

DESENVOLVIMENTO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA NOS ROLAMENTOS DOS MOTORES DE TRACÇÃO E MANCAIS DOS RODEIROS DA NOVA FROTA DE TRENS DA LINHA-5 DO METRÔ-SP UTILIZANDO A TÉCNICA DE ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

AUTORES

IGOR ALEXANDRE SOARES E ARAÚJO

CÁSSIO MURILO ADRIANO

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

Igor Alexandre Soares e Araújo, Engenheiro Eletricista Eletrônico, Metrô de São Paulo

- *Treinamento de Análise de Vibração Módulo I – Fupai Ano 2016*
- *Bacharel em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica – UniRadial/Estácio Ano 2010*
- *Tecnólogo em Automação Industrial – Cefet SP atual IF-SP Ano 2007*
- *Técnico Eletrônico – ETEC Aprígio Gonzaga Ano 2000*

Cássio Murilo Adriano, Engenheiro Eletricista Eletrônico, Metrô de São Paulo

- *Analista de Vibração nível II certificado pela Fupai (Instituto de Vibração MTA)*
- *Bacharel em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica – UniRadial/Estácio*
- *Tecnólogo Mecânico em Processos de Produção – Fatec*
- *Técnico Mecânico – Liceu de Artes e Ofícios SP*

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária





TIPOS DE MANUTENÇÃO



(usar mais de uma linha se necessário)

CORRETIVA

**CICLO
QUEBRA-
REPARA**

PREVENTIVA

**PREVENÇÃO
DE FALHAS**

PREDITIVA

**MONITORA-
MENTO DE
DEFEITOS**

DETECTIVA

**DETECÇÃO
DE FALHAS
OCULTAS**



MANUTENÇÃO PREDITIVA



(usar mais de uma linha se necessário)

MANUTENÇÃO PREDITIVA É AQUELA QUE É REALIZADA A QUALQUER TEMPO, VISANDO IDENTIFICAR E CORRIGIR UMA FRAGILIDADE OU POTENCIAL DE FALHA PERCEBIDO ANTECIPADAMENTE À OCORRÊNCIA DE UM PROBLEMA.

OBJETIVO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

- REDUZIR PARADAS NÃO PROGRAMADAS;
- EXECUTAR INTERVENÇÕES ADEQUADAS;
- RACIONALIZAR O CONSUMO DE MATERIAIS SOBRESSALENTE;
(de uma linha se necessário)
- OTIMIZAR RECURSOS HUMANOS E FINANCEIROS;
- REDUZIR EVENTUAIS IMPACTOS AMBIENTAIS.



**AUMENTO DA
PRODUTIVIDADE**

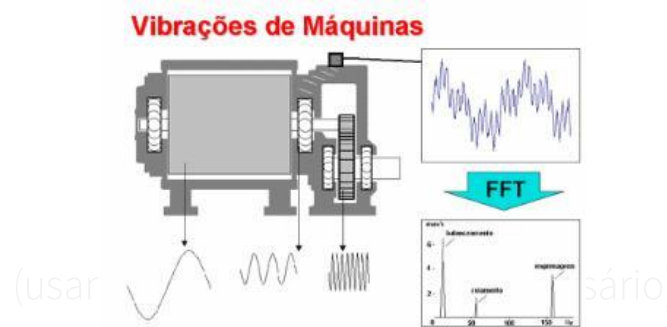


TIPOS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

- **ANÁLISE DE VIBRAÇÕES;**
- TERMOGRAFIA;
- ANÁLISE DE LUBRIFICANTES;
- RADIOGRAFIA;
- ENERGIA ACÚSTICA (ULTRA-SOM);
- ENERGIA ELETROMAGNÉTICA (PARTÍCULAS MAGNÉTICAS, CORRENTES PARASÍTICAS);
- FENÔMENOS DE VISCOSIDADE (LÍQUIDOS PENETRANTES);
- RADIAÇÕES IONIZANTES (RAIO X OU GAMAGRAFIA), ETC.

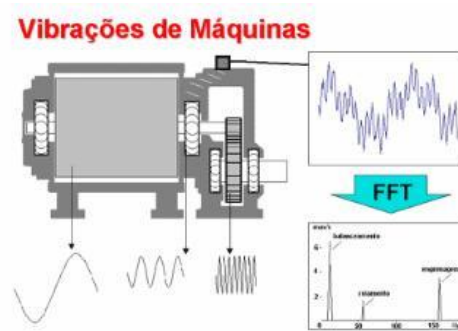


ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

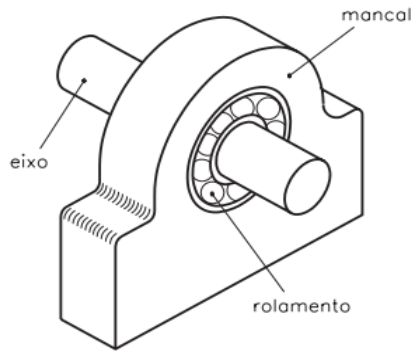


Vibração - é uma oscilação de um corpo em torno de uma posição de referência. O movimento vibratório é a resposta de uma máquina às forças dinâmicas que a excitam.

