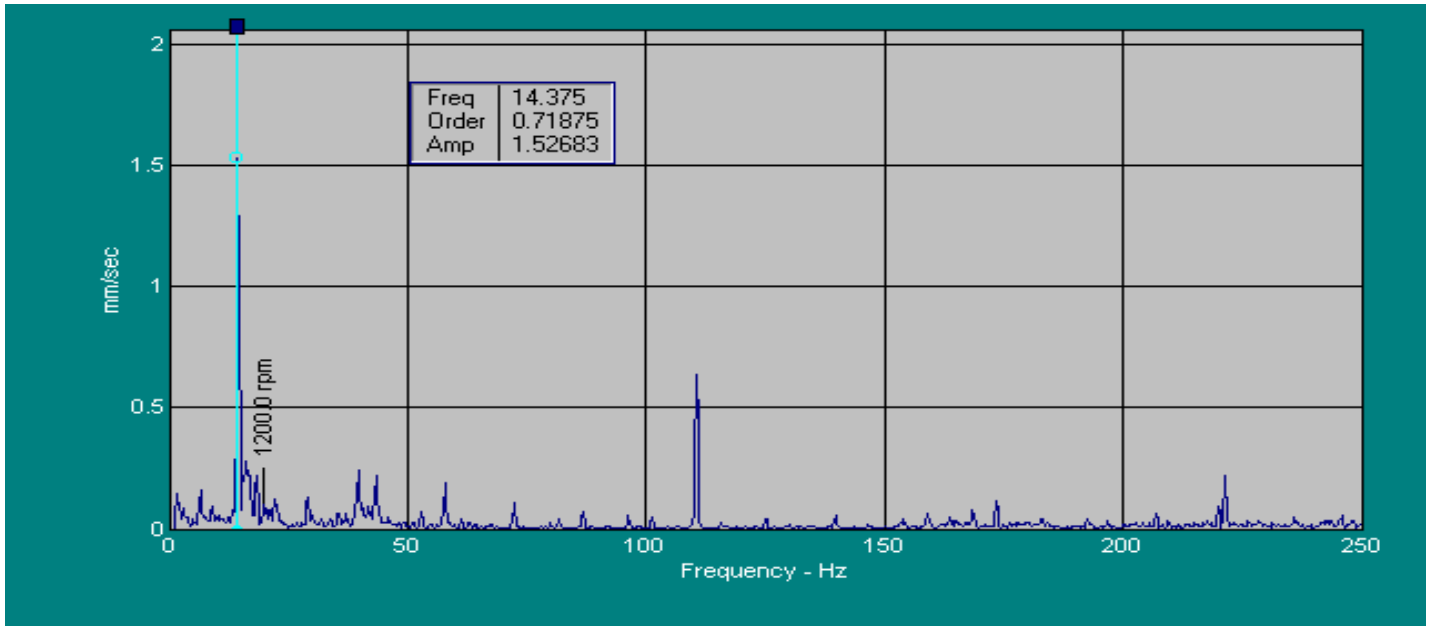
B-4001 (Ventilador de Exaustão do Secador)

Encontrava-se **desbalanceado**, com uma vibração de $V=14,92$ mm/s, como mostra a figura abaixo:



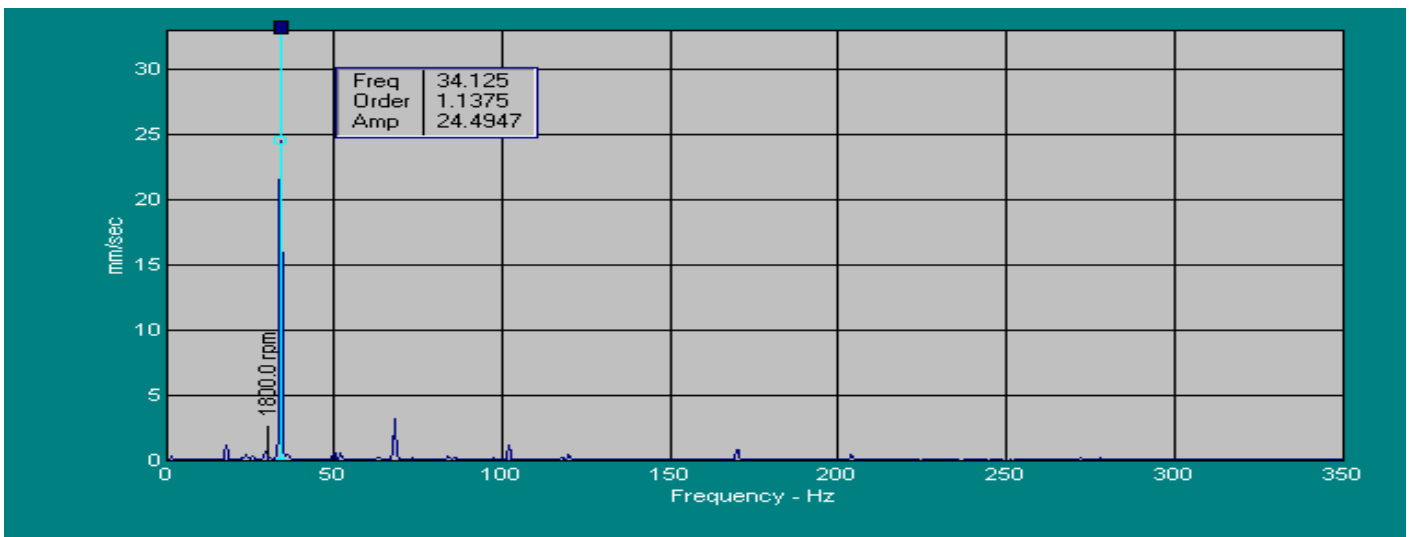
MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Após intervenção mecânica, quer dizer, após uma boa lavagem no rotor, a vibração caiu para $V=1,97$ mm/s, o que se pode considerar muito bom, como mostra a figura.



