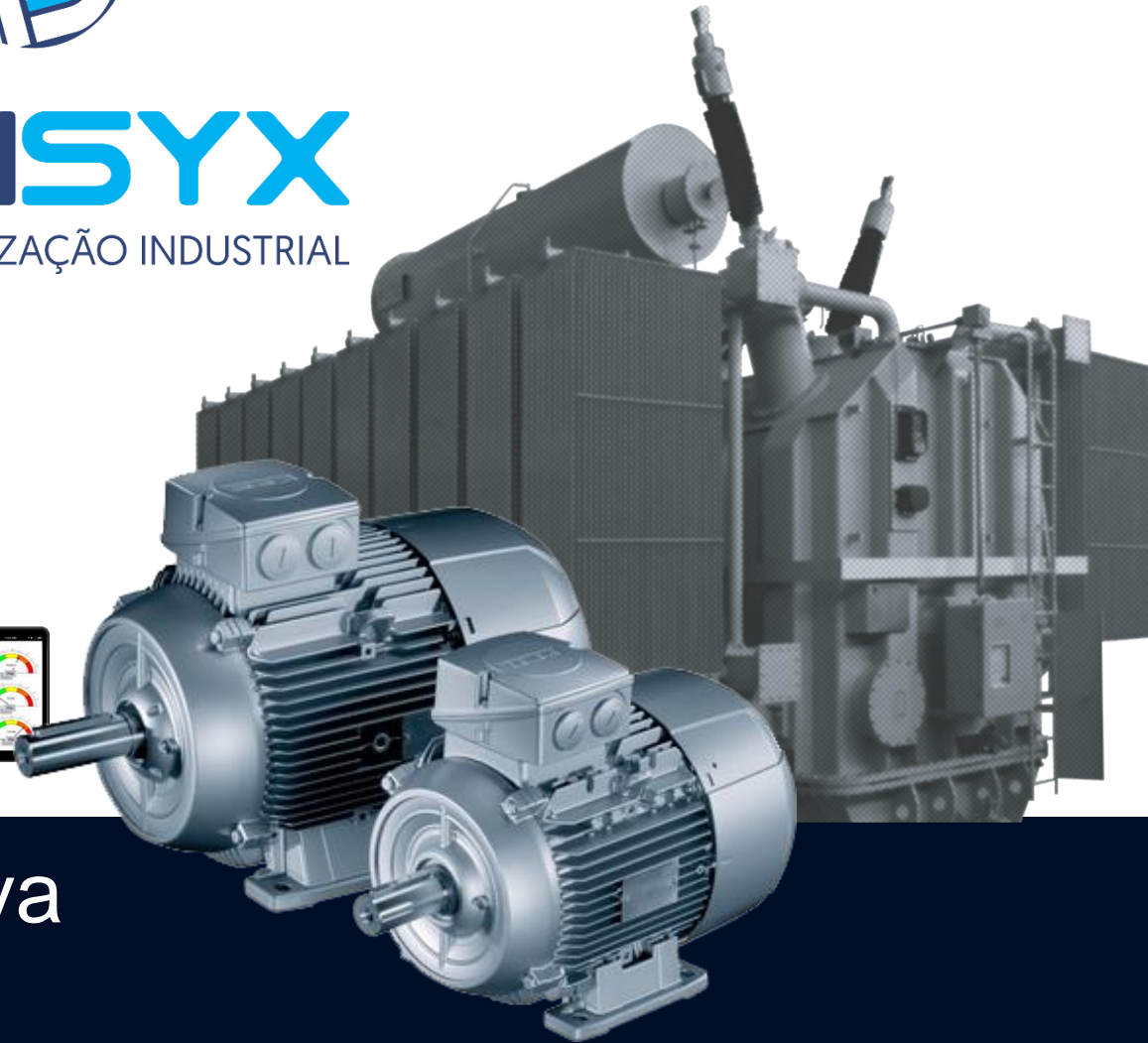


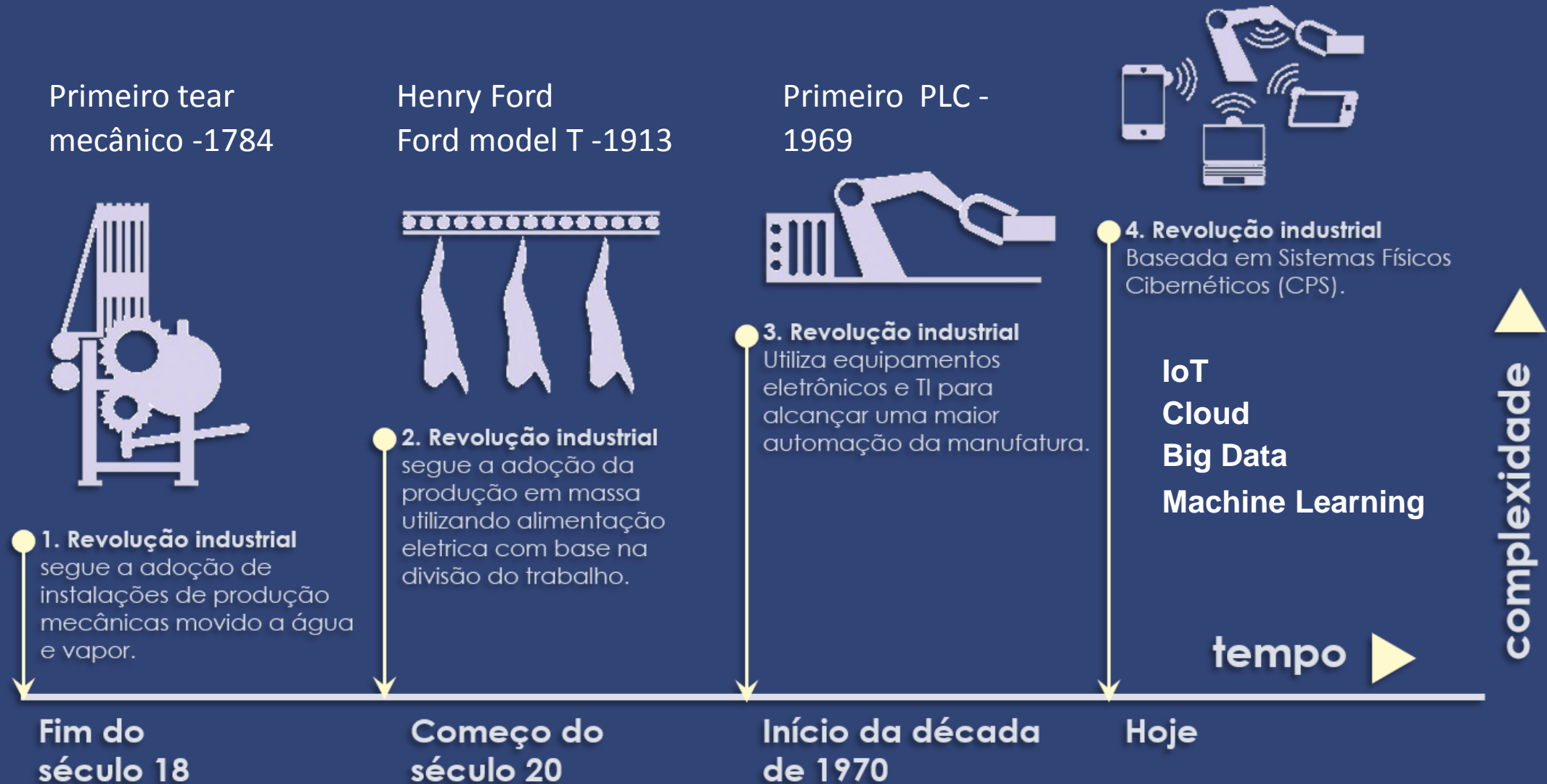


DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Indústria 4.0 – Manutenção Preditiva em Motores e Transformadores

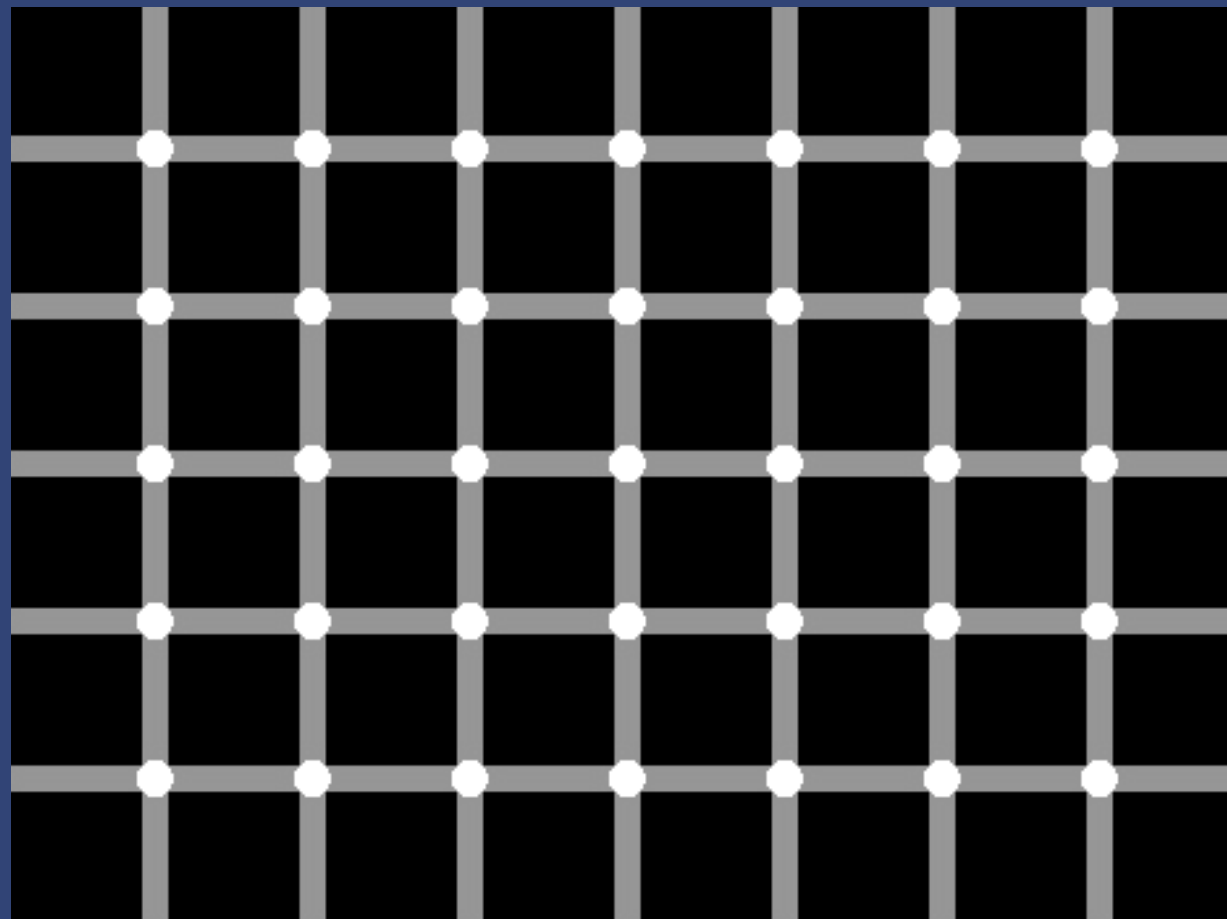
Industria 4.0?





Importância do Machine Learning

Conte os pontos Pretos!!





- Celular
- Notebook
- Tablet

- Correlação de dados
- Prever acontecimentos



- Os dados analisados por uma máquina são enviados e processados por outra sem intermediário

- Detetar Avarias antes de elas acontecerem

Indústria 4.0: Manutenção preditiva



Manutenção Corretiva

- Manutenção realizada somente após falha
- Planejada: gestores esperam conscientemente a falha para tomar providencias



Manutenção Preventiva

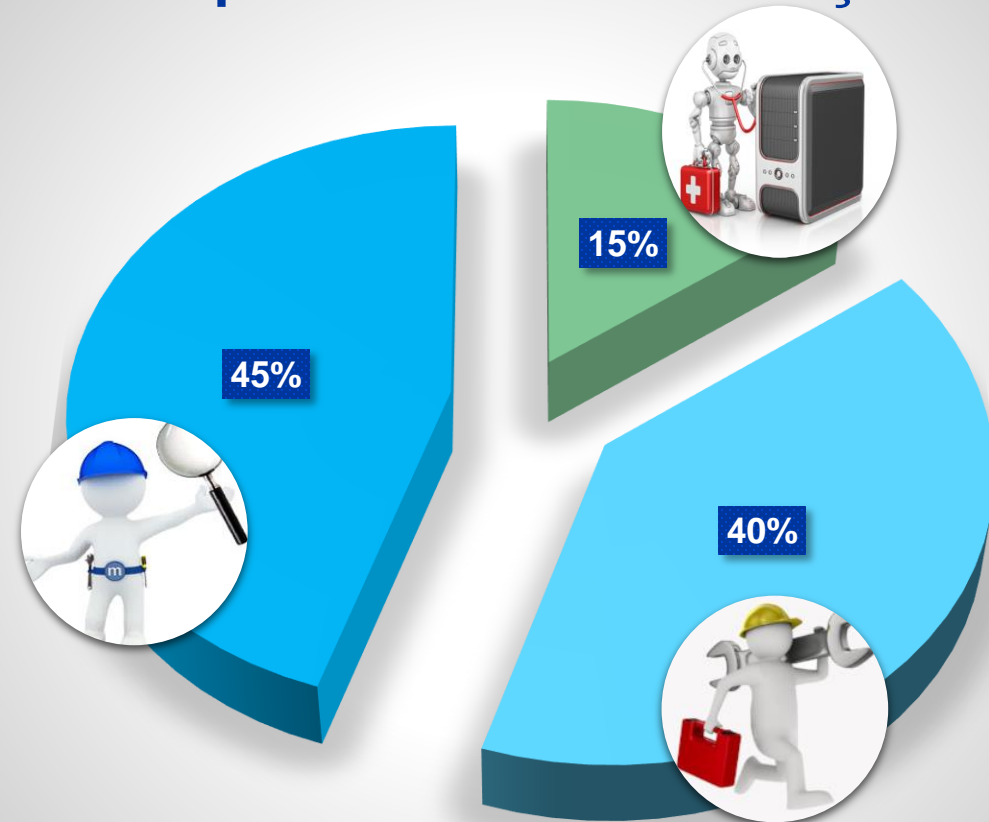
- Evitar que máquinas falhem ou quebrem e prejudiquem o processo industrial
- Estabelecimento de intervalos para reparar necessidades básicas dos equipamentos, como limpeza e lubrificação, por exemplo.