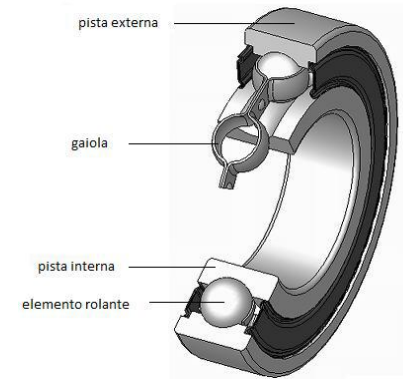
ANÁLISE DE VIBRAÇÃO



Esta técnica consiste no monitoramento da vibração seguido de sua análise por meio da identificação das frequências características de falha. Os impactos periódicos, gerados pela passagem dos elementos do rolamento pelos defeitos, excitam vibrações de curta duração em frequências naturais elevadas. Com isso, são geradas bandas espectrais, das quais se pode avaliar a intensidade e distribuição de energia, viabilizando a identificação do estágio de degradação do rolamento.



ROLAMENTO



O rolamento é a peça do mancal empregada com a finalidade de suportar carregamentos e permitir movimento relativo entre duas partes (normalmente eixo e máquina). Vale ressaltar que o emprego desse dispositivo permite o trabalho do eixo sem acarretar o seu desgaste devido a seu movimento relativo.

ROLAMENTO

FORMULAS PARA CALCULO DE FREQUENCIA DE DEFEITO EM ROLAMENTOS



$$\text{BPFI} \longrightarrow \text{Defeito na pista externa (Hz)} = \frac{n}{2} f \left(1 - \frac{DE}{DP} \cos \beta \right)$$

$$\text{BPFO} \longrightarrow \text{Defeito na pista interna (Hz)} = \frac{n}{2} f \left(1 + \frac{DE}{DP} \cos \beta \right)$$

$$\text{BSF} \longrightarrow \text{Defeito no elemento rolante (Hz)} = f \frac{DP}{DE} \left[1 - \left(\frac{DE}{DP} \cos \beta \right)^2 \right]$$

$$\text{FTF} \longrightarrow \text{Defeito na gaiola (Hz)} = \frac{1}{2} f \left(1 - \frac{DE}{DP} \cos \beta \right)$$

$$DP = \frac{D1 + D2}{2}$$

n = numero de elementos rolantes

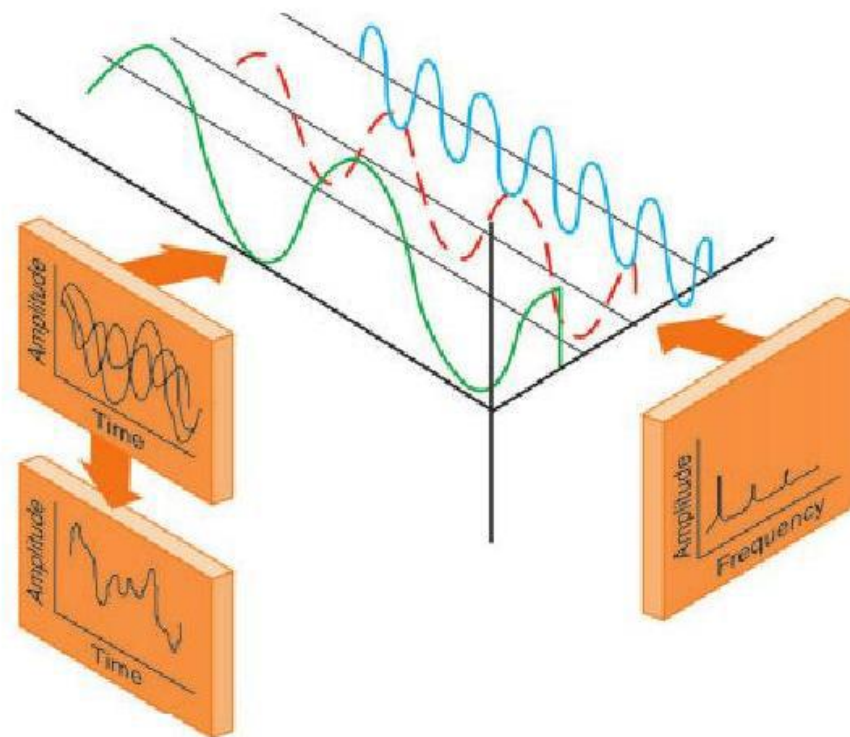
f = frequência de rotação

DE = Diámetro elemento rolante

DP = Diámetro primitivo

β = angulo de contato

TÉCNICAS NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA



Exemplo de mudança entre domínios do Tempo e de Frequência.

(r mais de uma linha se necessário)