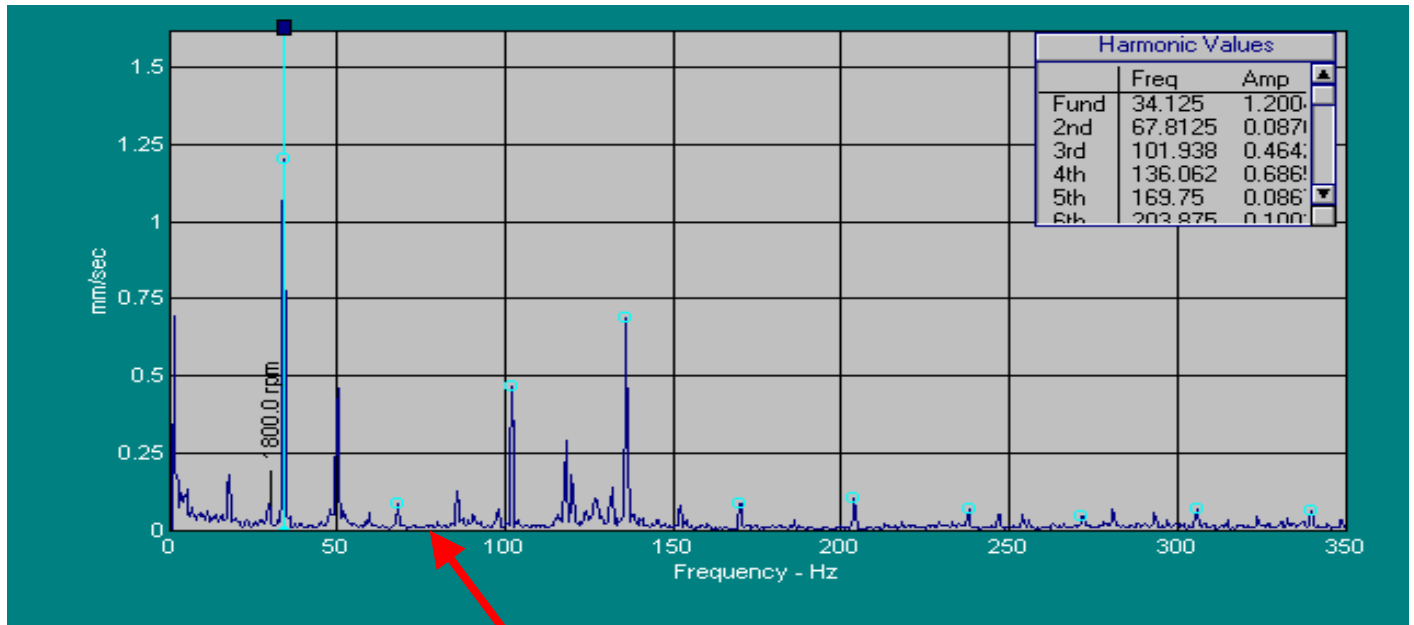
B-4012 (Ventilador Scrubber)

Encontrava-se **desbalanceado**, com uma vibração de $V=26,32$ mm/s, como mostra a figura abaixo:



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Após intervenção mecânica,ou seja,após ter sido realizado o balanceamento do rotor no campo em 1(um) plano,a vibração caiu para $V=1,88$ mm/s,o que se pode considerar muito bom,como mostra a figura:



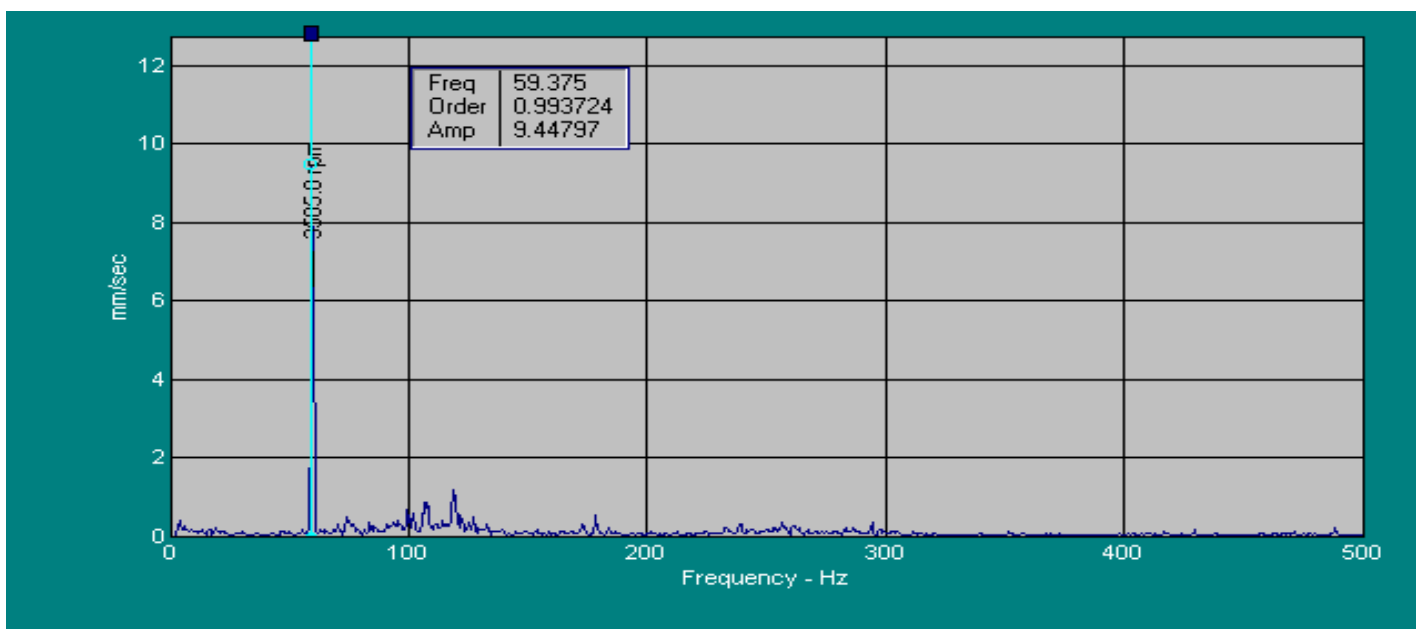
Frequência de correia

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

DESALINHAMENTO

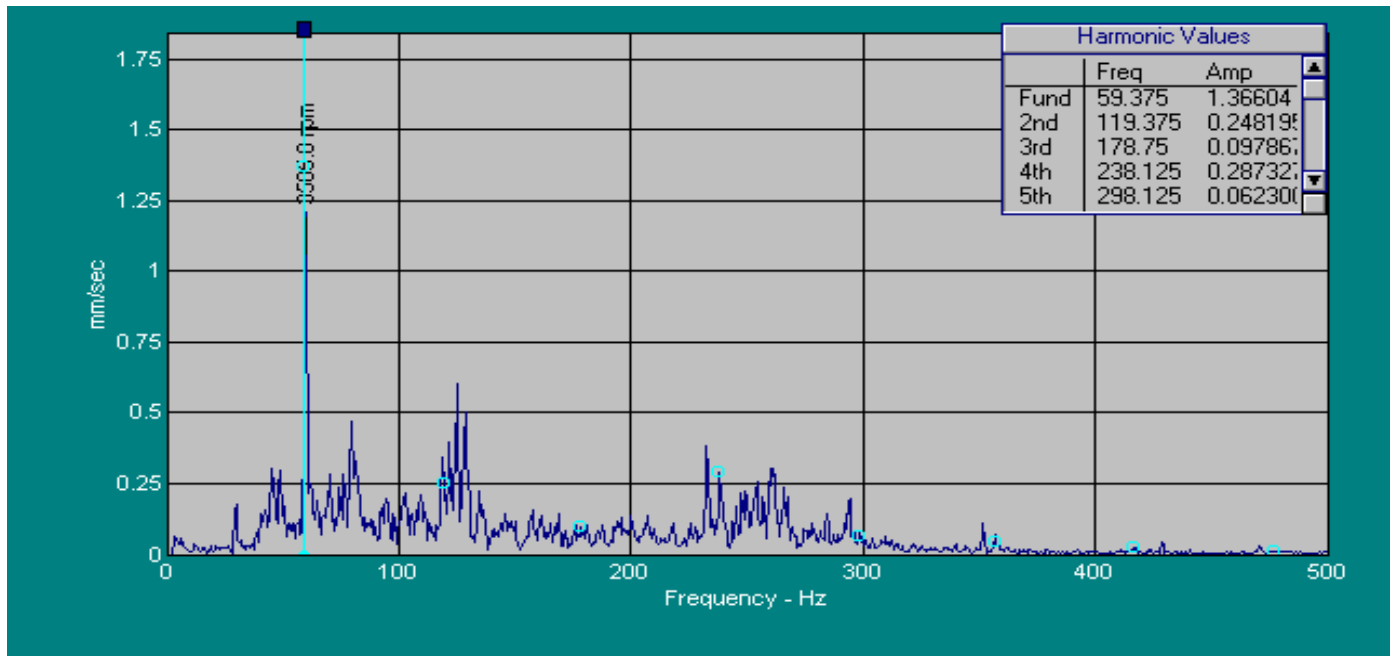
P-3020K (Bomba Doorclone K)