Manutenção Preditiva

- Antecipar às falhas evitando problemas não planejados
- Avaliar as condições de cada equipamento e detectar quando um problema pode ocorrer.

Tempo Gasto em Manutenção



Industria 4.0: Manutenção Preditiva



Vantagens M.Preditiva



Custos
manutenção

- Redução de 25 a 30%

Avarias imprevistas

- Redução de 70 a 75%



Paragens

- Redução de 35 a 45%

Produção

- Aumento de 20 a 25%



Custos de Manutenção em Relação à Corretiva

Corretiva



1000
Reais

Preventiva



500
Reais

Preditiva



280 Reais

Como deveria ser um diagnóstico ideal



- Evitar perda de produção;
- Aumentar o tempo disponível;
- Detectar problemas que ocorrem em plena carga.

Não Parar!
o Equipamento



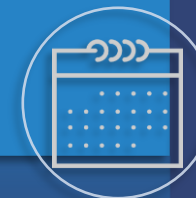
- Sem interferência no processo;
- Sem retirar equipamento do lugar (custos de parada + transporte).

Não invasivo.



- Idealmente, o tempo entre cada diagnóstico por deveria ser semanalmente, ou até mesmo a cada minuto.
- Previsão atempada de um problema.

Diagnósticos
Muito Freqüentes



- Valor preciso que identifique a condição do equipamento desde ótimo estado até condição crítica.
- Cálculo da evolução da condição do equipamento entre cada amostra.

Avaliação
numérica precisa
da condição.

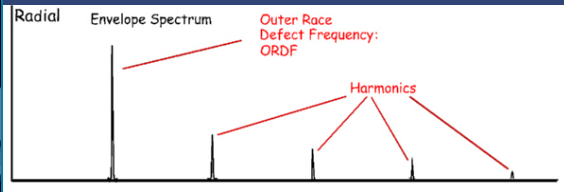
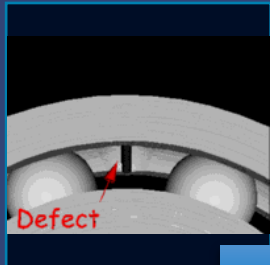


Problemas Mecânicos em Motores

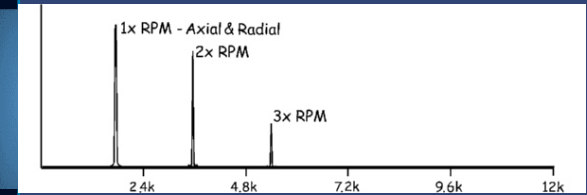
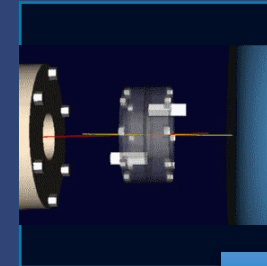
Análise de Vibração no domínio da Frequência



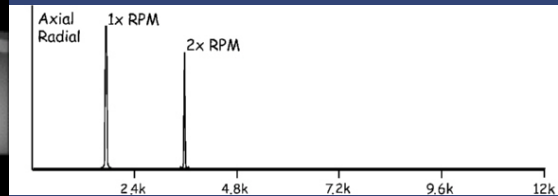
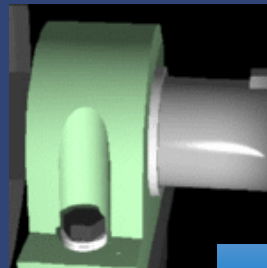
DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



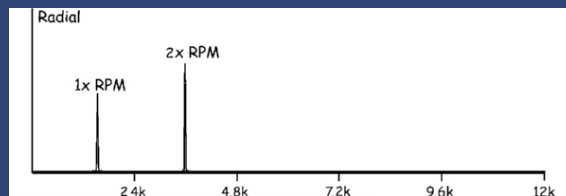
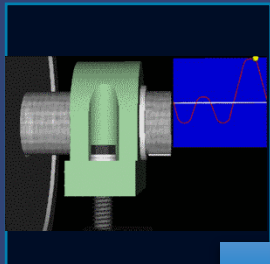
Rolamentos



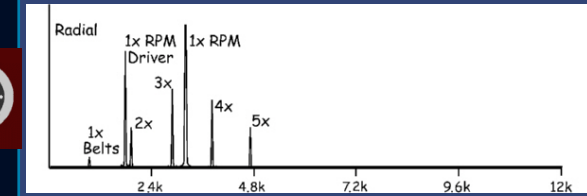
Desalinhamento



Excentricidade



Apoios Soltos

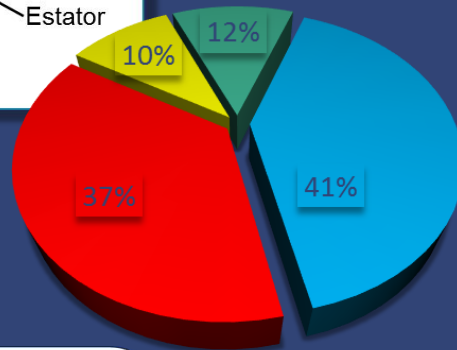
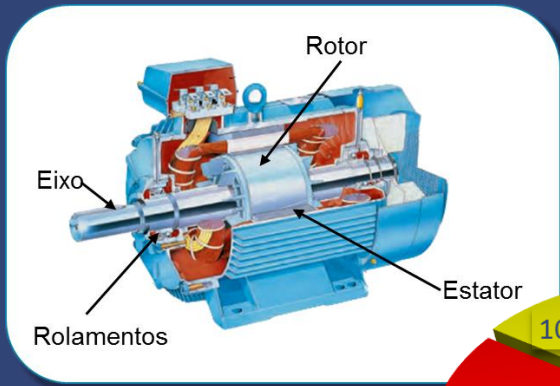


Polias e Correias

Problemas em Motores e transformadores & Diagnósticos Atuais



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Acústica



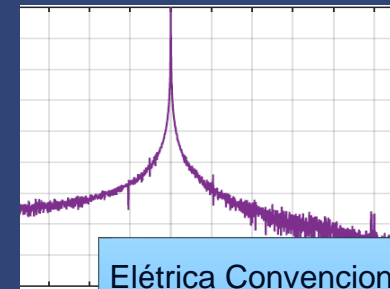
Temperatura



Vibração

Problemas elétricos

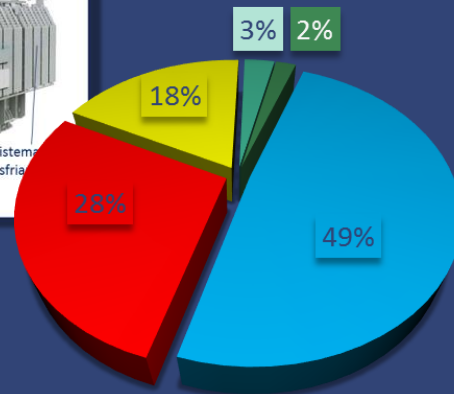
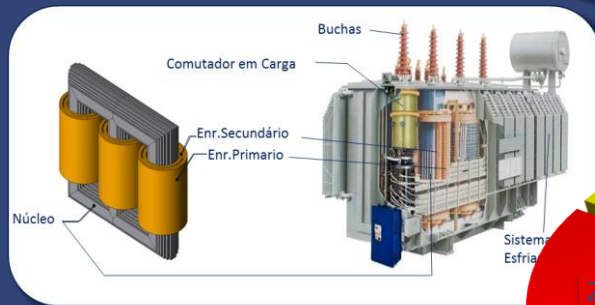
- Rolamentos
- Estator
- Rotor
- Outros



Elétrica Convencional



Oléo Isolante



Problemas elétricos

- Enrolamentos e Conectores (Leads)
- Cumutadores de Carga
- Buchas
- Nucleo

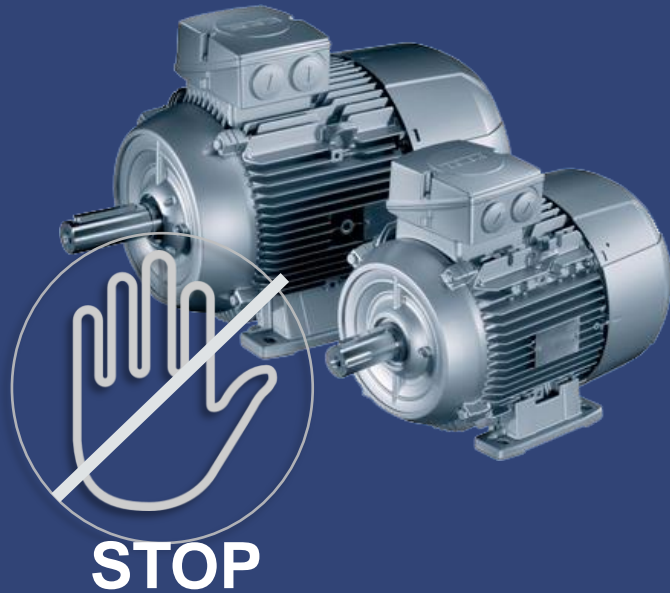


Apenas detetam problemas elétricos num estágio muito avançado

Como antecipar as falhas, Hoje? Preventiva!



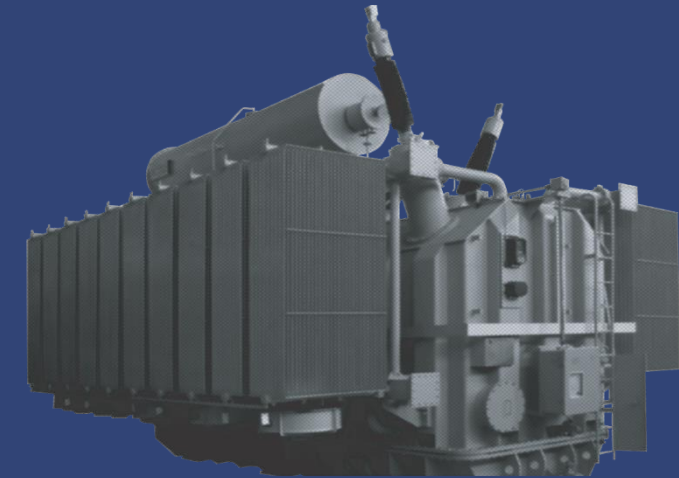
DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Parar o motor e realizar testes diretamente:

- Índice envelhecimento
- Índice de absorção
- Índice de polarização
- etc

Testes muito Precisos –Precisam do motor parado



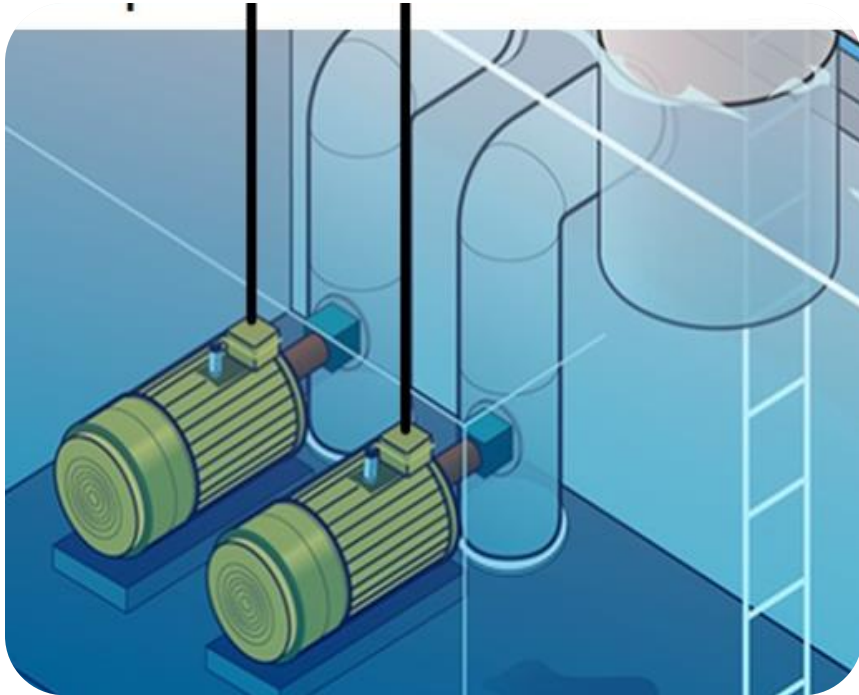
Realizando troca de peças por tempo de uso definidas pelo fabricante.

Análise do óleo se não for transformador seco

É muito comum usar redundância

**Não existe solução de manutenção Preditiva eficiente
para problemas elétricos**

Como Fazer quando os motores não estão acessíveis?