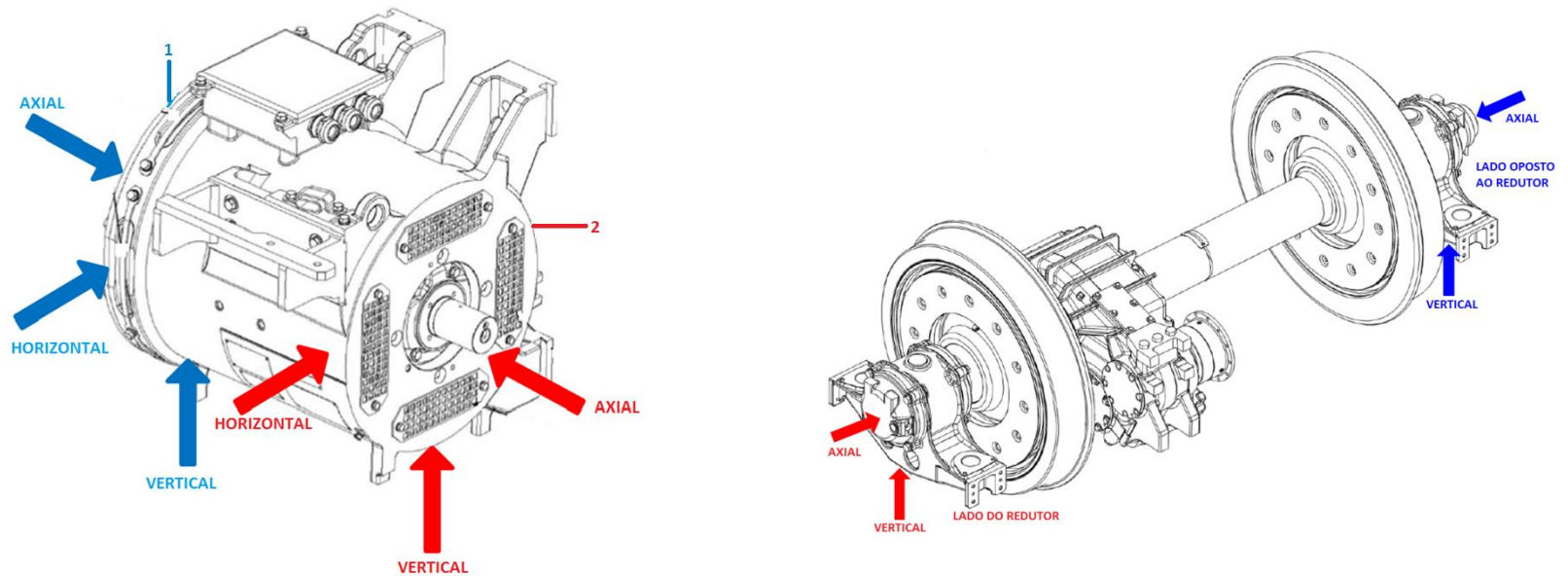
FROTA P LINHA 5



**Início das atividades de Análise de Vibração
maio/2016**



MOTOR DE TRACÇÃO E RODEIRO



Localização dos Pontos de Medições da Análise

D.A.D.



DISPOSITO DE AQUISIÇÃO DE DADOS



AQUISIÇÃO DE DADOS / MEDIÇÃO



(r mais de uma linha)

VISÃO GERAL DA JANELA HIERARQUIA

SKF @ptitude Analyst para SKF Microlog Analyzer - ADMIN - TREM PCR

Arquivo Editar Exibir Inserir Transferir Personalizar Janela Ajuda

Hierarquia

Minhas hierarquias

- TREM PCR
 - Frota F
 - Frota P
 - Motor de tração
 - Rodeiros
 - P09_Carro1/R1
 - LRVv
 - LRVe2
 - LRVe3
 - LRVacc
 - LRVacc+
 - LRAv
 - LRAe2
 - LRAe3
 - LRAacc
 - LRAacc+
 - LOVv
 - LOVe2
 - LOVe3
 - LOVacc
 - LOVacc+
 - LOAv
 - LOAe2
 - LOAe3
 - LOAacc
 - LOAacc+
 - P09_Carro1/R2
 - P09_Carro1/R3
 - P09_Carro1/R4
 - P09_Carro2/R1
 - P09_Carro2/R2
 - P09_Carro2/R3
 - P09_Carro2/R4
 - P09_Carro3/R1
 - P09_Carro3/R2

CONJUNTOS DE MÁQUINAS DA FROTA P

MÁQUINA DO CONJUNTO RODEIROS

PONTOS DA MÁQUINA

Nome	Descrição	Alarmes	P...
LRVv	@LRV Mancal Lado Red...	Nenhum d...	1
LRVe2	@LRV Mancal Lado Red...	Nenhum d...	2
LRVe3	@LRV Mancal Lado Red...	Nenhum d...	3
LRVacc	@LRV Mancal Lado Red...	Nenhum d...	4
LRVacc+	@LRV Mancal Lado Red...	Nenhum d...	5
LRAv	@LRA Mancal Lado Red...	Nenhum d...	6
LRAe2	@LRA Mancal Lado Red...	Nenhum d...	7
LRAe3	@LRA Mancal Lado Red...	Nenhum d...	8
LRAacc	@LRA Mancal Lado Red...	Nenhum d...	9
LRAacc+	@LRA Mancal Lado Red...	Nenhum d...	10
LOVv	@LOV Mancal Lado Op...	Nenhum d...	11
LOVe2	@LOV Mancal Lado Op...	Nenhum d...	12
LOVe3	@LOV Mancal Lado Op...	Nenhum d...	13
LOVacc	@LOV Mancal Lado Op...	Nenhum d...	14
LOVacc+	@LOV Mancal Lado Op...	Nenhum d...	15
LOAv	@LOA Mancal Lado Op...	Nenhum d...	16
LOAe2	@LOA Mancal Lado Op...	Nenhum d...	17
LOAe3	@LOA Mancal Lado Op...	Nenhum d...	18
LOAacc	@LOA Mancal Lado Op...	Nenhum d...	19
LOAacc+	@LOA Mancal Lado Op...	Nenhum d...	20

IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Hierarquia

Minhas hierarquias

- TREM PCR
 - Frota F
 - Frota P
 - Motor de tração
 - P09_Carro1/M1
 - 1Av
 - 1Av+
 - 1Ae2
 - 1Ae3
 - 1Aacc
 - 1Vv
 - 1Vv+
 - 1Ve2
 - 1Ve3
 - 1Vacc
 - 1Hv
 - 1Hv+
 - 1He2
 - 1He3
 - 1Hacc
 - 2Av
 - 2Av+
 - 2Ae2
 - 2Ae3
 - 2Aacc
 - 2Vv
 - 2Vv+
 - 2Ve2
 - 2Ve3
 - 2Vacc
 - 2Hv
 - 2Hv+
 - 2He2
 - 2He3
 - 2Hacc