Encontrava-se **desalinhada**, com uma vibração de $V=10,35$ mm/s, como mostra a figura abaixo:



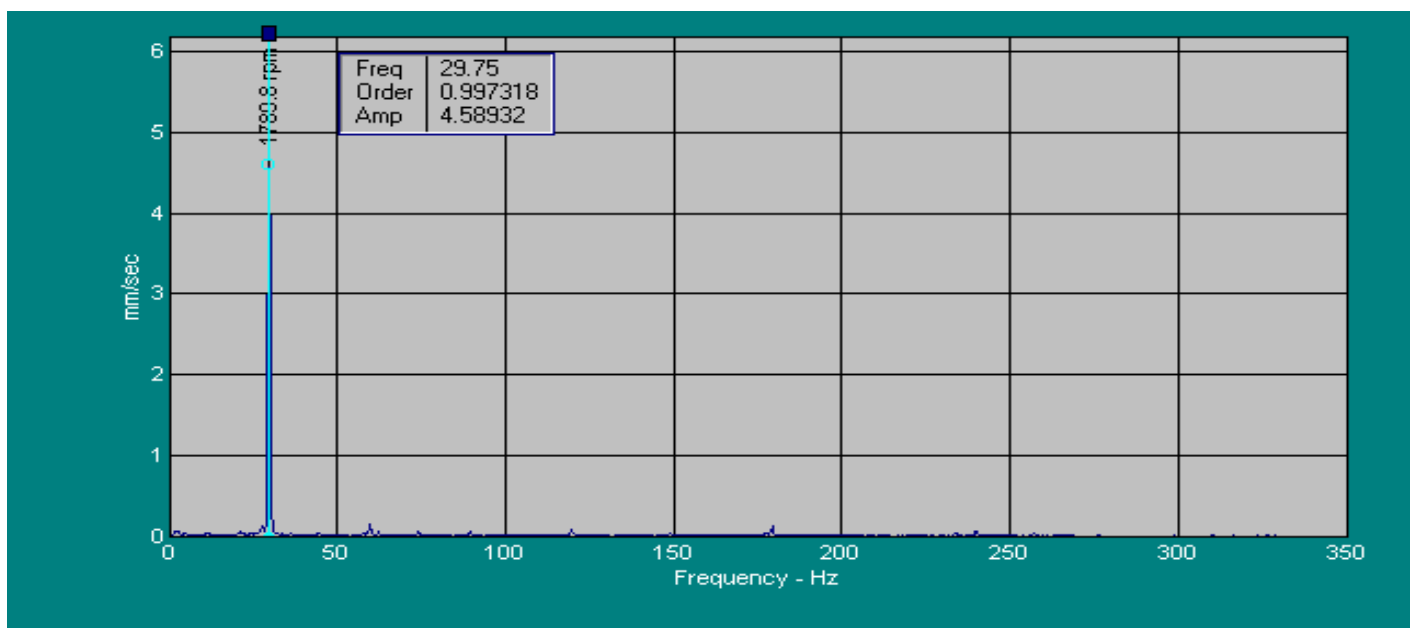
Após intervenção mecânica, onde foi realizado o alinhamento a laser, com o equipamento já conhecido (SKF TMEA-1), a vibração caiu para $V=2,85$ mm/s. O que se pode considerar aceitável, mas pode ser melhorado, veja:

MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO



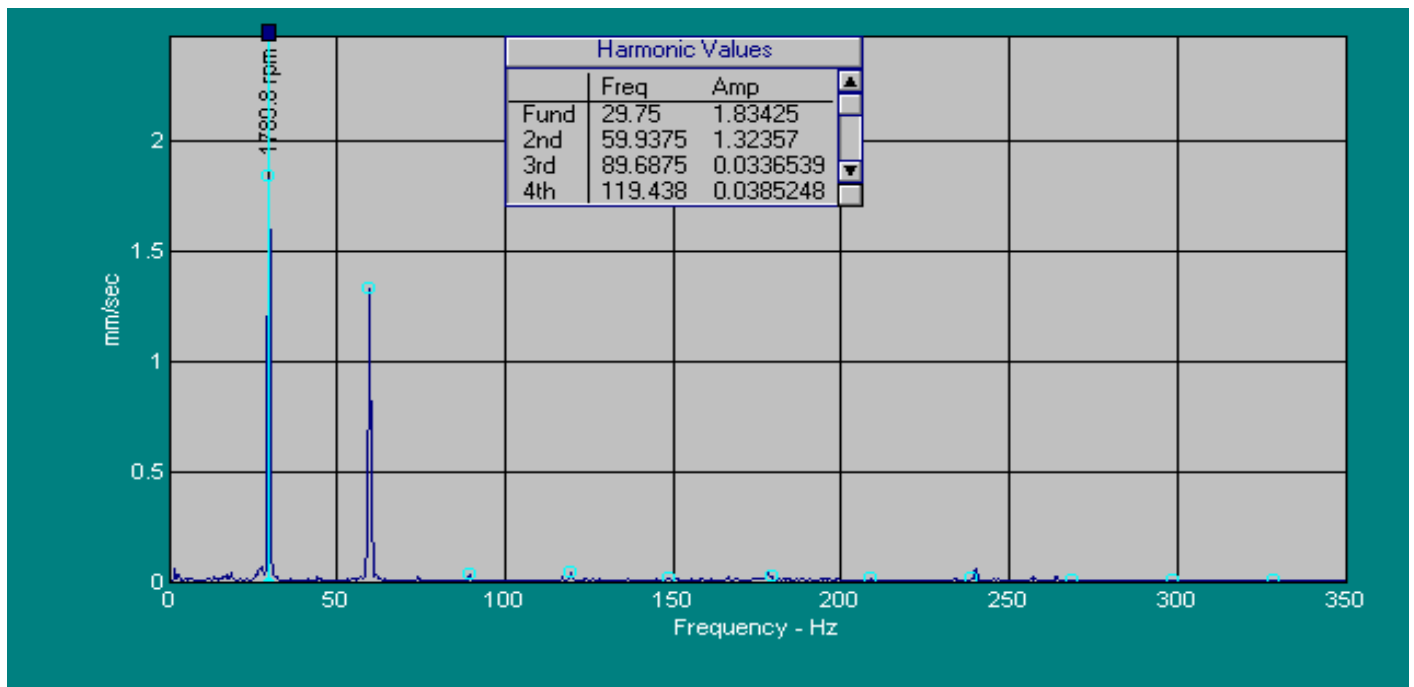
BO-601 (Bomba da Destilação)

Encontrava-se **desalinhada**, com uma vibração de $V=4,74$ mm/s, como mostra a figura abaixo:



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Após intervenção mecânica, onde foi realizado o alinhamento a laser, com o equipamento já conhecido (SKF TMEA-1), a vibração caiu para $V=2,44$ mm/s. O que se pode considerar aceitável, mas pode ser melhorado, veja:

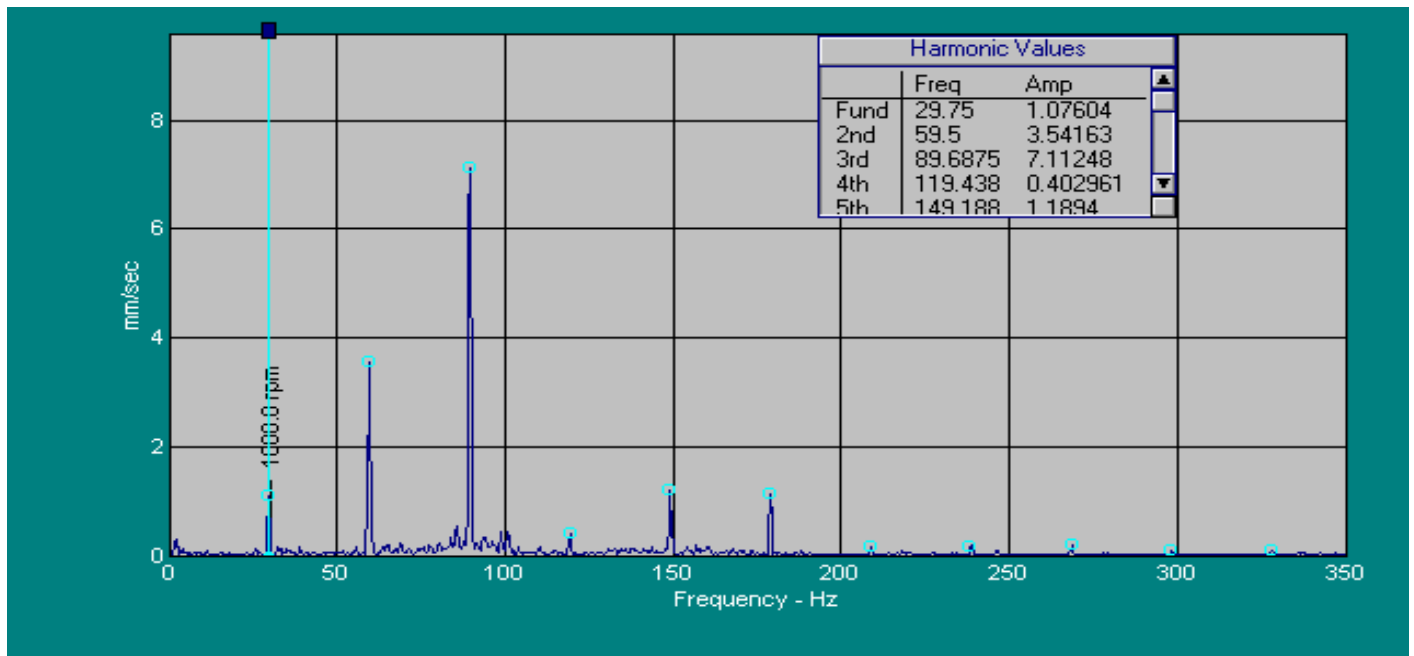


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

EXCENTRICIDADE

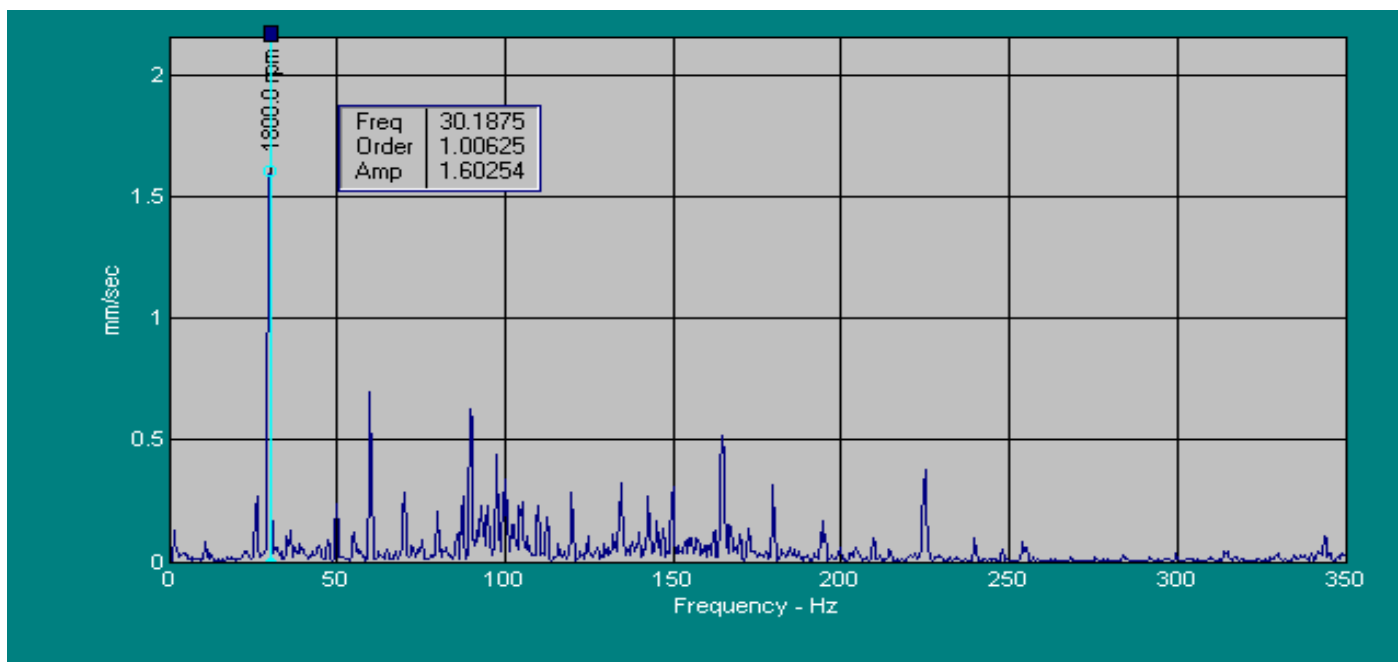
H-4001 (Moinho Martelo Fibra)

Estava ocorrendo uma **excentricidade** entre as caixas de mancais do moinho,ou seja estavam fora de centro,um em relação ao outro.Com uma vibração de $V=9,25$ mm/s,como mostra a figura abaixo:



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Após intervenção mecânica, a vibração caiu para $V=2,77$ mm/s. O que se pode considerar aceitável, mas pode ser melhorado, veja:

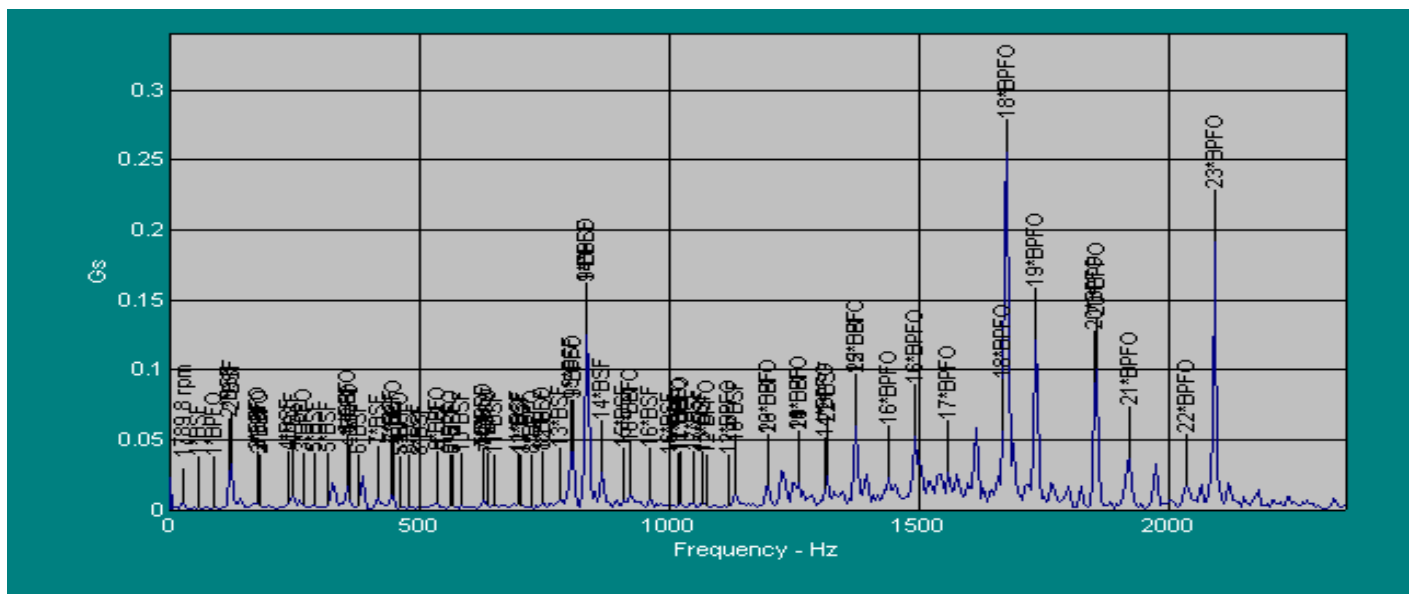
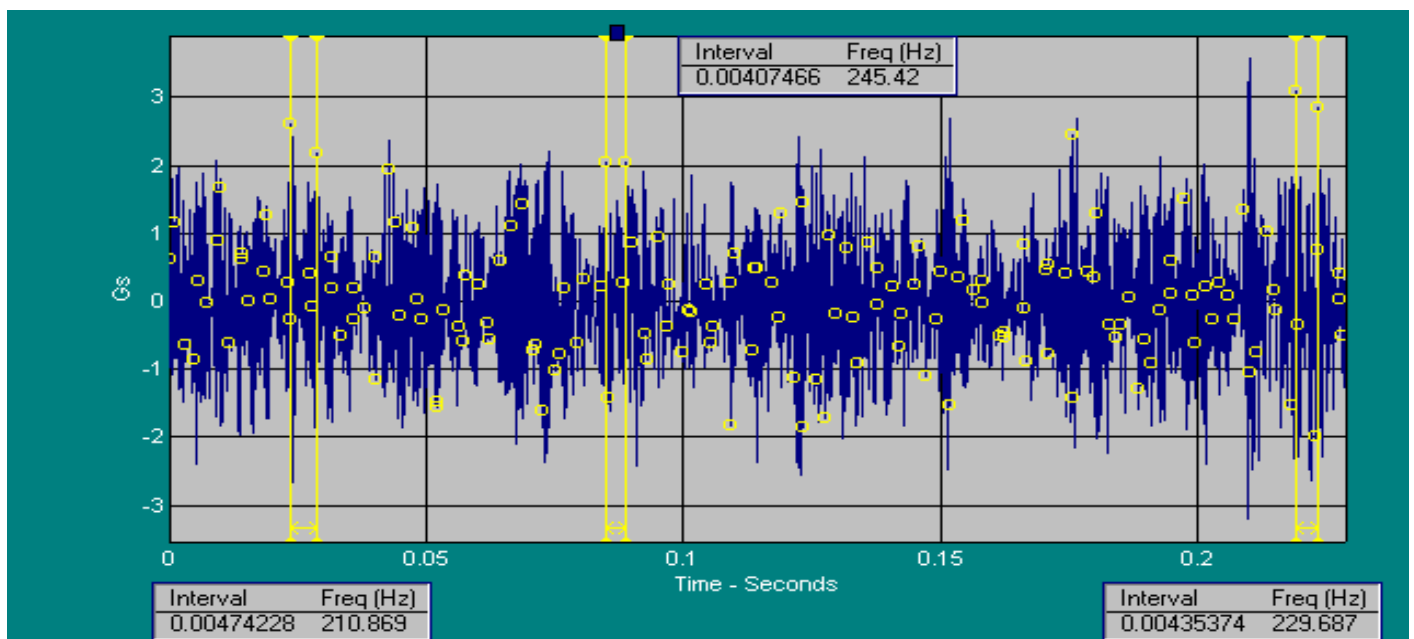