Exemplo: Bombas Submersas



Análise Elétrica – Convencional

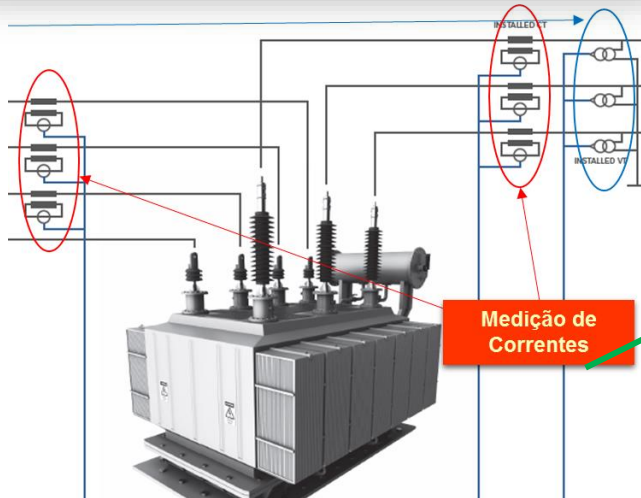
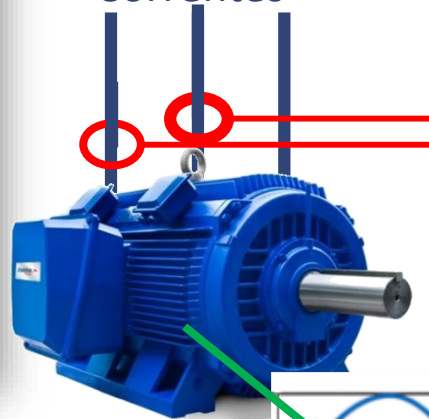
Só analisa uma fase por vez!!!



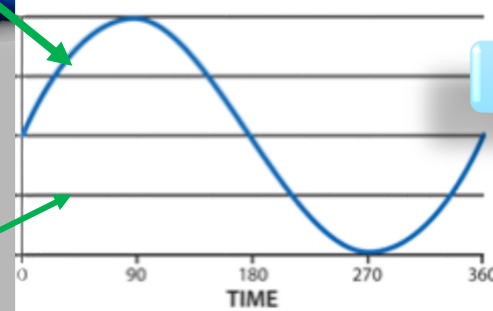
DENSIX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Medição das
Correntes

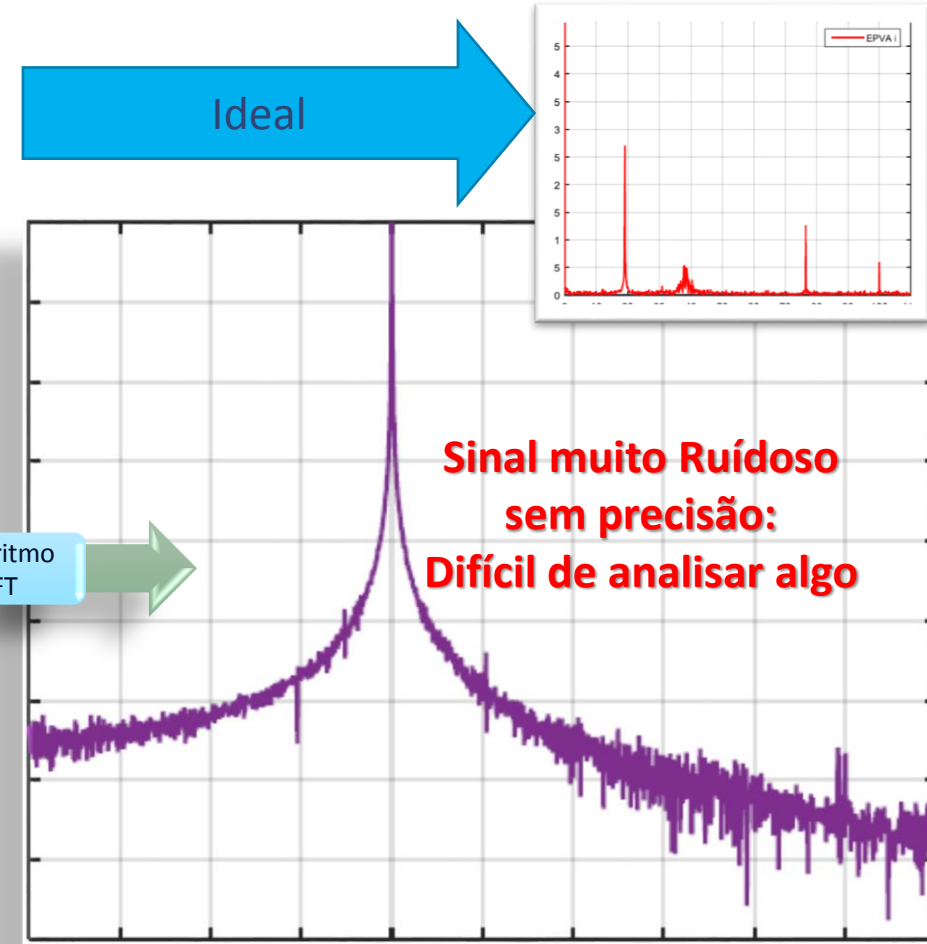


Medição de
Correntes



Uma Fase de Corrente

Algoritmo
FFT



Análise Espectral da Corrente



E Agora?

**Só posso ter soluções para
Problemas Mecânicos em
Motores?**

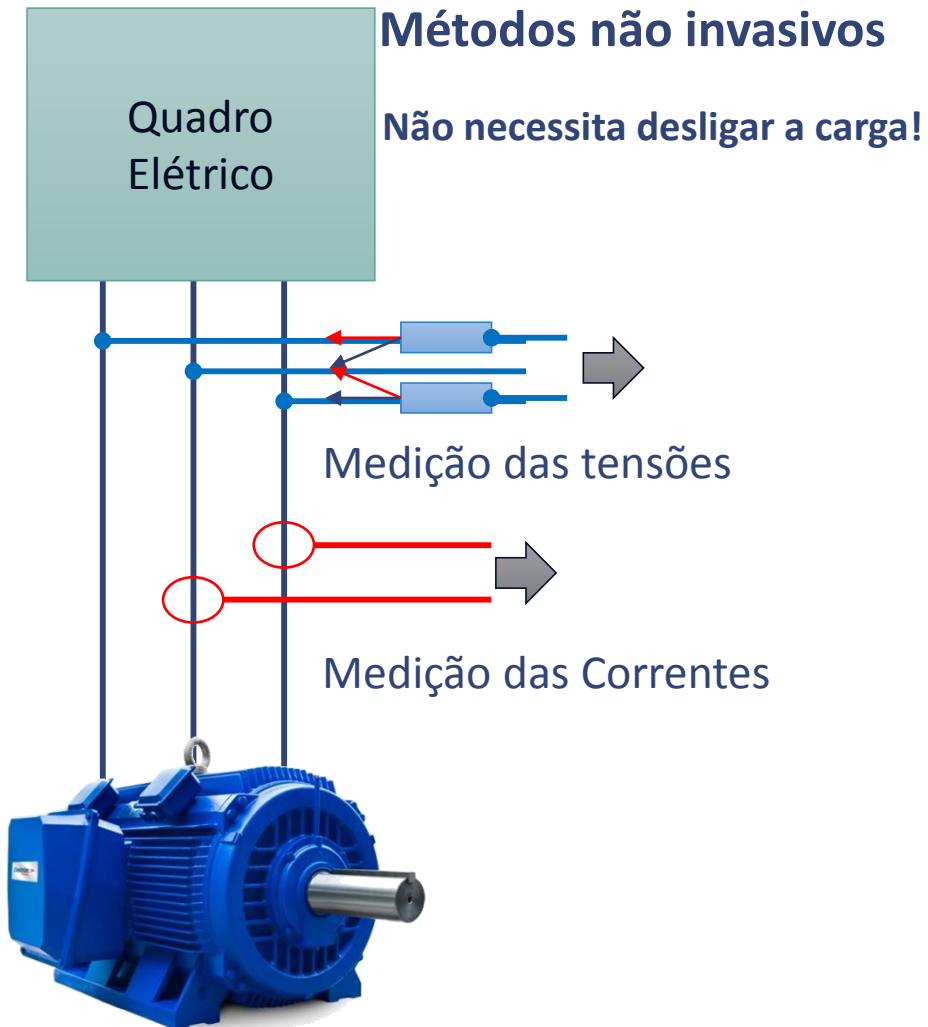
**E quanto aos
transformadores secos?**

INOVAÇÃO DENSYX

Medindo apenas correntes e tensões



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Calculamos um Valor correspondente à condição de cada um dos componentes abaixo

Rotor



Estator



Excentricidade



Problemas de carga



Alimentação



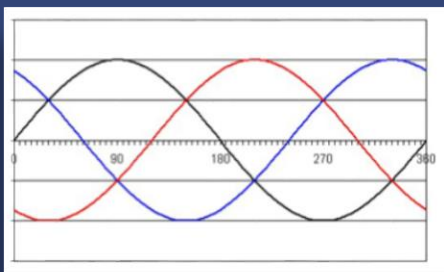


DENSIX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

Nossa Técnica –

validado e comprovado por anos de estudos e publicações no IEEE

Técnica de vetores de coordenadas espaciais;
Aplicados às Correntes e Tensões de Motores e
Transformadores



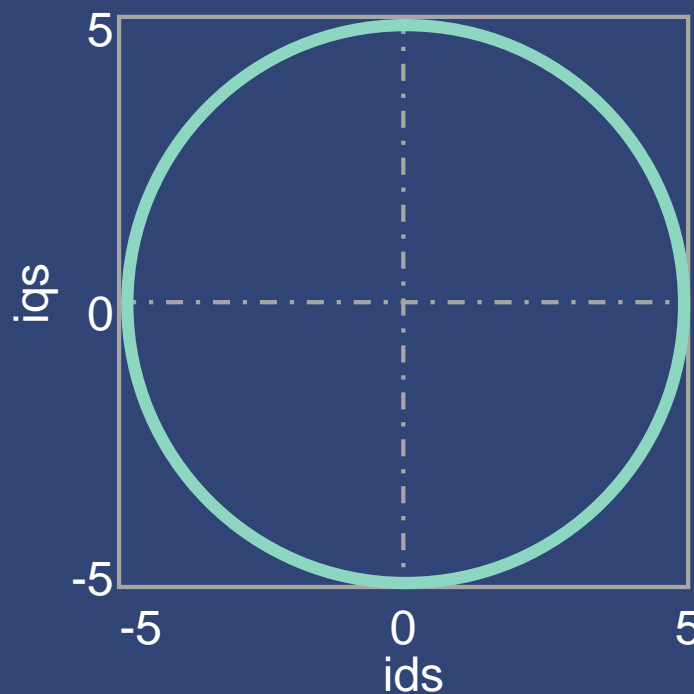
Leva em conta às 3 fases correlacionando-as!!

Permite representar uma máquina a fase do motor onde ocorreu a avaria.

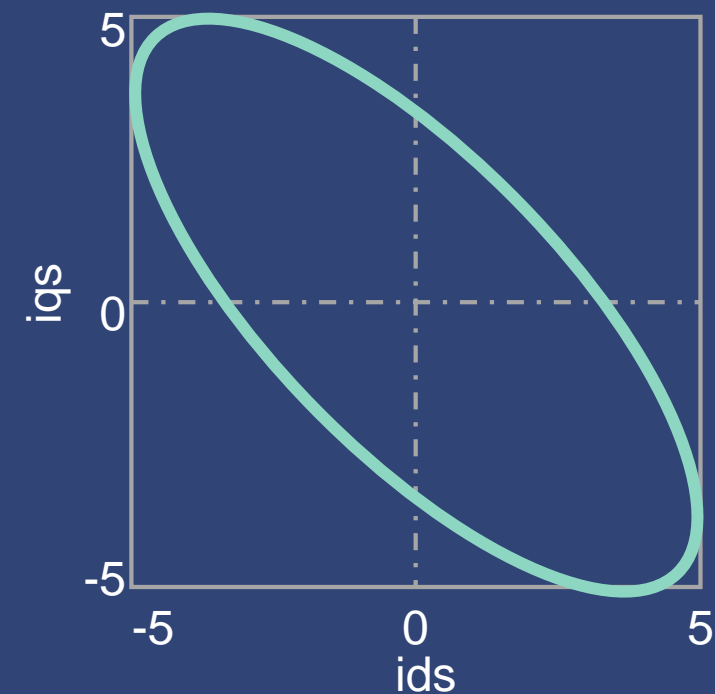
No caso de quebra de barras magnéticas no espaço do entreferro do tipo sinusoidal), rotóricas, surgem componentes com frequências através de um sistema bifásico equivalente, representado em i_d e i_q que não são representadas no plano definido por um sistema de eixos ortogonais (ângulos elétricos).