1- MANCAL 1 OU TRASEIRO
A - DIREÇÃO AXIAL
v - GRANDEZA VELOCIDADE

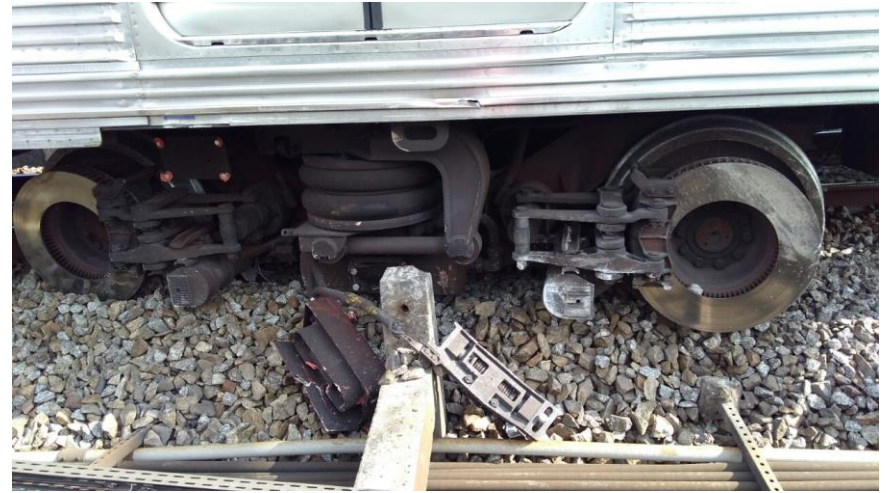
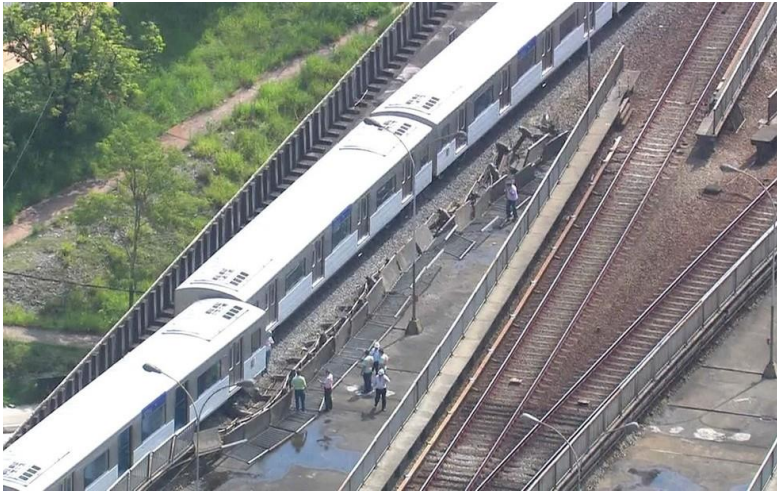
1- MANCAL 1 OU TRASEIRO
V - DIREÇÃO VERTICAL
e - GRANDEZA ENVELOPE
2 - FAIXA DE FREQUÊNCIA

2- MANCAL 2 OU DIANTEIRO
H - DIREÇÃO HORIZONTAL
acc - GRANDEZA ACELERAÇÃO

Nome

- 1Av
- 1Av+
- 1Ae2
- 1Ae3
- 1Aacc
- 1Vv
- 1Vv+
- 1Ve2
- 1Ve3
- 1Vacc
- 1Hv
- 1Hv+
- 1He2
- 1He3
- 1Hacc
- 2Av
- 2Av+
- 2Ae2
- 2Ae3
- 2Aacc
- 2Vv
- 2Vv+
- 2Ve2
- 2Ve3
- 2Vacc
- 2Hv
- 2Hv+
- 2He2
- 2He3
- 2Hacc

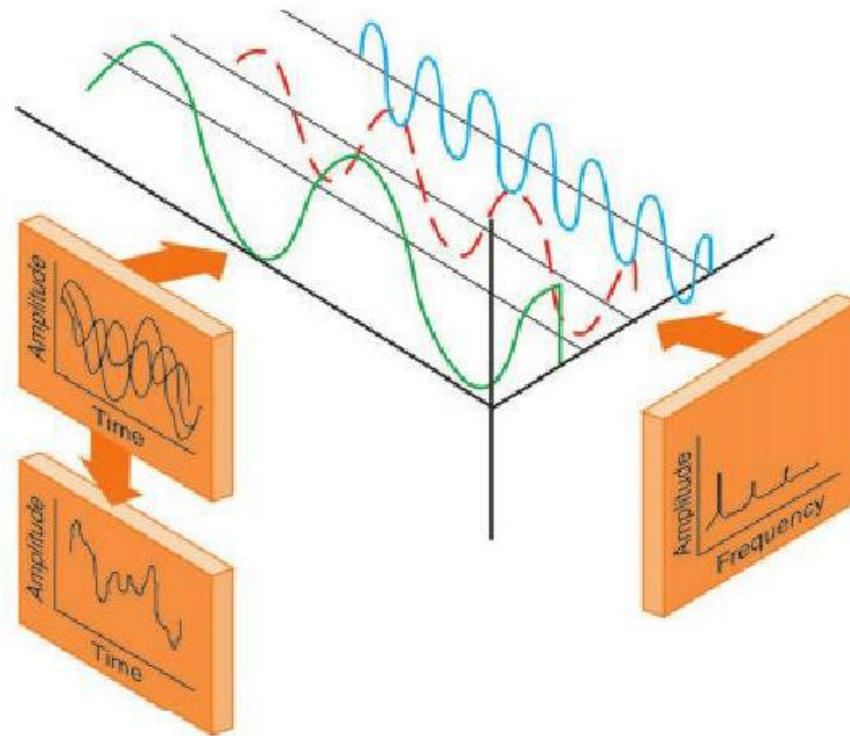
CONSEQUÊNCIAS DE ROLAMENTO DANIFICADO



**IMPORTÂNCIA DA
MANUTENÇÃO PREDITIVA
(ANÁLISE DE VIBRAÇÃO)**

(uma linha se necessário)