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

ROLAMENTOS

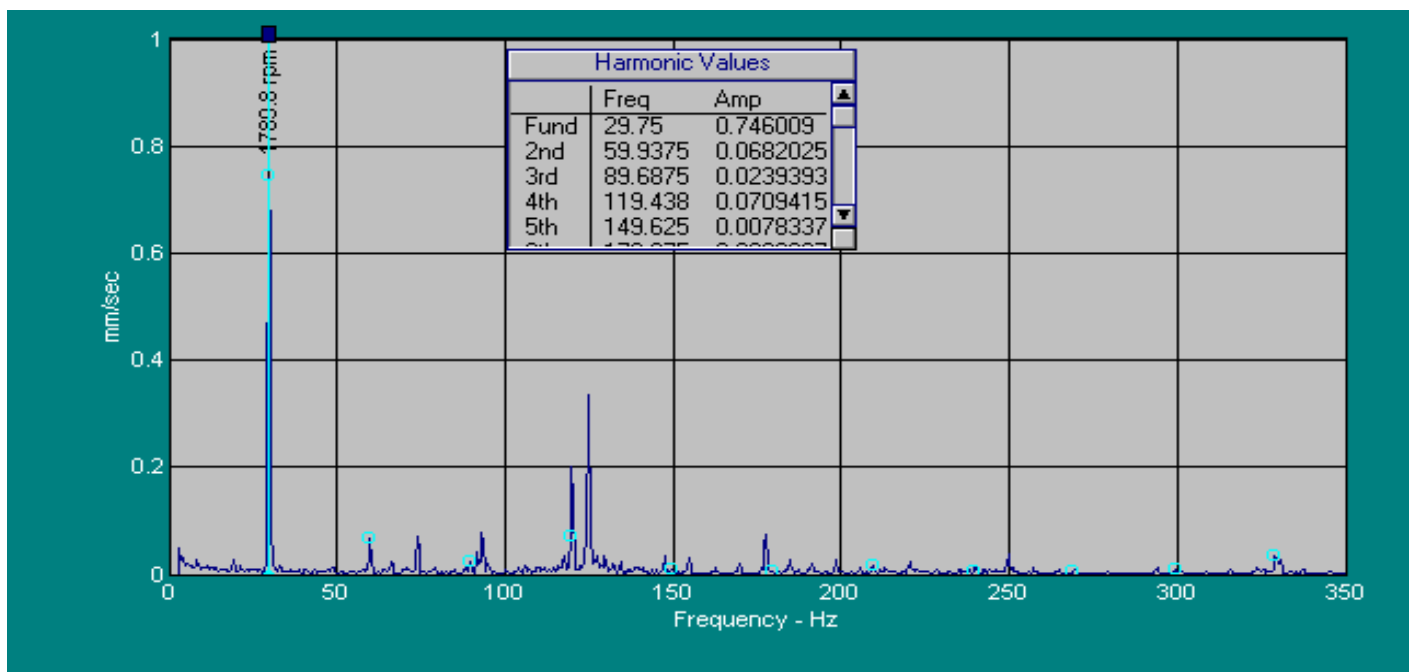
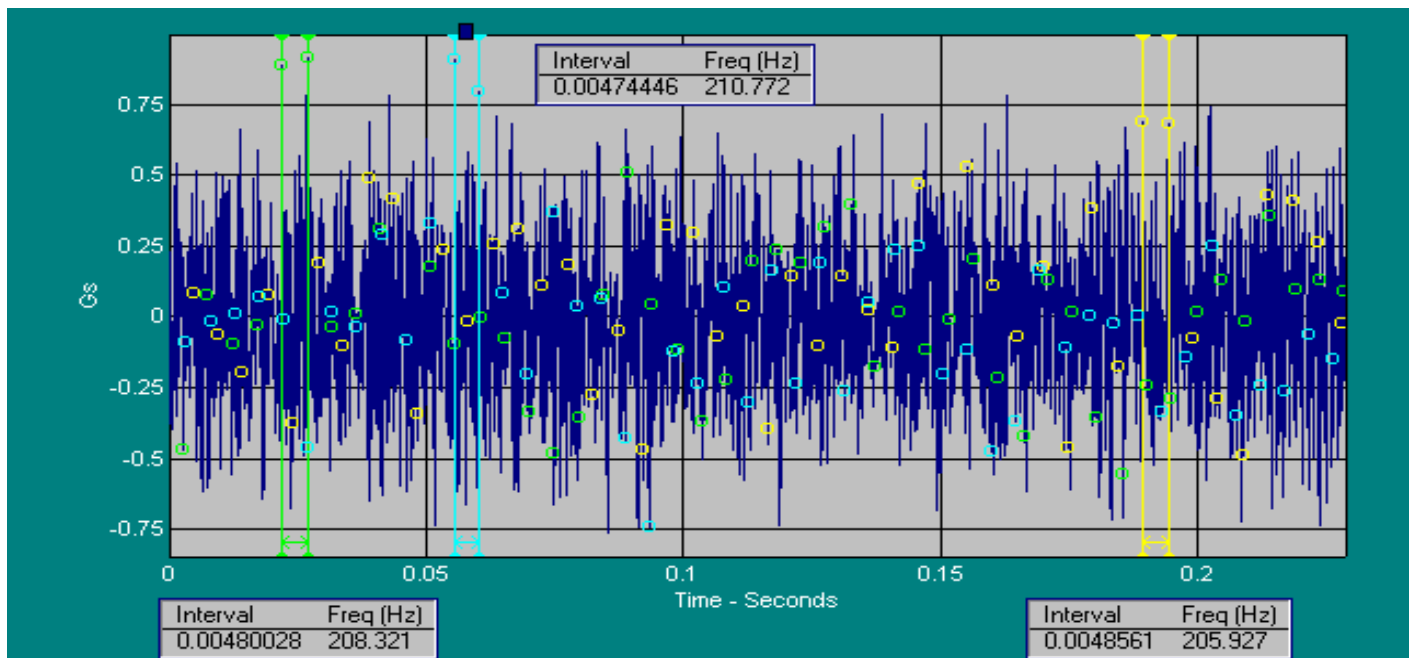
DT-123 (Dessolventizador de Farelo)

Estavam ocorrendo, problemas **localizados nos rolamentos do motor** do conjunto. Com $G_s=6,77$ gs, como mostram as figuras abaixo:



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Após intervenção mecânica, o valor caiu para $G_s=1,67$ gs. O que se pode considerar bom, mas pode ser melhorado com o alinhamento. Veja os espectros:

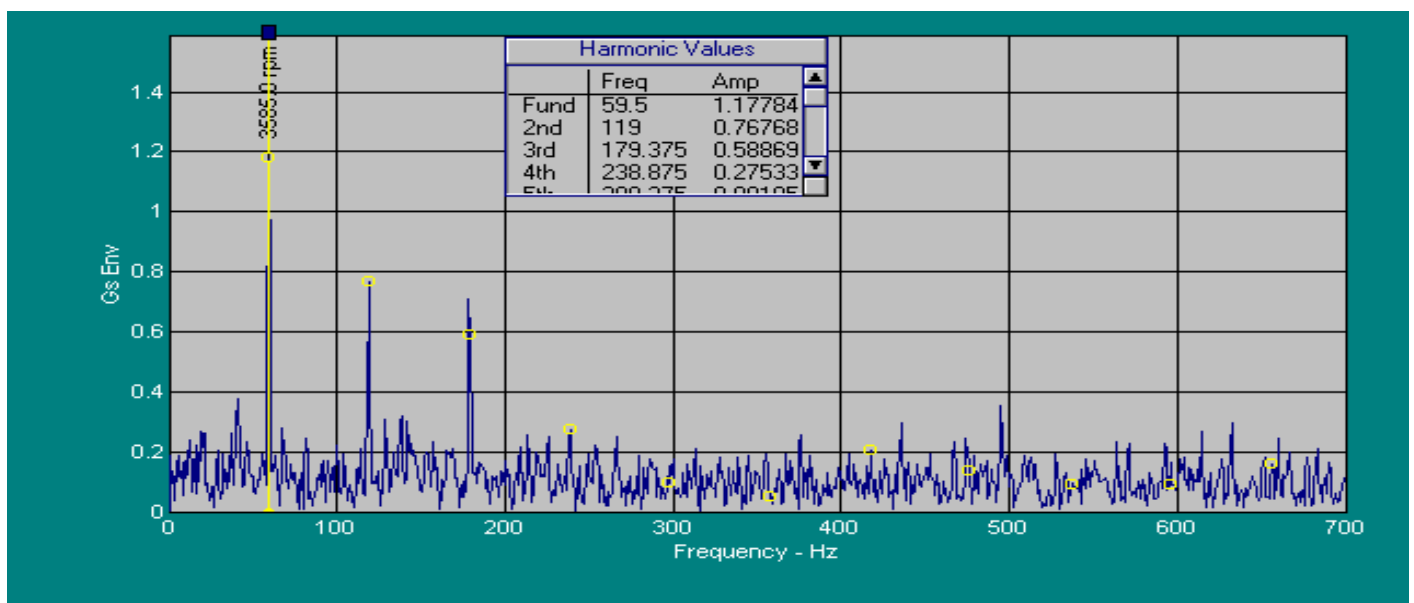


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

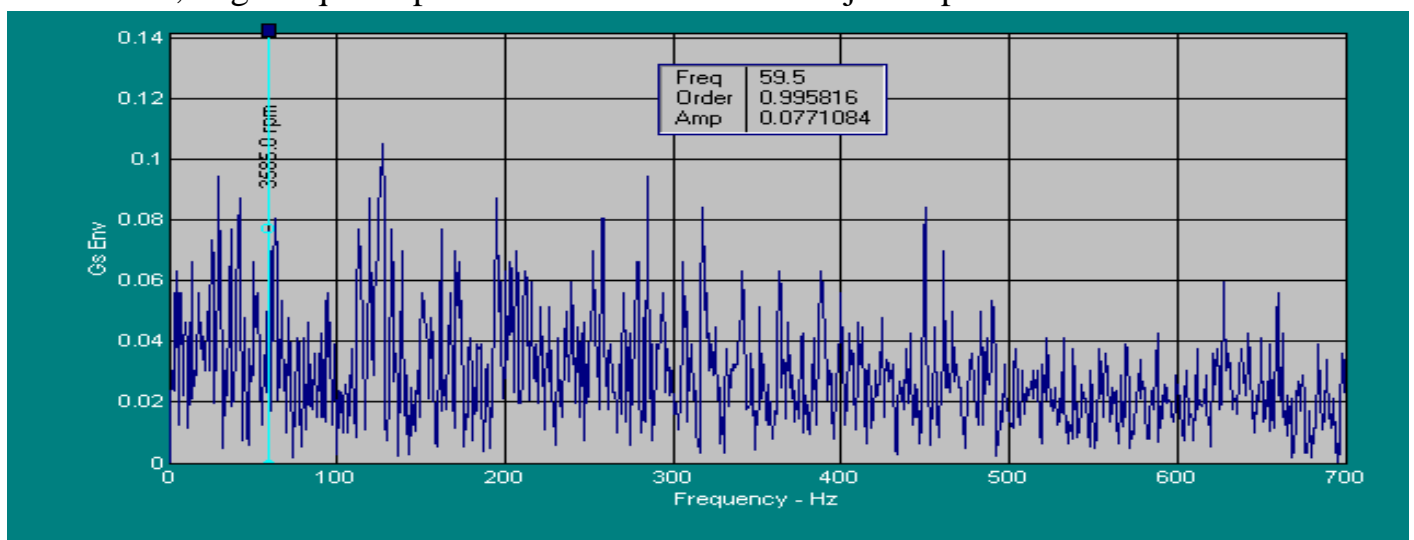
FOLGAS MECÂNICAS

P-3020M (Bomba Doorclone M)

Estavam ocorrendo, problemas de **folgas** na caixa de mancal. Com uma vibração de $G_s=5,69$ ge, como mostra a figura abaixo:



Após intervenção mecânica e troca do mesmo, a vibração caiu para $G_s=1,67$ gs. O que se pode considerar aceitável. Veja o espectro:

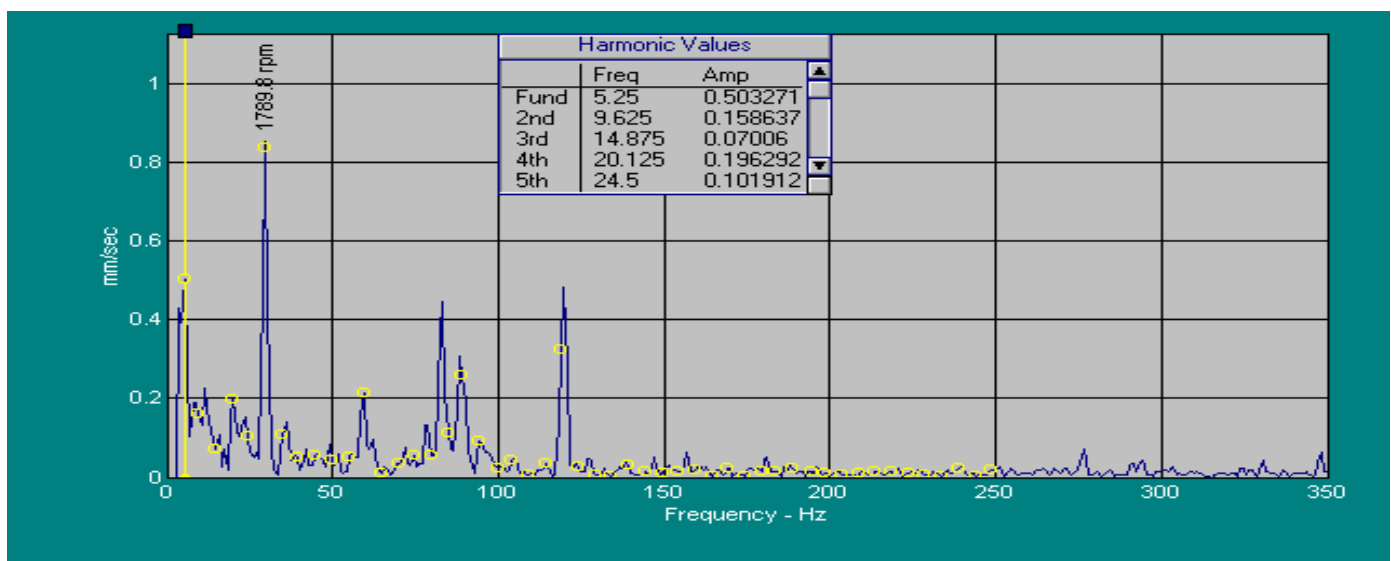


MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

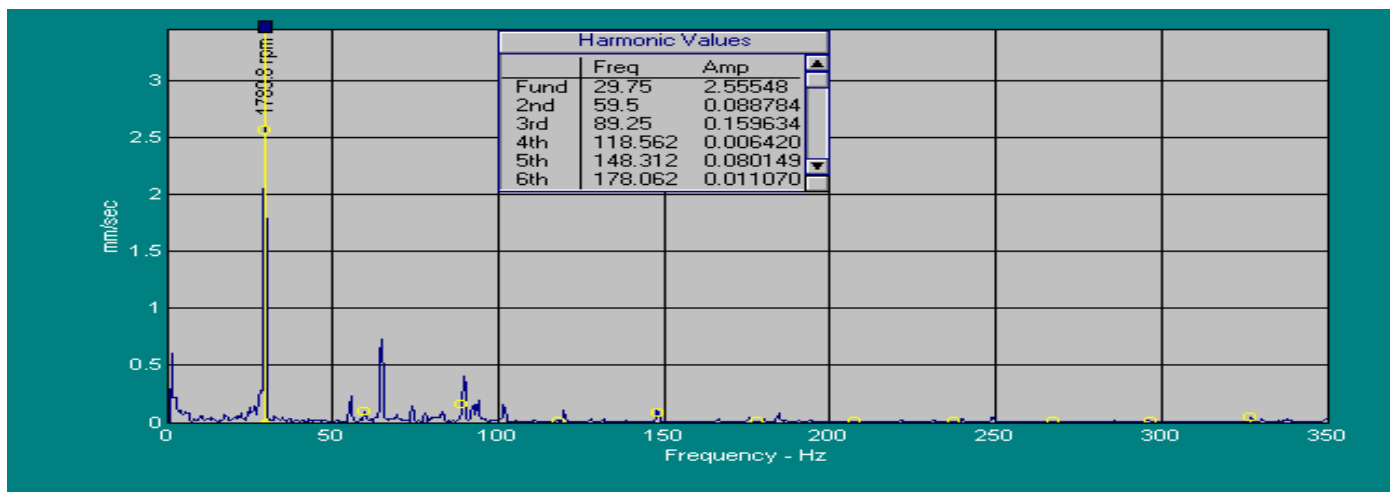
CORREIAS DE ACIONAMENTO

ME-3004A (Prensa de Germe)

Estavam ocorrendo, problemas de **correias de acionamento** no conjunto. Com uma vibração de $V=8,56$ mm/s, como mostra a figura abaixo:

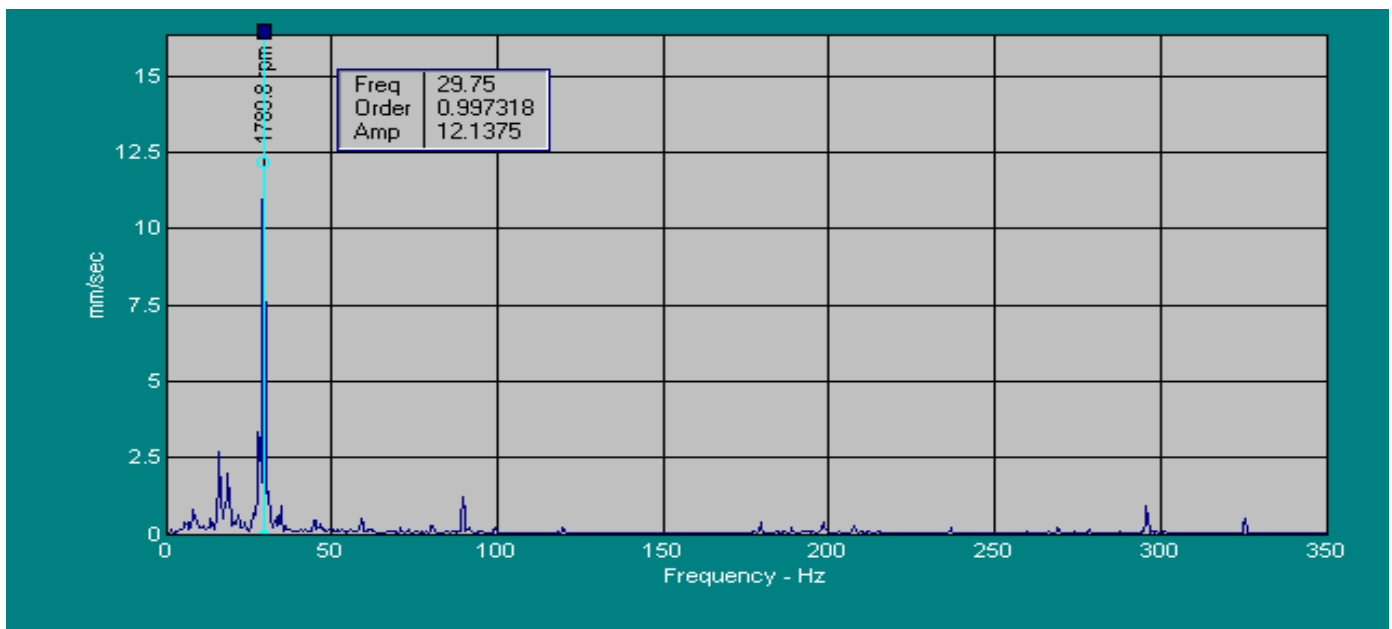
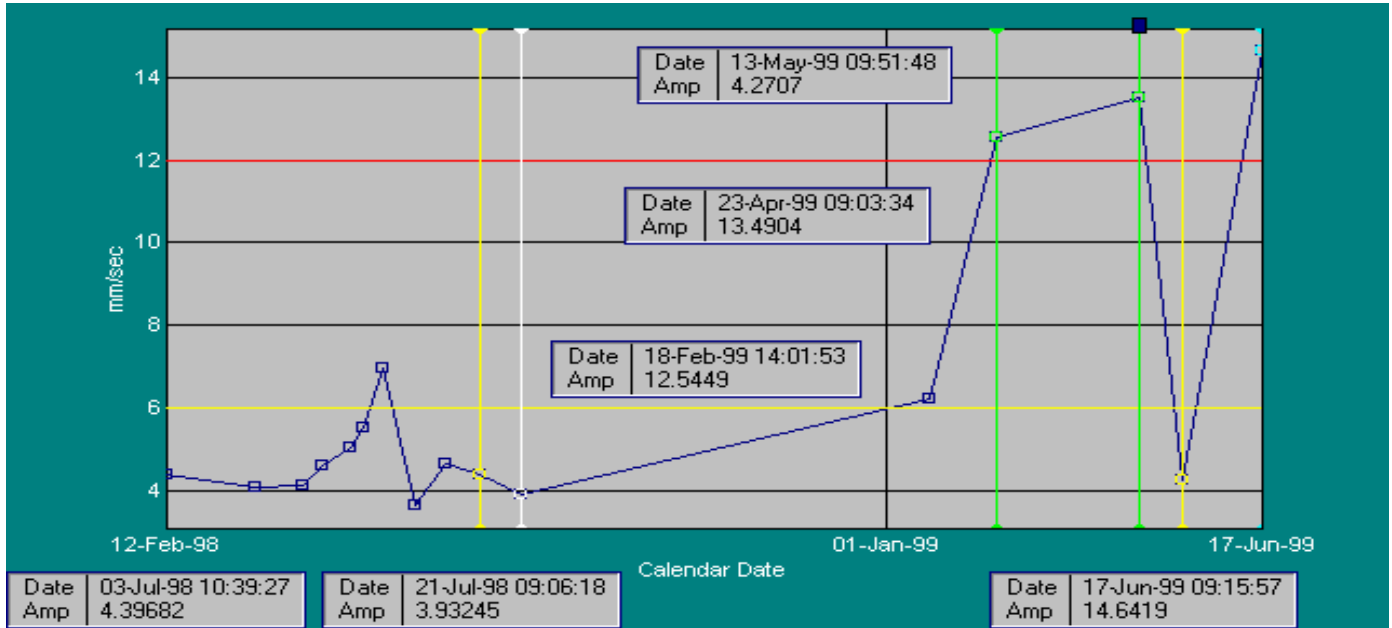


Após intervenção mecânica, a vibração caiu para $V=2,92$ mm/s. O que se pode considerar aceitável. Precisando melhorar o alinhamento. Veja :



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Os valores mostrados nos espectros de cada caso acima citado, são colhidos de um outro espectro do subconjunto, porém da mesma unidade de medição. O espectro de variação global das medidas. Veja os exemplos abaixo:



MANUTENÇÃO PREDITIVA-ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

8 - CONCLUSÃO

Na Manutenção Preditiva, de uma maneira especial na área da Análise de Vibração, procura-se por meio de instrumentos obter informações contidas das condições de funcionamento de um equipamento, relatar um diagnóstico e fazer intervenções antes da ocorrência de falhas. Ou ainda, monitorar início de falhas e intervir no momento adequado.

Porém, isso tudo só pode ser possível se houver a *participação de todas as pessoas envolvidas na equipe de manutenção mecânica*. Pois, além do conhecimento, a informação sobre o equipamento, o que foi feito nele, o seu comportamento é de fundamental importância para a Análise de Vibração.

NOTA :

Apenas para informação, utilizamos o Coletor CMVA 55 e o Software, Prism4.