O que nos obrigou a evoluir a técnica para análise espectral

Equipamento Perfeito

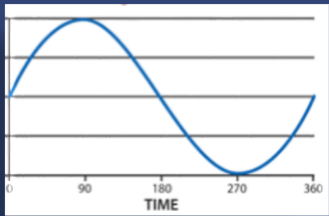


Equipamento com Avaria



Transformada do vetor da correlação

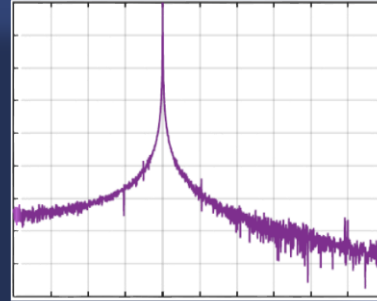
Análise Espectral da Corrente Convencional



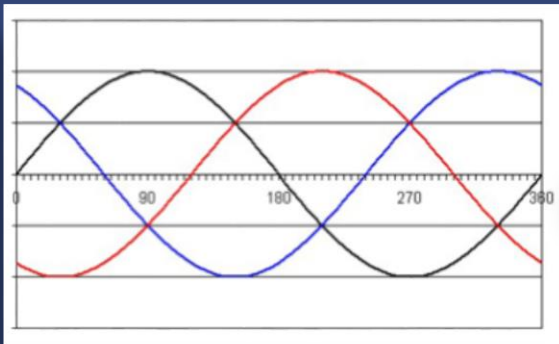
Uma corrente de alimentação



Algoritmo
FFT



Nossa Técnica



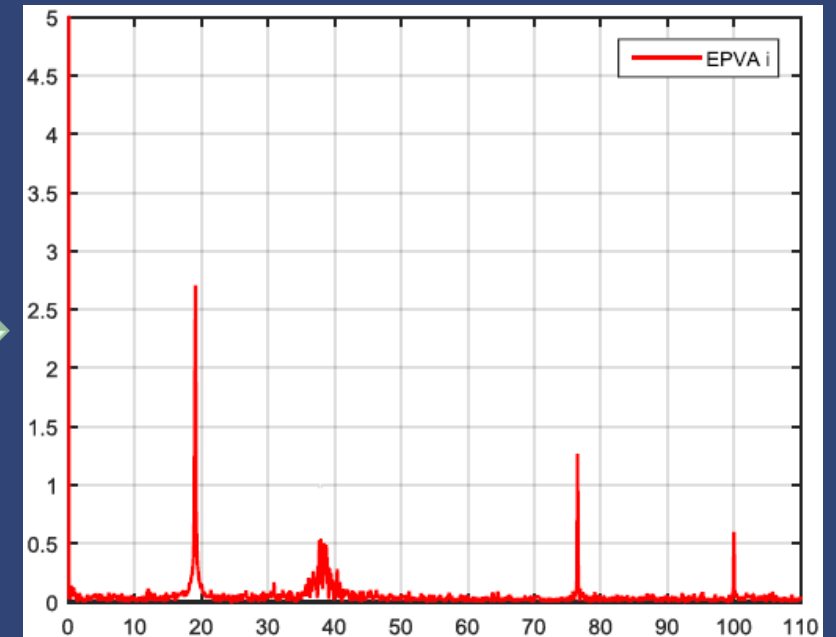
Três correntes de alimentação

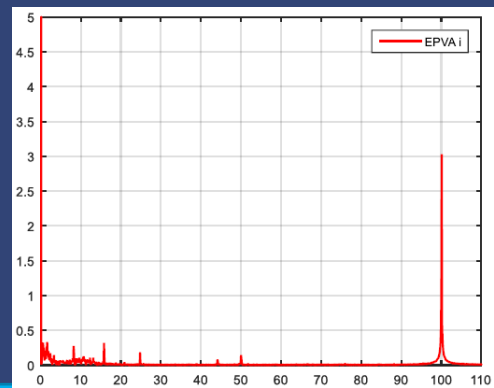
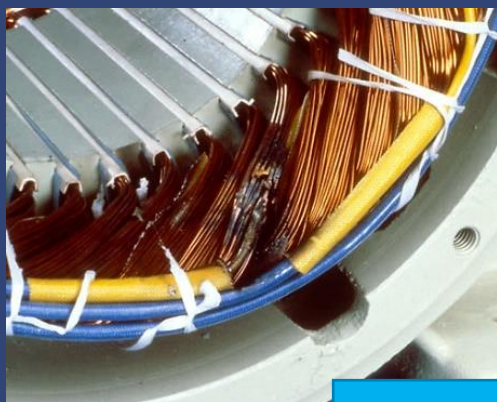


Transformada
da
correlação

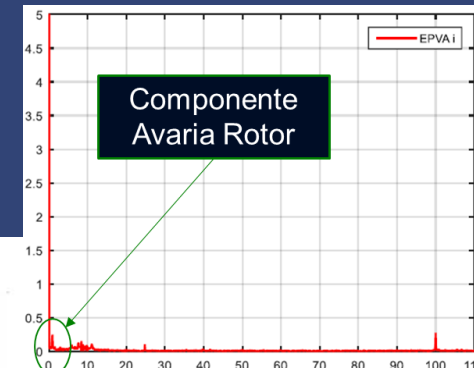
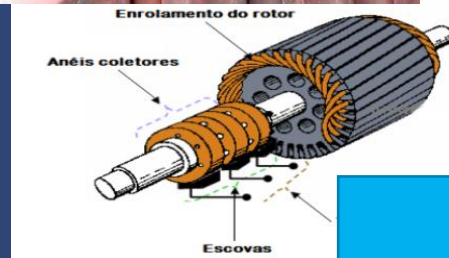


Algoritmo
FFT

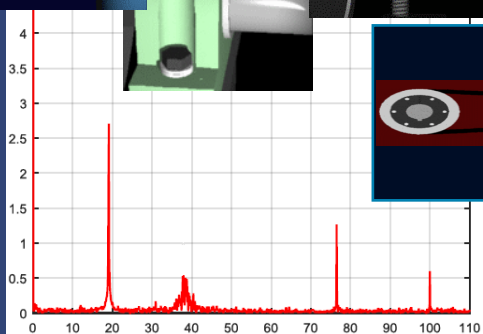
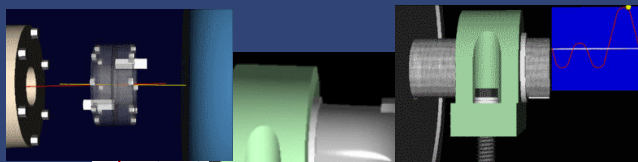




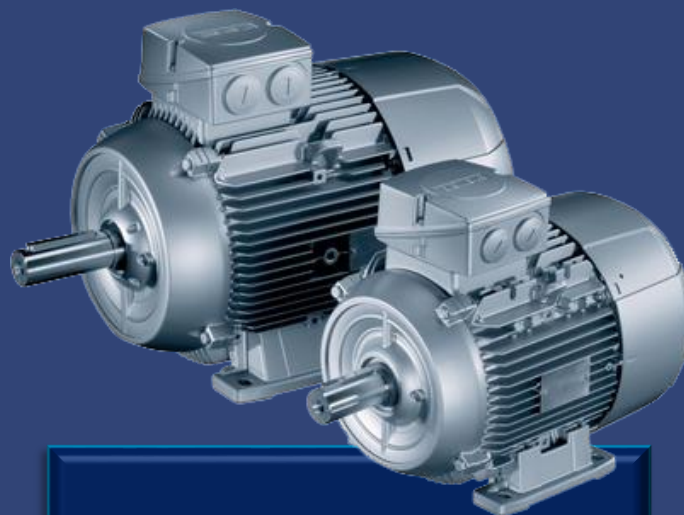
Estator



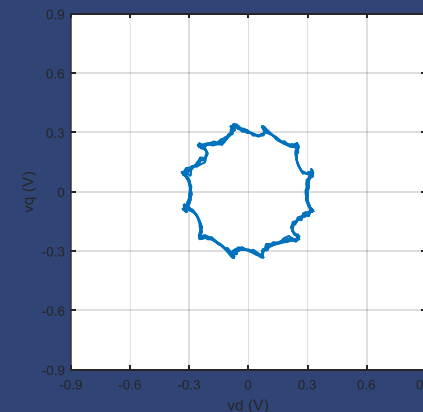
ROTOR



Avarias Mecânicas



Diagnóstico de Motores Elétricos



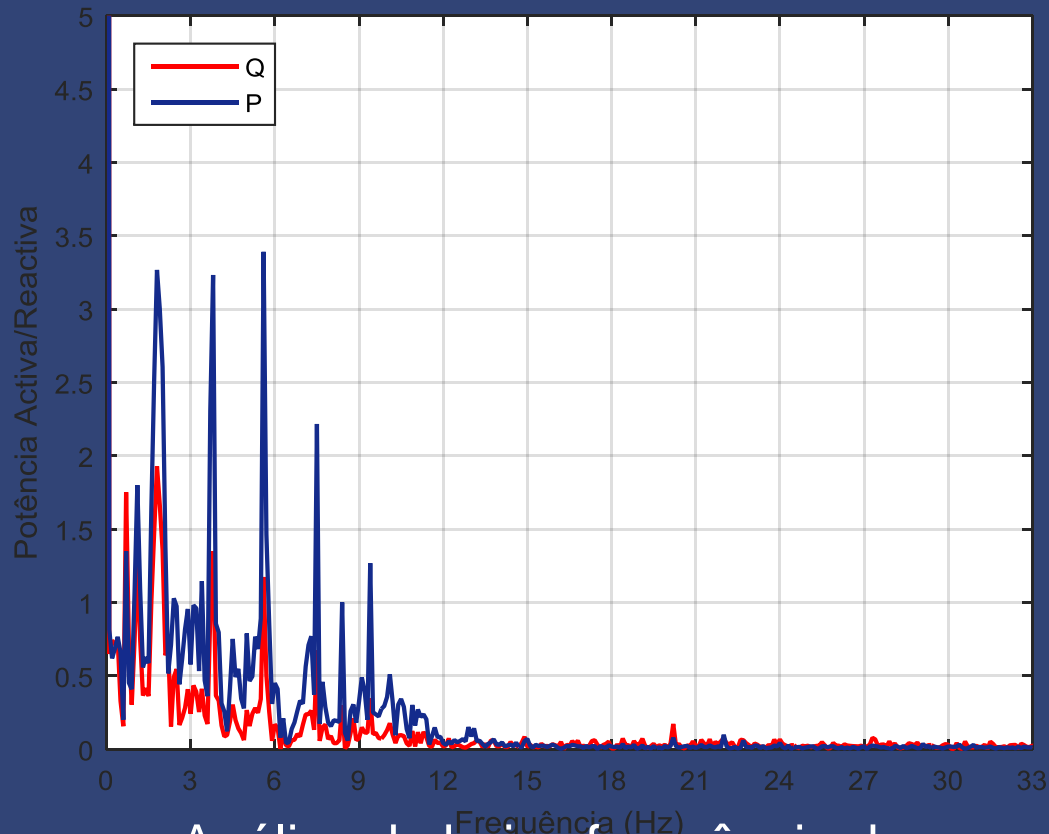
Problemas com a alimentação

Problemas de Rotor

Sem parar motor nem desconectar a carga!!



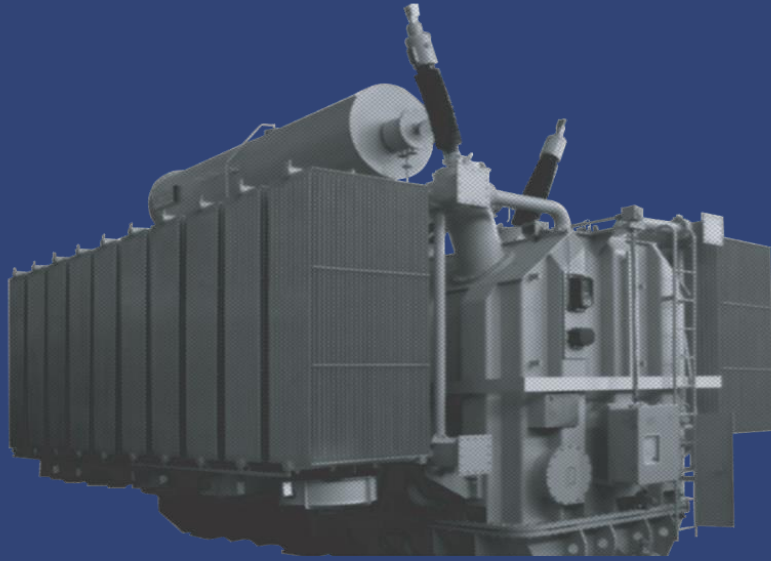
DENSIX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



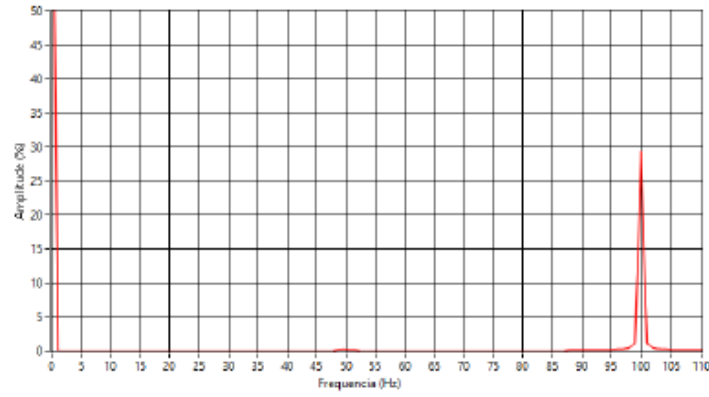
Análise de baixa frequência das potências instantâneas do motor



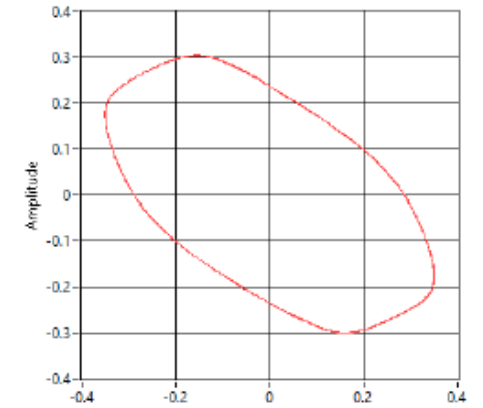
- A existência de picos nas baixas frequências são indícios de problemas com a carga ou com o rotor;
- Para distinguir analisamos vetor park da potência:
 - P - potência ativa
 - Q - potência reativa
- Se os picos de P são superiores aos de Q então é problema da carga;
- Se os Picos de Q são superiores aos de P então problemas de rotor.