DOMÍNIO DO TEMPO PARA O DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA



(r mais de uma linha se necessário)

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

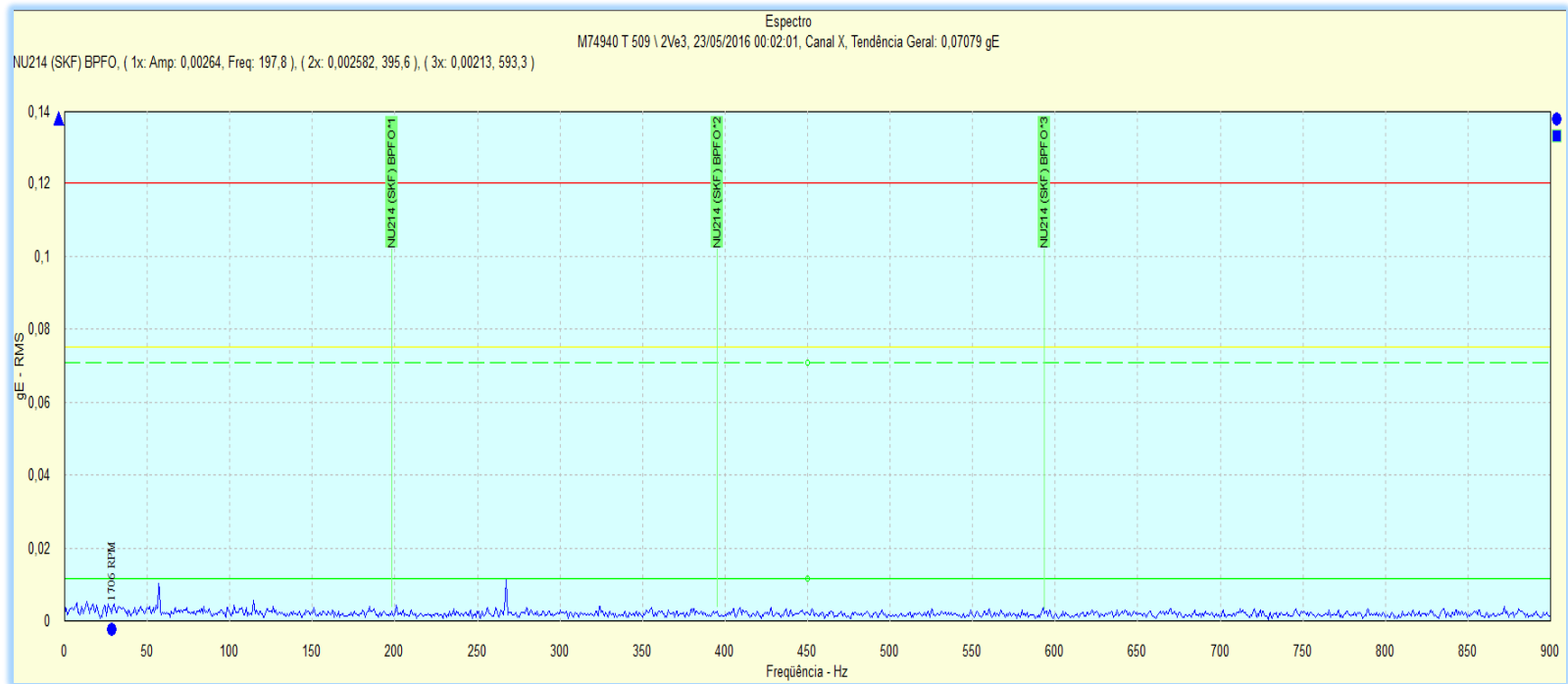


Gráfico de Espectros: rolamento sem defeito



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

**OBJETO: ROLAMENTO DIANTEIRO DO MOTOR DE TRAÇÃO M74936
RETIRADO DO TREM F09 (CARRO 2, POS. 3)**

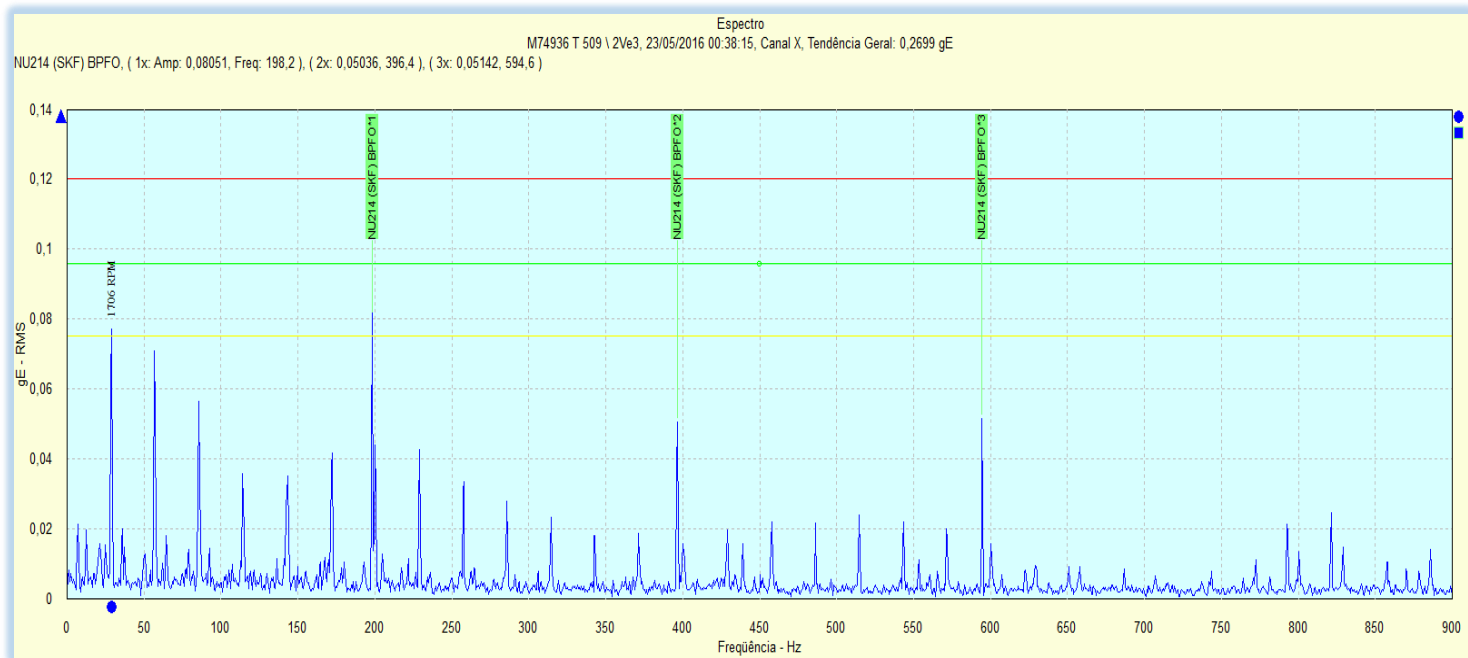


Gráfico de Espectro: rolamento defeituoso medido no trem (23/05/2016)



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

**OBJETO: ROLAMENTO DIANTEIRO DO MOTOR DE TRAÇÃO M74936
RETIRADO DO TREM F09 (CARRO 2, POS. 3)**

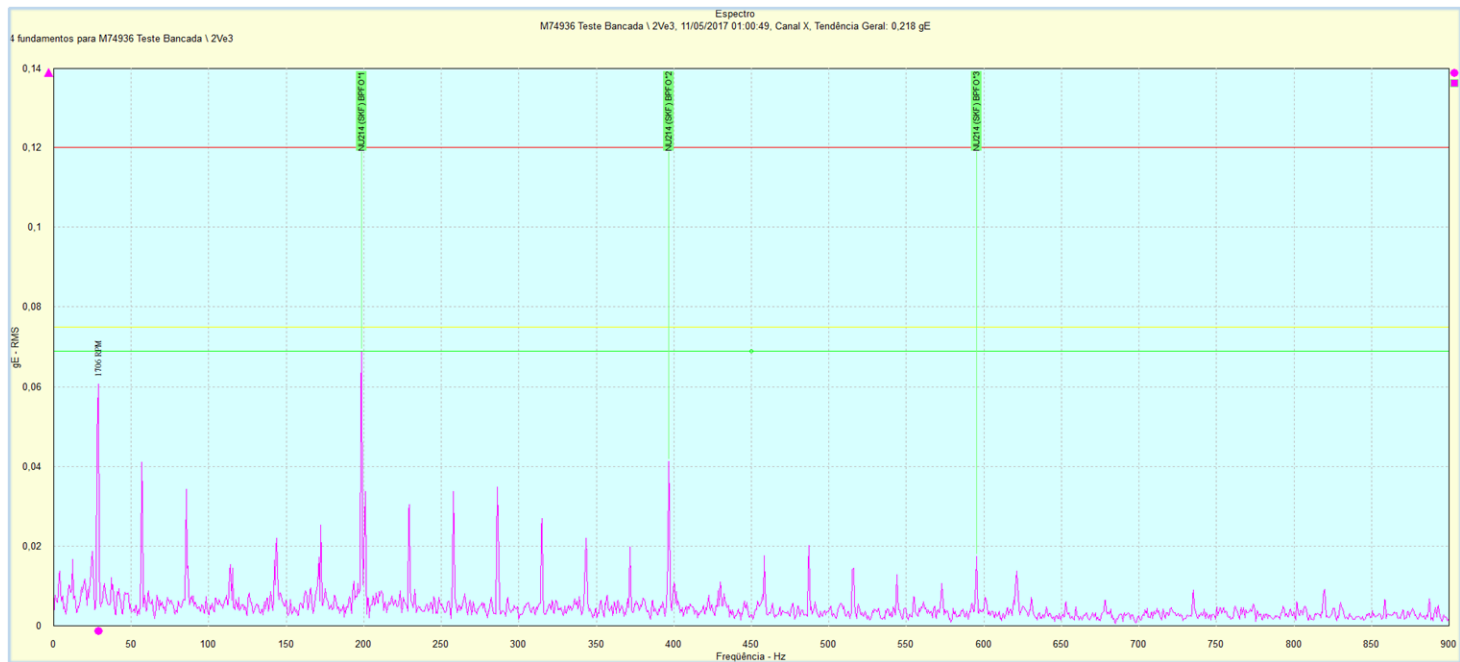


Gráfico de Espectro: rolamento defeituoso medido em bancada (11/05/2017)