Diagnóstico em Transformadores



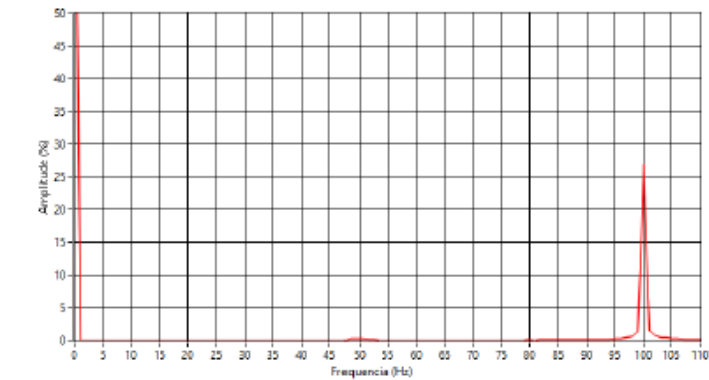
(a)



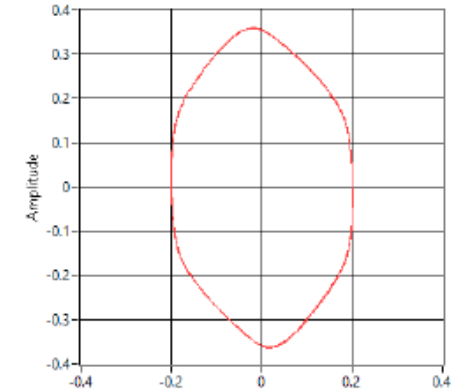
(b)

Fig. 6 – Exciting currents spectral analysis (a) and 2D representation (b) under a small short-circuit in phase A.

Pequeno curto circuito na fase A



(a)



(b)

Fig. 7 – Exciting currents spectral analysis (a) and 2D representation (b) under a small short-circuit in phase B.

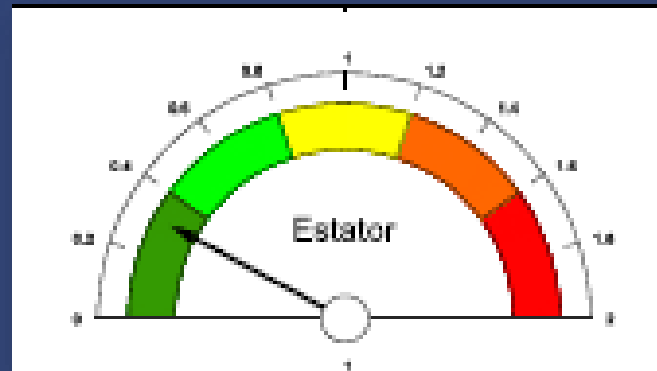
Pequeno curto circuito na fase B

Fator de Severidade

FS

Foi desenvolvido para cada um dos itens um algoritmo que calcula o Fator de Severidade correspondente.

O FS indica o grau de problema do item de 0 à 100%



0.0% significa que não tem problema



DENSYX

SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

Indústria 4.0



Avarias detectadas- Online

Avarias Elétricas

Avarias Mecânicas

Alimentação

- Desbalanceamento da tensão;
- Distorção harmônica.

$$0.0 < FS_a < 2.0$$

Estator

- Desbalanceamento da corrente devido problemas na bobinagem.

$$0.0 < FS_e < 2.0$$

Rotor

- Rotor Bobinado: Desbalanceamento da corrente devido problemas no circuito do rotor;
- Rotor Gaiola: Barras quebradas.

$$0.0 < FS_r < 2.0$$

Excentricidade

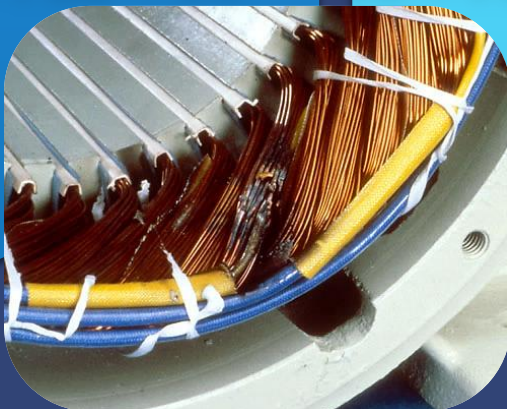
- Desalinhamento do motor com a carga;
- Desbalanceamento do rotor;
- Problema de fixação do motor .

$$0.0 < FS_x < 2.0$$

Carga

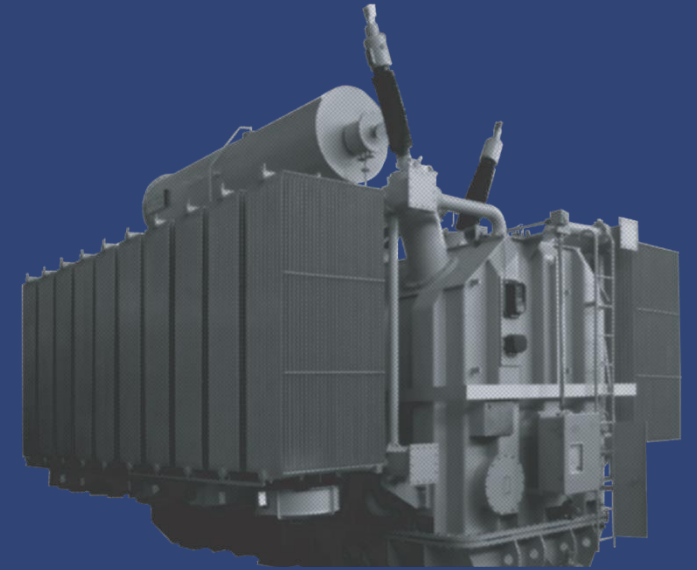
- Nível de variação de carga elevado;
- Problemas em sistemas de correias/polias.

$$0.0 < FS_{car} < 2.0$$



FS – Fator de Severidade

Avarias detectadas Online



The screenshot shows a software interface for monitoring transformer health. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Contains various icons for navigation and monitoring, including 'Alarmas', 'Eventos', 'Medidas', 'Diagnóstico', 'Modos de funcionamento', 'Pesquisa', 'Gestão de subestação', 'Definições do sistema', 'Utilizadores', 'Sair', and 'Desligar'.
- Left Panel:** A tree view showing the hierarchy of substations and transformers. The 'Centro' section is expanded, showing 'Alto S. João' with transformers '19990C-S' and '19990C-T'. The 'Norte' section is also expanded, showing 'Bragança' with transformers '1170100148' and '1170100111'. The 'Entre os Rios' section is highlighted, showing 'Tp1' with transformer '19340C' and 'Tp2' with transformer 'C-01214'. Other sections include 'Femil Basto', 'Marco de Canaves', 'Rebordosa', and 'Sul'.
- Main Area:** Displays the health status of the selected transformer. It is divided into three columns:
 - Condição dos enrolamentos:** Shows a green light, indicating good health.
 - Condição do núcleo:** Shows a green light, indicating good health.
 - Condição do comutador de tomadas:** Shows a green light, indicating good health.
- Diagrams:** Below the status lights, there are three diagrams illustrating the transformer's internal components:
 - A diagram of the core and windings.
 - A diagram of the tap changer mechanism.
 - A diagram of the tap changer mechanism from a different perspective.
- Bottom Bar:** Contains standard Windows taskbar icons for 'Lingua', 'Printscreen', 'Imprimir', 'Email', 'Guardar', 'Copiar', 'Ajuda', and a system tray showing 'superadmin, 08:21:29'.

INOVADOR

Núcleo de cada Fase

Enrolamentos de cada fase

Comutador de tomadas



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

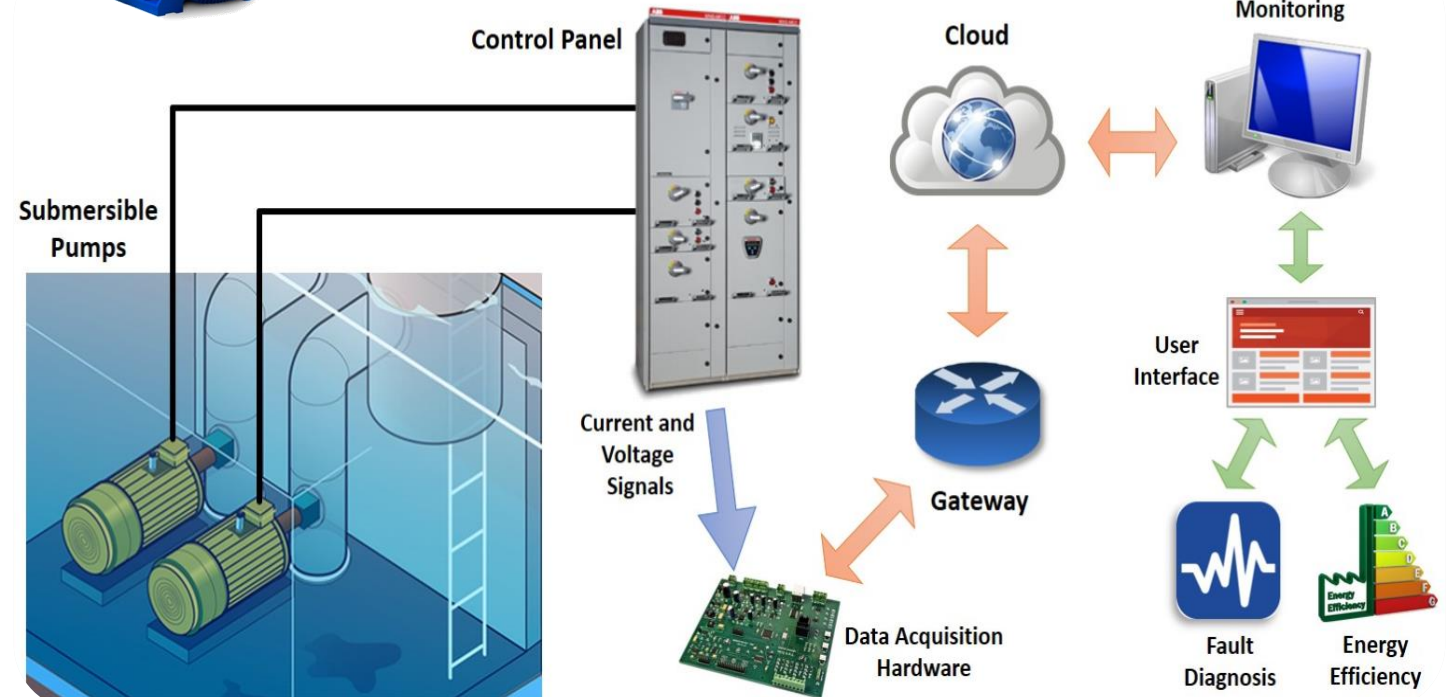
**MCM– Online
TCM**
Solução de monitoramento
contínuo

Hardware:

Caixa de comando, módulos +
sensores. Pack por equipamento.

Software:

1 Licença por cada 10
equipamentos





DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

Alarmes, eventos e semáforos

Os motores têm diferentes aplicações dentro da mesma indústria e de indústria para indústria.

A cada nova aplicação, necessitamos de estudar quais os valores de Fatores de Severidade (FS) que são:

Críticos;

Alerta;

Aceitáveis.



Diagnóstico

Alimentação Estator Rotor Excentricidade Carga



Alarmes

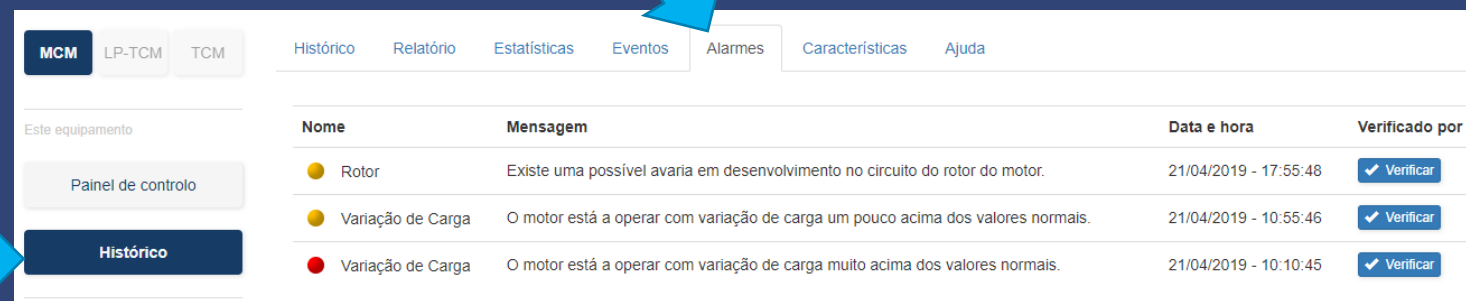
São notificações automáticas pre programadas.

Quando as condições do alarme forem cumpridas o alarme é ativado.

Quando o alarme é ativado, é registrado no sistema o dia a hora e qual o alarme.

É apresentado no painel principal ;


É Enviado email aos contactos seleccionados para receber esse alarme

The Alarms history page shows the following table:

Nome	Mensagem	Data e hora	Verificado por
Rotor	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do rotor do motor.	21/04/2019 - 17:55:48	Verificar
Varição de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:55:46	Verificar
Varição de Carga	O motor está a operar com variação de carga muito acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:10:45	Verificar



Equipamento	Alarme	Mensagem	Data e hora	verificado por
03	 Rotor	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do rotor do motor.	21/04/2019 - 17:55:48	 Verificar
03	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:55:46	 Verificar
03	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga muito acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:10:45	 Verificar
03	 Rotor	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do rotor do motor.	21/04/2019 - 01:25:13	 Verificar
03	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	20/04/2019 - 21:25:56	  Verificar
03	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga muito acima dos valores normais.	20/04/2019 - 13:55:51	 Verificar
03	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	20/04/2019 - 13:55:09	 Verificar
03	 Estator	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do estator do motor.	20/04/2019 - 11:25:53	  Verificar

MCM LP-TCM TCM

Histórico Relatório Estatísticas Alarmes Características Ajuda

Este equipamento

Painel de controlo

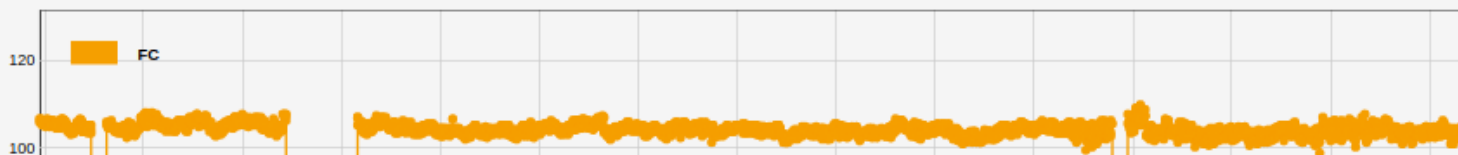
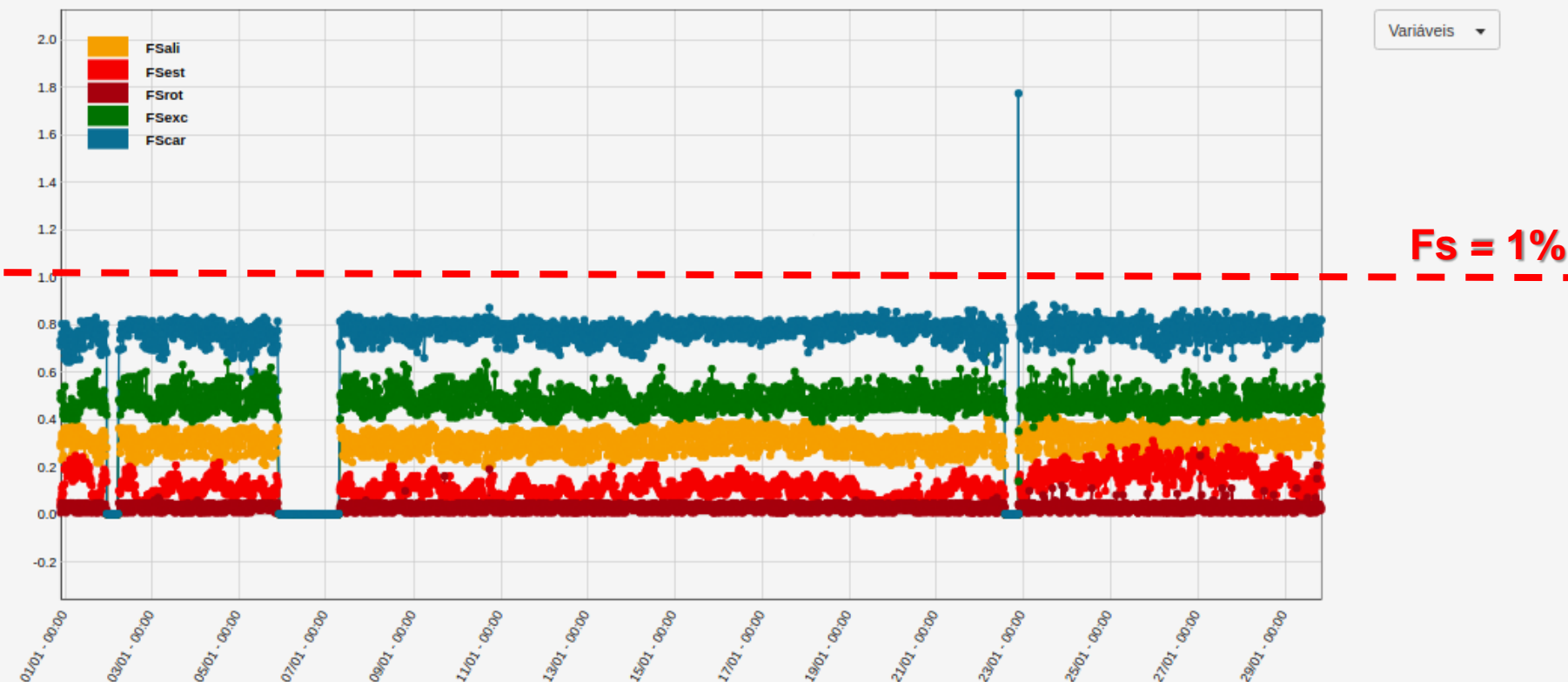
Histórico