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

**OBJETO: ROLAMENTO DIANTEIRO DO MOTOR DE TRAÇÃO M74936
RETIRADO DO TREM F09 (CARRO 2, POS. 3)**

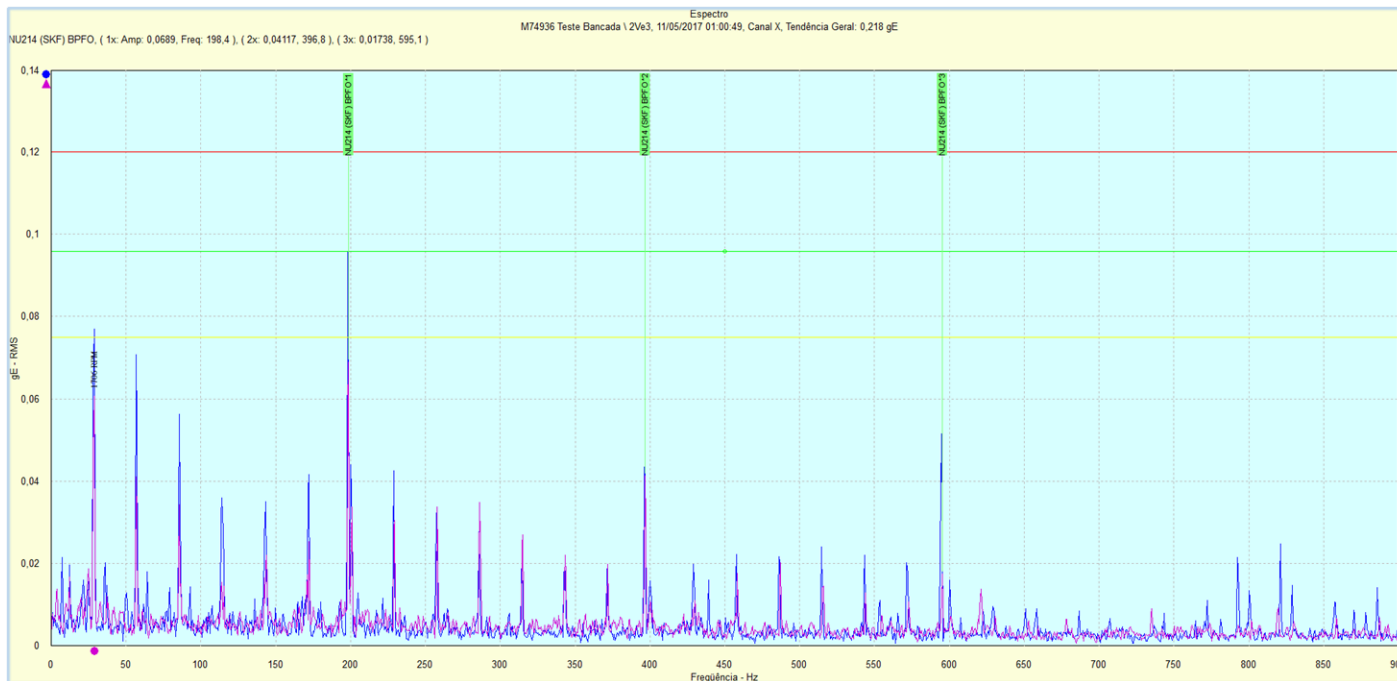
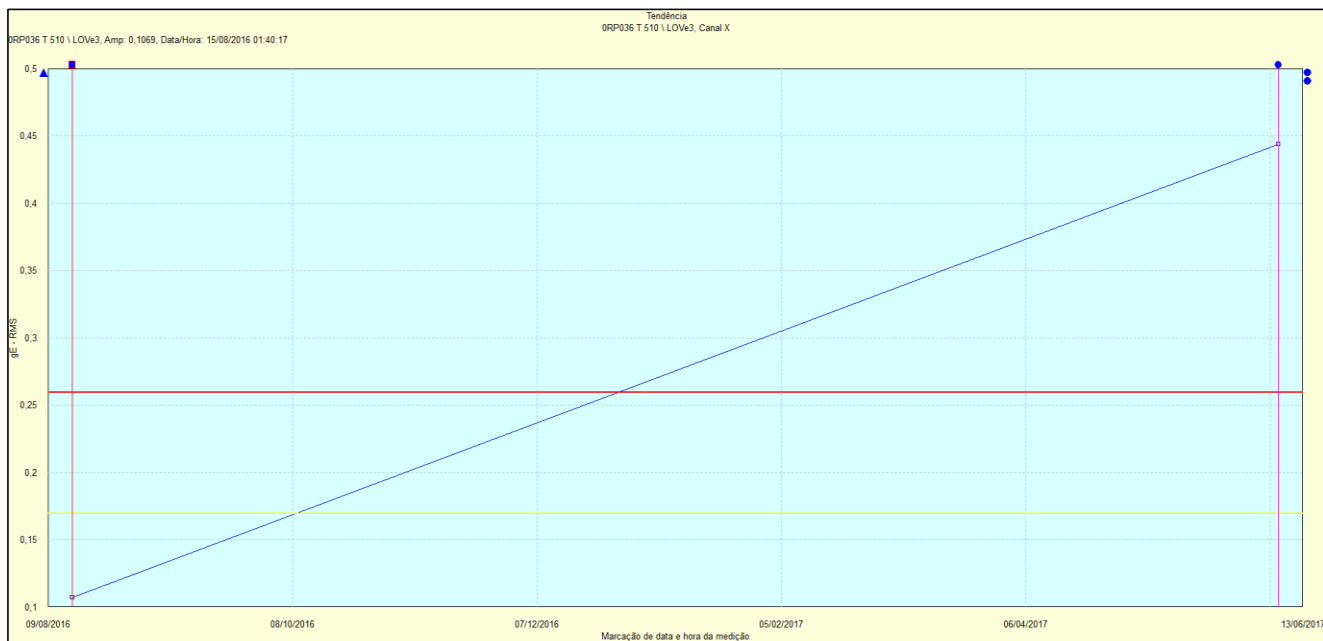