Lista de equipamentos

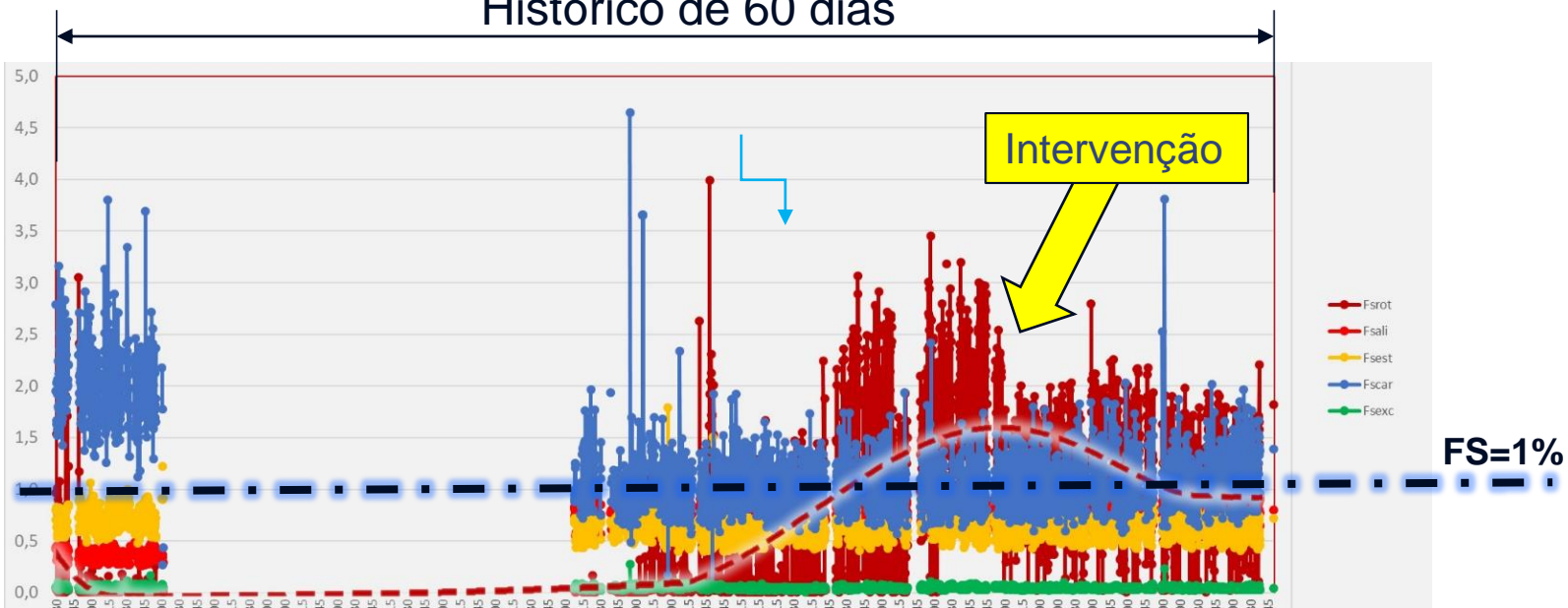
Bomba de Vácuo VSA2

Intervalo 01/01/2019 - 31/01/2019

CSV



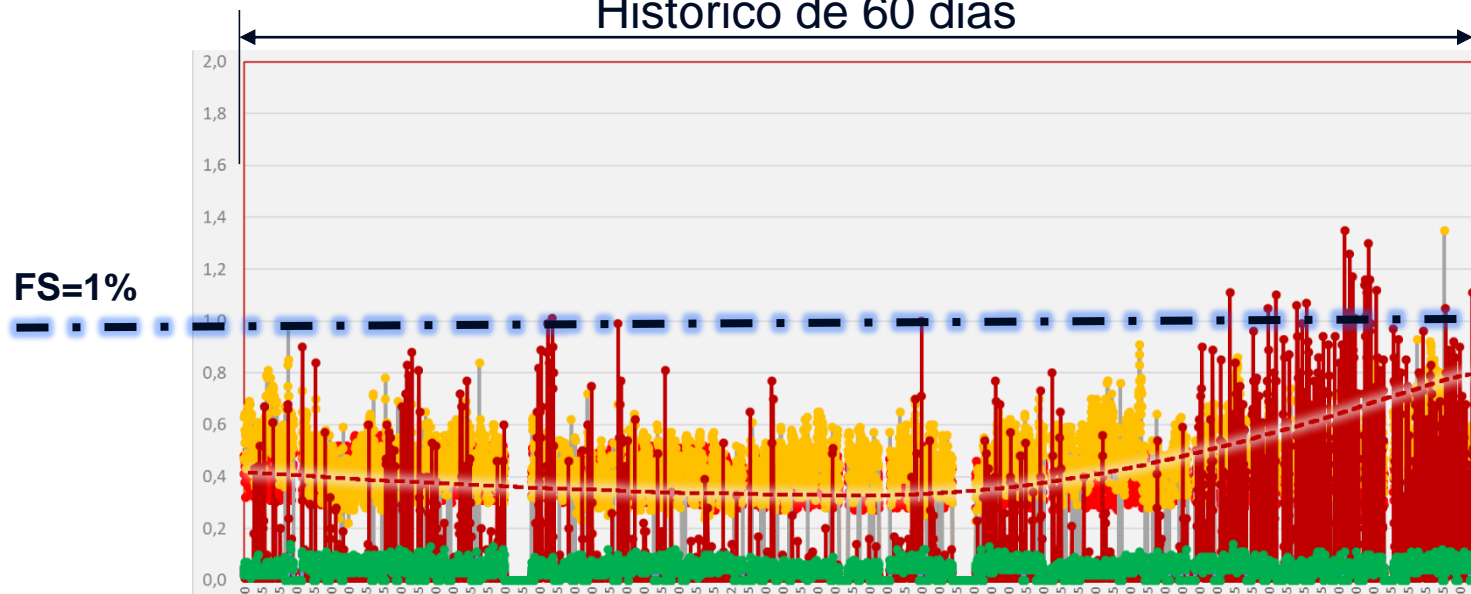
Histórico de 60 dias



Fábrica A – Moinho Vertical



Histórico de 60 dias

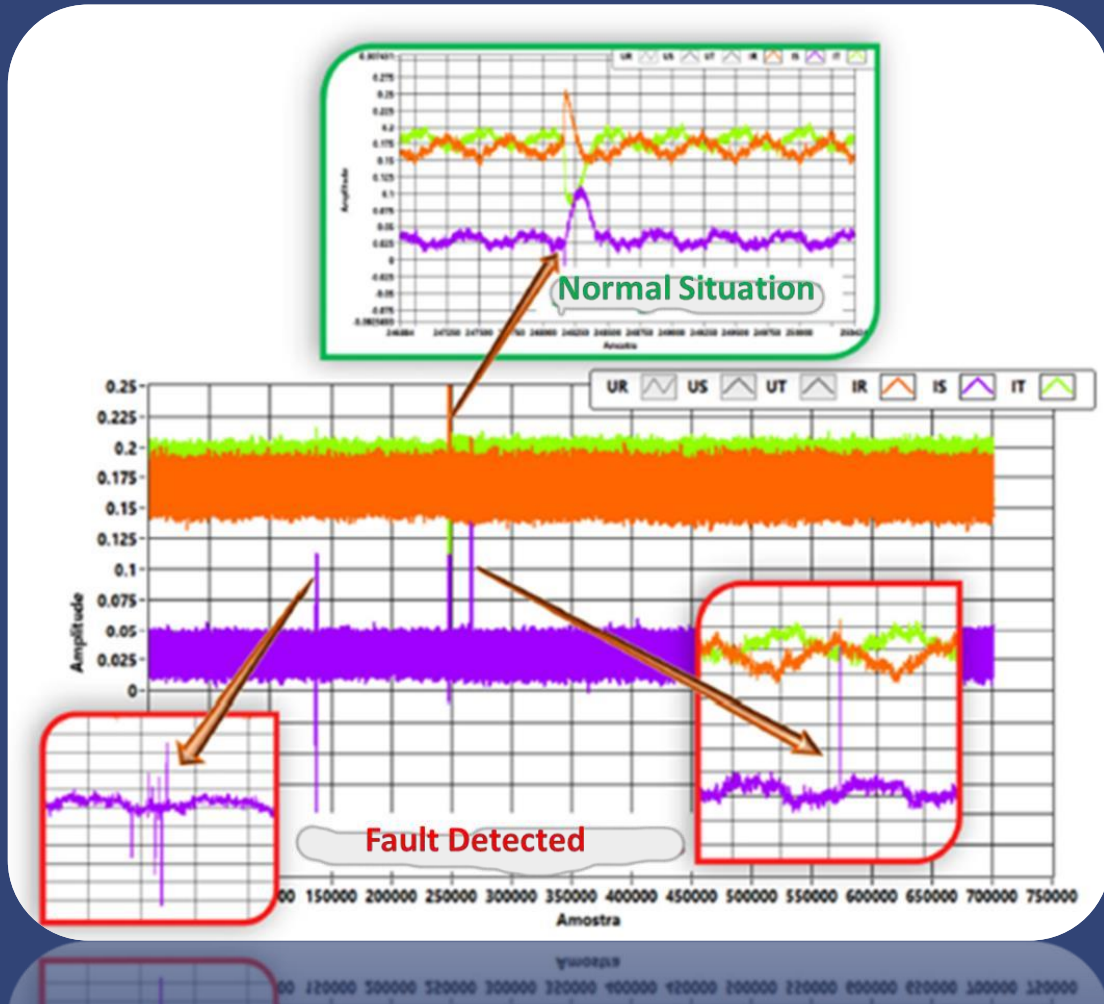


Fábrica B – Moinho Vertical

Deteção de Falha



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

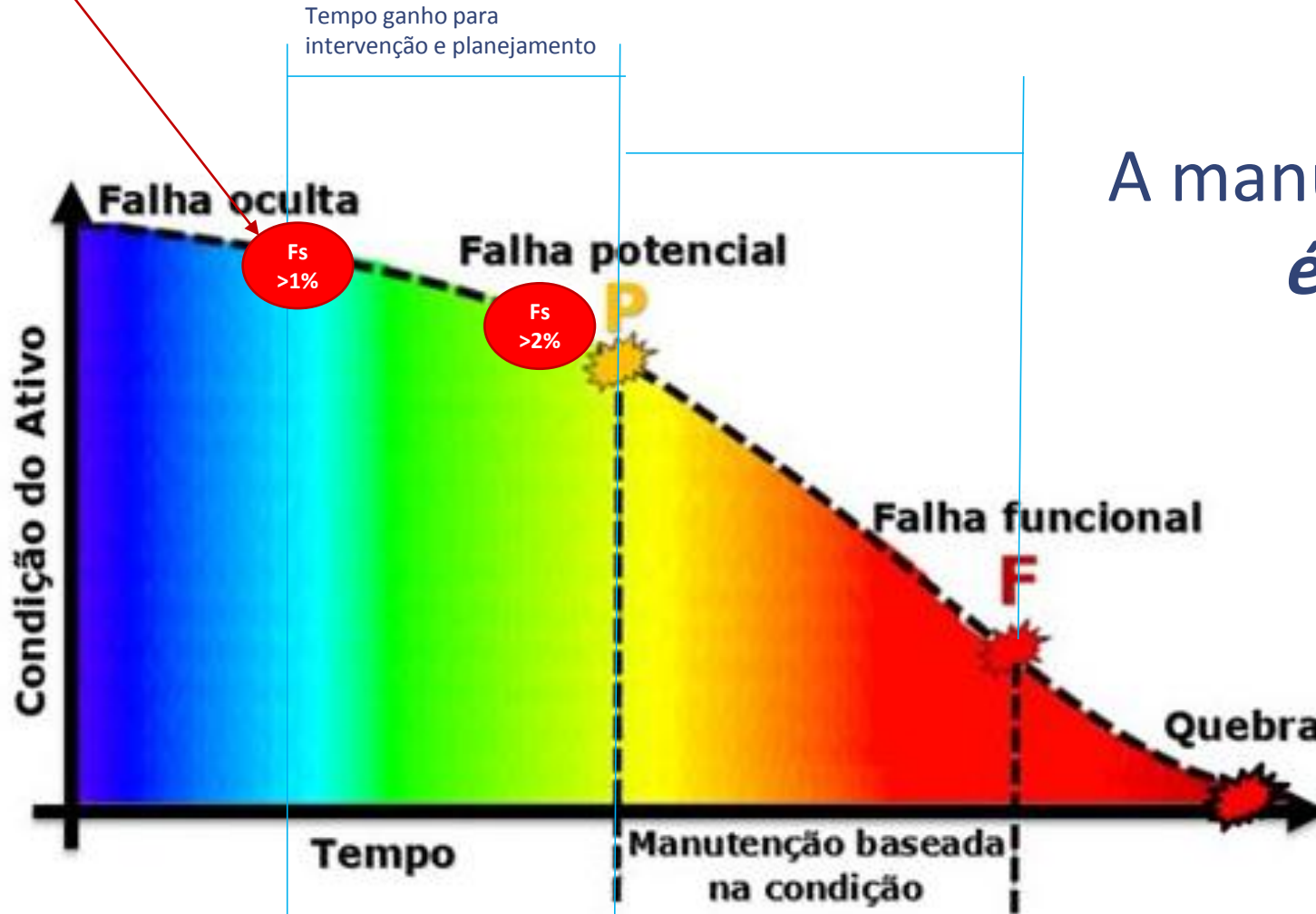


(d)

(e)

(f)

MCM e TCM :
Online



A manutenção não é despesa,
é gestão de Ativo!!



Vantagens

Não precisa de parar o motor

Apenas medindo grandezas elétricas

Faz o diagnóstico a cada 15 minutos

Apresenta para cada item um valor de 0.0 à 2.0%

- Evitar perda de produção;
- Aumentar o tempo disponível;
- Detectar problemas que ocorrem em plena carga.

**Não Parar!
o Equipamento**



- Sem interferência no processo;
- Sem retirar equipamento do lugar (custos de parada + transporte).

Não invasivo.



- Idealmente, o tempo entre cada diagnóstico por deveria ser semanalmente, ou até mesmo a cada minuto.
- Previsão atempada de um problema.

**Diagnósticos
Muito Frequentes**



- Valor preciso que identifique a condição do equipamento desde ótimo estado até condição crítica.
- Cálculo da evolução da condição do equipamento entre cada amostra.

**Avaliação
numérica precisa
da condição.**



E Geradores?.....



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Estamos finalizando o desenvolvimento para geradores

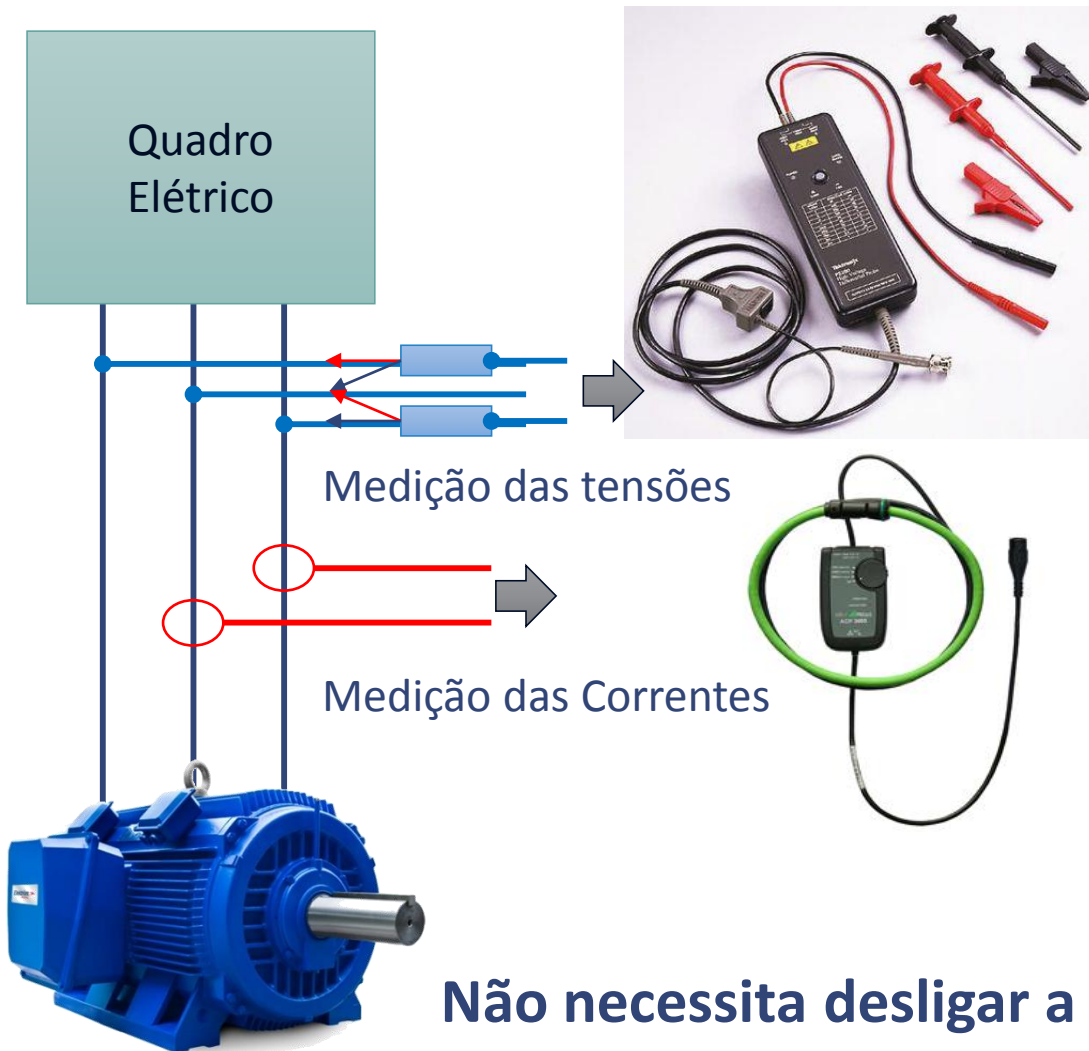
...



Qual o próximo passo ?

Uma fábrica piloto para testar e validar os resultados, tal como correção de alguns desafios que possam ocorrer.

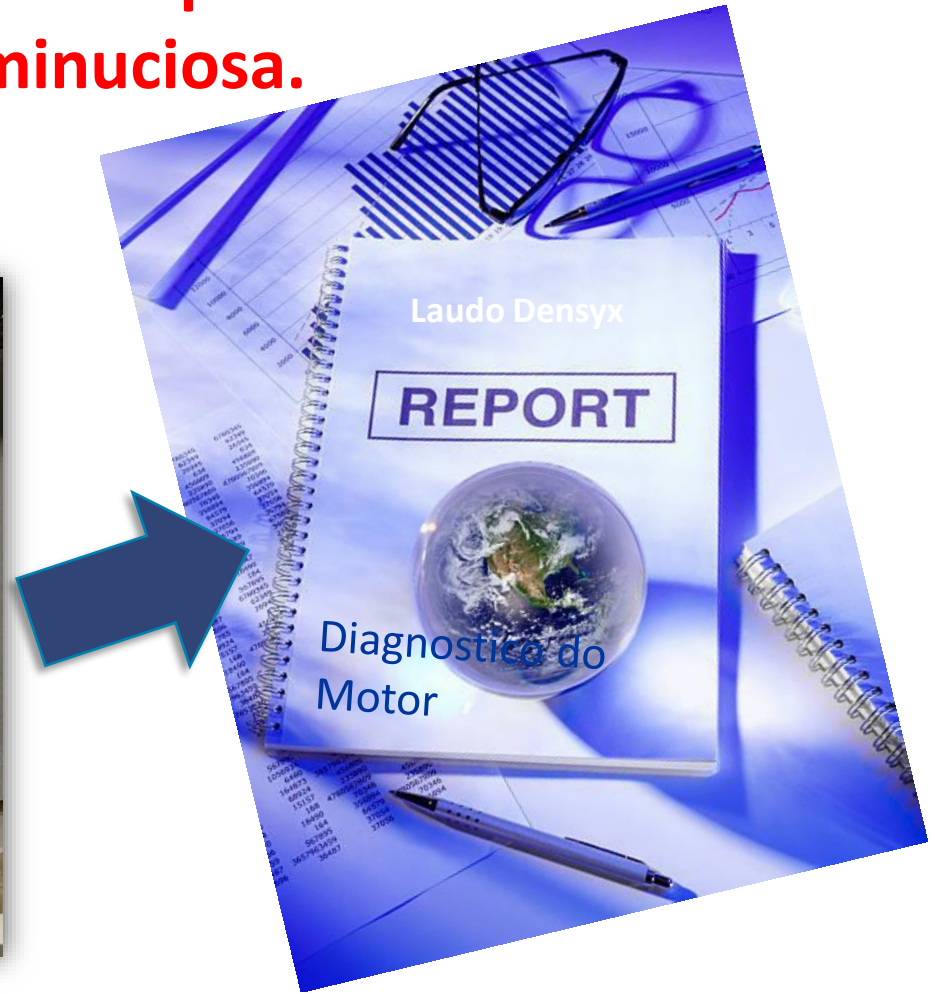
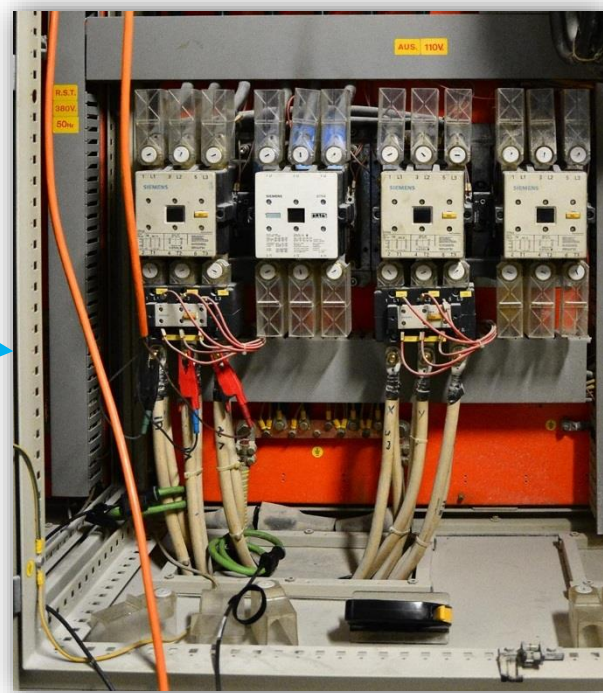
Kit Portátil – Diagnóstico superficial



Métodos não invasivos

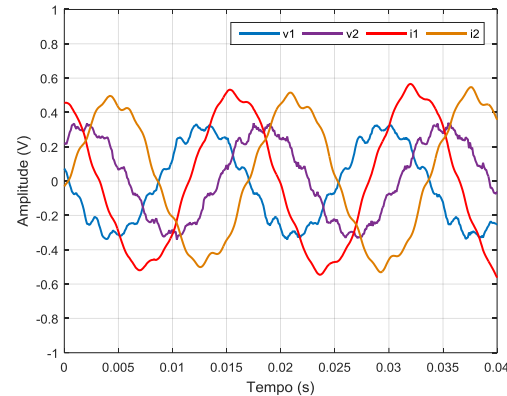


**As amostras são enviadas para o laboratório onde se faz análise minuciosa.
5 dias úteis**

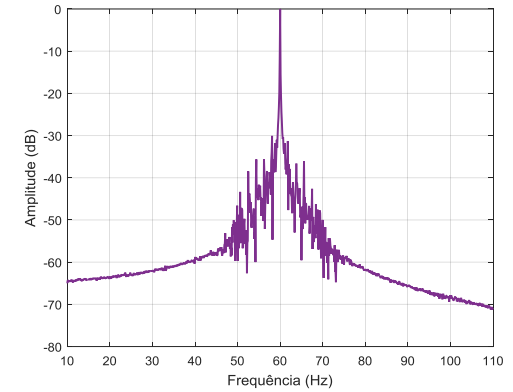


A tecnologia é baseada nos Vetores de Park.

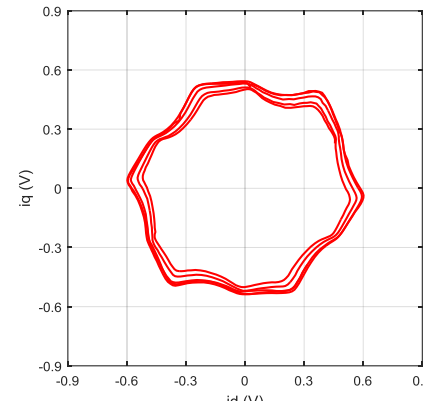
A partir de uma coleta de 2 a 5 minutos são medidos e criados vários tipos de gráficos, os convencionais e próprios de nossa tecnologia.



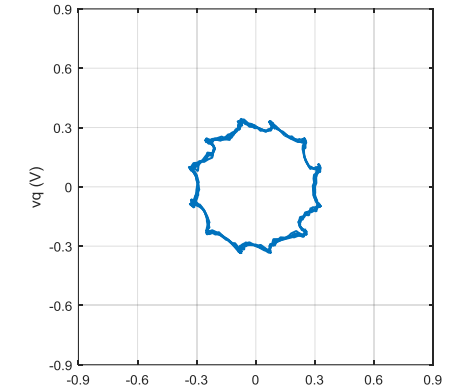
Formas de Onda Tensão e Corrente



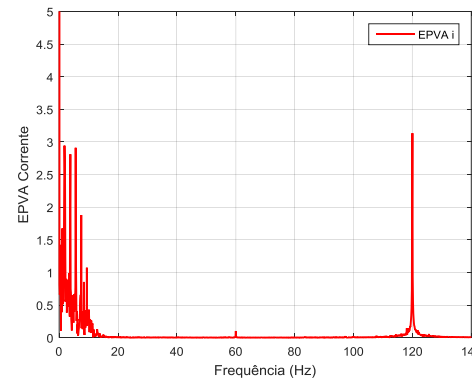
Análise espectral da corrente



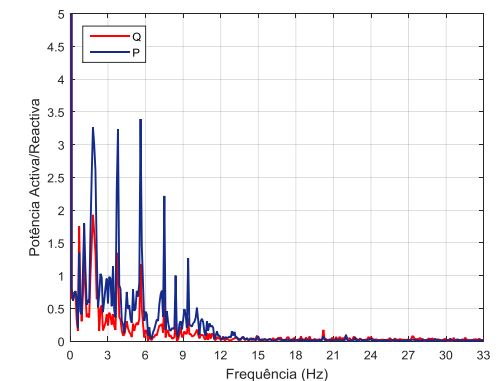
Vetor Park da corrente



Vetor Park da tensão



Análise de frequência global do Vetor Park da corrente



Análise de baixa frequência das potências instantâneas do motor



DENSIX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Identificação do Equipamento		Resumo do Diagnóstico					Principais Observações*
Designação do Equipamento	Código do Equipamento	Alimentação	Estator	Rotor	Excentricidade	Carga	
Moinho de Carvão	8501KM1	2	1	4	1	2	Assimetria rotórica causada pelo sistema de escovas e/ou eventuais pontos de mau contato elétrico no circuito elétrico rotórico
Motor do Forno	07L240	2	2	1	1	4	Oscilação de carga apreciável causada pelo sistema mecânico de acionamento do forno

Tensão	Corrente	Pot. Elétrica	Cos ϕ	Frequência	THD Tensão	THD Corrente
6258 V	35.3 A	254.3 kW	0.66	50 Hz	3.9 %	6.8 %

Tabela I – Parâmetros elétricos de funcionamento do motor.

Velocidade	Deslizamento	Potência	Rendimento
743 rpm	1 %	239.5 kW	94.2 %

Tabela II – Parâmetros mecânicos de funcionamento do motor.

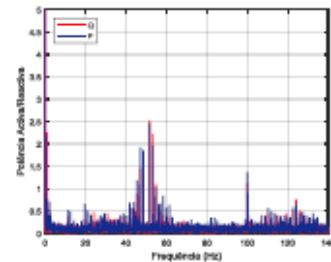


Figura 7 – Espectro das potências do motor.

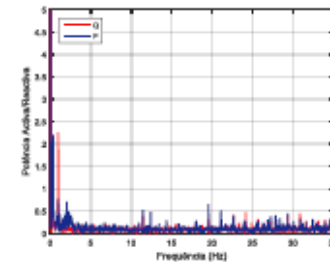


Figura 8 – Espectro das potências do motor (detalhe).

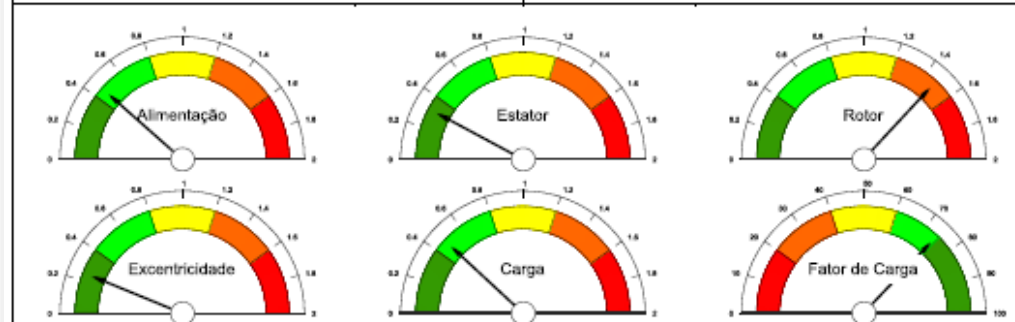


Figura 9 – Indicadores gerais do estado de funcionamento do motor.

4. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES:

Este motor apresenta uma assimetria no rotor, provavelmente associada ao seu circuito elétrico. Esta poderá ser devida a:

- Contacto elétrico através das escovas – mau contacto mecânico, diferentes características elétricas das escovas em cada fase ou problemas nos anéis de deslizamento
- Outros pontos de mau contacto elétrico – situações de desequilíbrio elétrico provocadas por mau aperto/corrosão de terminais no circuito das escovas e/ou no sistema de arranque externo (resistências de arranque/contacto)
- Problemas na bobinagem interna do rotor – envelhecimento dos enrolamentos

Recomenda-se:

- Numa próxima manutenção programada, verificar o sistema de escovas/molas, maus apertos e/ou contactos elétricos no circuito elétrico rotórico.
- Uma próxima ação de manutenção preditiva deste motor num prazo de 6 meses, com o fim de efetuar o acompanhamento da assimetria rotórica.

Laudo Interno da fábrica, após laudo MCM ; Fornecido e de autoria do Cliente

Introdução:

Esta relatório de intervenção surge no seguimento da análise da condição do motor [REDACTED] AV/RT 500 LA 47 N.º 852306001, com aplicação no acionamento principal do Moinho de Carvão, realizada pela Enging - Make Solutions Lda, a 12 de março de 2018 (Anexo A), na qual se verificou a existência de uma assimetria rotórica causada pelo sistema de escovas e/ou eventuais pontos de mau contato elétrico no circuito elétrico rotórico (Figura 1) [1].

Identificação do Equipamento		Resumo do Diagnóstico					Principais Observações*
Designação do Equipamento	Código do Equipamento	Alimentação	Estator	Rotor	Excentricidade	Carga	
Moinho de Carvão	8501KM1	2	1	4	1	2	Assimetria rotórica causada pelo sistema de escovas e/ou eventuais pontos de mau contato elétrico no circuito elétrico rotórico

Figura 1 - Resumo de inspeção [1]

A análise realizada apresentava ainda as conclusões e recomendações evidenciadas na Figura 2.

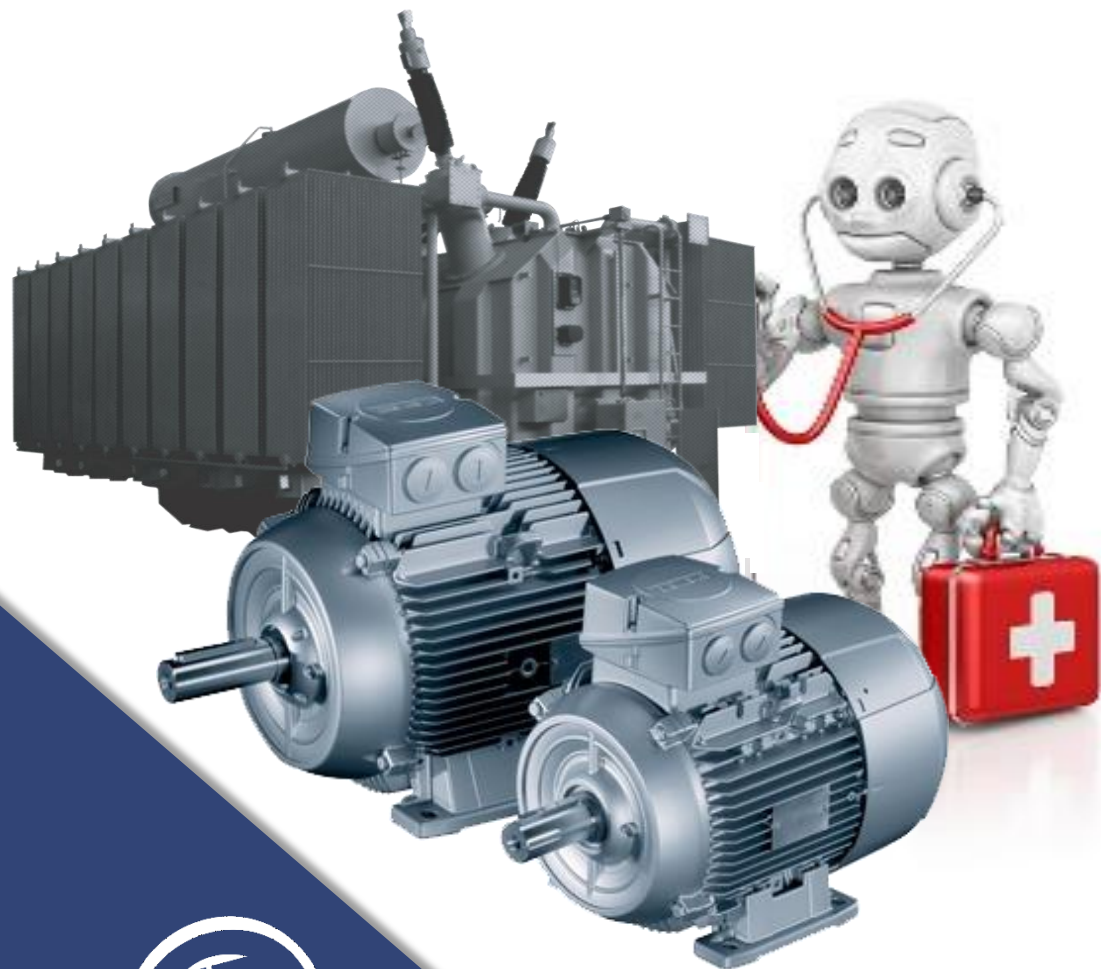
<p>Conclusões: Este motor apresenta uma assimetria no rotor, provavelmente associada ao seu circuito elétrico. Esta poderá ser devida a:</p> <ul style="list-style-type: none">• Contacto elétrico através das escovas – mau contacto mecânico, diferentes características elétricas das escovas em cada fase ou problemas nos anéis de deslizamento• Outros pontos de mau contacto elétrico – situações de desequilíbrio elétrico provocadas por mau aperto/corrosão de terminais no circuito das escovas e/ou no sistema de arranque externo (resistências de arranque/contactador)• Problemas na bobinagem interna do rotor – envelhecimento dos enrolamentos <p>Recomendações: Recomenda-se:</p> <ul style="list-style-type: none">• Numa próxima manutenção programada, verificar o sistema de escovas/molas, maus apertos e/ou contactos elétricos no circuito elétrico rotórico.• Uma próxima ação de manutenção preditiva deste motor num prazo de 6 meses, com o fim de efetuar o acompanhamento da assimetria rotórica.
--

Figura 2 - Conclusões e recomendações [1]

Assim, na sequência do problema detetado, efetuou-se, como medida complementar e preventiva, a Ordem de Trabalho 20045824 VERIFICAÇÃO LIGAÇÕES ROTOR, com a seguinte lista de tarefas:

- Verificar as ligações na caixa de terminais do rotor do motor;
- Verificar aperto dos fiéis das escovas assim como os suportes;
- Verificar as ligações do coletor de anéis;
- Verificar a existência de pontos quentes em todo o coletor;
- Verificar apertos dos cabos ao contactor de curto circuito;
- Verificar os contactos do contactor de curto circuito, se necessário substituir;
- Verificar a existência de pontos quentes no contactor Curto Circuito.





OBRIGADO



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

✉ filipe@densyx.com.br

📞 (19) 9 9198-5554