Gráfico de Espectro: rolamento defeituoso medido no trem x bancada (sobreposto)



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

**OBJETO: ROLAMENTO DO RODEIRO 0RP036 LO (lado oposto ao redutor)
RETIRADO DO TREM F10 (CARRO 4, POS. 1)**

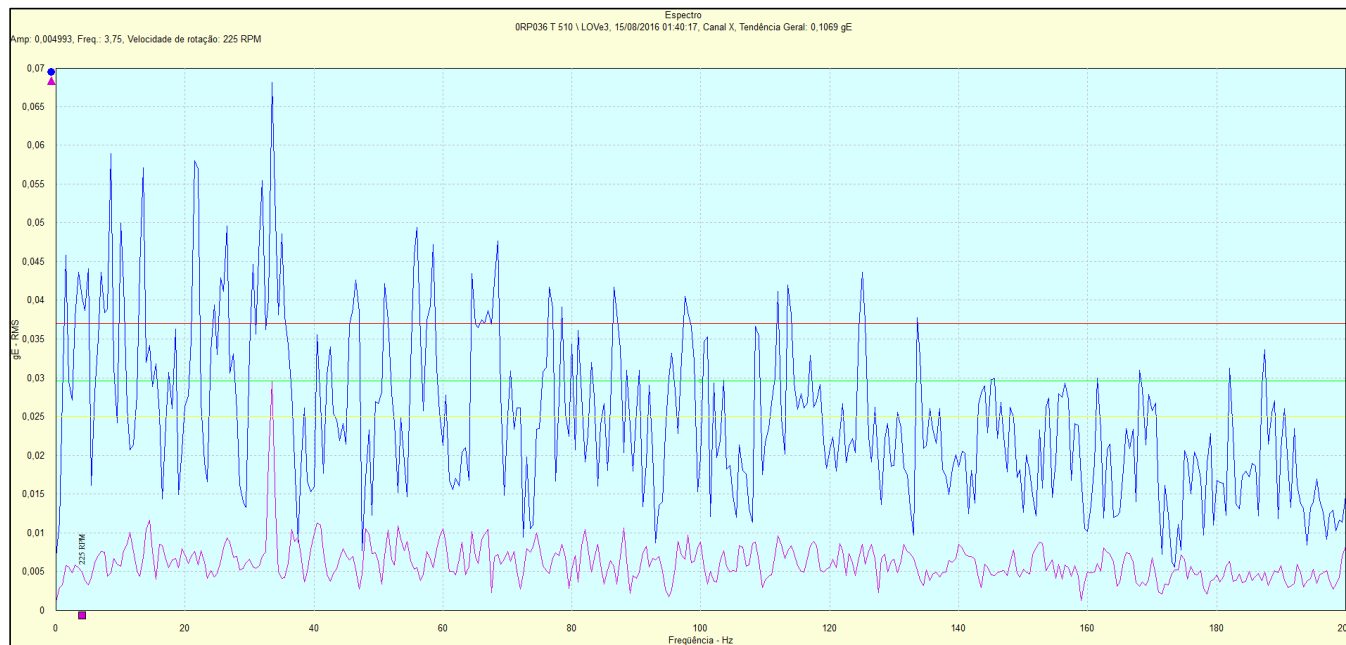


Plotagem de Tendência



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

**OBJETO: ROLAMENTO DO RODEIRO 0RP036 LO (lado oposto ao redutor)
RETIRADO DO TREM F10 (CARRO 4, POS. 1)**



Plotagem de Espectro



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

**OBJETO: ROLAMENTO DO RODEIRO 0RP036 LO (lado oposto ao redutor)
RETIRADO DO TREM F10 (CARRO 4, POS. 1)**

- Neste caso, foi constatado problemas de lubrificação. Após desmontagem do mancal, foi verificado que estes problemas ocorreram devido infiltração de água, e após uma investigação mais profunda, foi identificado erro de processo na montagem do mancal, e devido ao trem estar em garantia, o fornecedor realizou o retrabalho em toda frota sem custos adicionais para o Metrô.**



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES



RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VIBRAÇÕES

STATUS ATUAL

- Início das atividades da Análise – maio/2016
- Início da operação comercial – maio/2017
- Frota 26 trens, 13 trens medidos;
- 286 motores analisados;
- 1 motor substituído;
- 572 mancais de rolamentos analisados;
- 1144 mancais de rolamentos retrabalhados (toda a frota)



FIM



23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

Agradecimentos

Rosângela e Isabela

Eng. Gênisson Oliveira MTR/MRL

Eng. Nivaldo Macedo MTR/MRL

Eng. Alexandre Pedro MTR/MRL

Técnicos e oficiais da Preventiva PCR L5 MTR/MRL

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

Perguntas

IGOR ALEXANDRE SOARES E ARAÚJO

METRÔ-SP GMT/MTR/MRL

iaraujo@metrosp.com.br

CÁSSIO MURILO ADRIANO

METRÔ-SP GMT/MTT/EPL

cmurilo@metrosp.com.br

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária