



Implementação de técnicas e ferramentas para manutenção preditiva na Colep

Diogo Carlos Melo de Pinho Campos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Doutor Manuel Pina Marques

Orientador na Colep: Engenheiro José Beira



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2011-07-01

Aos meus pais, Abel e Alice

À Susana

Resumo

A manutenção preditiva tem tido um grande crescimento nos últimos anos. Este tipo de manutenção implica a aquisição de equipamentos de medição de vibrações, de termografia, de tensões, entre outros. Cada vez mais as empresas têm apostado na manutenção preditiva para diminuir as paragens não programadas de equipamentos, ajustar os planos de manutenção preventiva e conhecer a actual condição física dos equipamentos. Contudo, o alcance destes resultados só é possível caso exista um processo de manutenção preditiva completo e bem definido.

A dissertação aqui apresentada foca-se na criação de etapas para a execução da manutenção preditiva para a empresa Colep. Foram desenvolvidas no âmbito deste trabalho instruções para o funcionamento com os equipamentos de medição, definidos limites para avaliação dos equipamentos, criada uma ferramenta de monitorização dos valores das medições realizadas e acompanhado e avaliado o evoluir das condições físicas dos equipamentos.

As instruções de funcionamento para os equipamentos de medição foram elaboradas com o objectivo de normalizar os passos necessários para a correcta definição dos parâmetros de medição. Na medida em que qualquer desvio pode influenciar os resultados das medições e prejudicar a avaliação realizada ao equipamento.

Os limites para avaliação dos equipamentos foram definidos através de normas, informações técnicas e programas informáticos específicos. Esta definição possibilita a avaliação e classificação dos equipamentos em função dos valores obtidos com as medições realizadas.

A ferramenta de monitorização do valor das medições, e respectivo controlo relativamente aos limites definidos, proporciona uma rápida interpretação dos resultados obtidos e diminui o tempo relacionado com a procura dos resultados das medições.

Por fim, a realização de medições em alguns equipamentos permitiu testar o processo desenvolvido para a manutenção preditiva, bem como avaliar a condição actual desses equipamentos.

Com o desenvolvimento destas etapas foi construído o processo para a manutenção preditiva, contudo, o processo deve ser melhorado continuamente com vista à obtenção de melhores resultados.

Techniques and tools implementations for predictive maintenance

Abstract

The predictive maintenance has had a big development in last years. This kind of maintenance involves the acquisition of vibration, thermography, tensions and others measuring equipments. More and more companies have focused in predictive maintenance to reduce unscheduled equipments downtime, improve preventive maintenance schedule, and know the physical condition of equipments. These results can only be achieved with a well done predictive maintenance process.

This thesis is focused in a step by step creation for predictive maintenance process for Colep company. During the time in the company were developed operating instructions for measuring equipments, set limits for evaluation equipments, created a monitoring tool for measurements and evaluated the evolution of the physical conditions of equipments.

The operating instructions for measuring equipments were made to standardize necessary steps for a correct equipments parameters definition. Any parameters deviation can affect the measurements results and complicate the equipment evaluation.

The limits for equipments evaluations were defined by international standards, technical information and specific software. With defining limits is possible evaluate and sort the equipments by your state condition.

The measurements monitoring tool with the defined limits provides quick interpretation of the results and decreased the time related with searching measurements results.

Finally, the measurement of some equipment provides opportunity to test the predictive maintenance process and assesses the current equipments condition.

With developing these steps was made the process for predictive maintenance. However, the process should be constantly improved to achieve better results.

Agradecimentos

Para a realização da dissertação, muitos foram os que proporcionaram o desenvolvimento do estudo. A todos os envolvidos os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço em especial ao meu orientador na empresa, Eng.º José Beira, pelo seu companheirismo, amizade, mas sobretudo pelo apoio, incentivo e acompanhamento prestado durante a execução da dissertação.

O meu agradecimento vai também, e de uma forma especial, para o meu orientador na FEUP, Prof. Dr. Manuel Pina Marques, pela sua disponibilidade e apoio prestados ao longo do estudo.

Um obrigado a todos os colaboradores da Colep que contribuíram para a realização deste trabalho.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da Empresa Colep	1
1.2	O Projecto na Colep	2
1.3	Estrutura e temas abordados.....	5
2	Manutenção Preditiva	6
2.1	Análise de Vibrações	9
2.2	Análise Termográfica.....	14
2.3	Análise de tensões em correias e alinhamento de polias	18
3	Processo e ferramentas para manutenção preditiva existentes na empresa.....	20
4	Componentes desenvolvidas para o processo de manutenção preditiva.....	24
4.1	Instruções de funcionamento para os equipamentos de medição	24
4.2	Limites para avaliação dos equipamentos.....	24
4.3	Ferramenta de monitorização da condição dos equipamentos	25
5	Resultado da avaliação dos equipamentos através das técnicas preditivas.....	30
5.1	Resultado da análise de vibrações e termografia.....	30
5.2	Resultado da análise de tensões em correias	39
5.3	Resultado da análise de alinhamentos.....	41
6	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	42
	Referências Bibliográficas	43
	Anexo A – Instruções de funcionamento para os equipamentos de medição	46
	Anexo B – Características das transmissões existentes na empresa.....	69
	Anexo C – Medições de vibração	71
	Anexo D – Medições de termografia	86
	Anexo E – Medições de tensão nas correias e alinhamento de polias	101

Índice de Figuras

Figura 1 - Planta da Colep de Vale de Cambra.	1
Figura 2 - Efeitos do RCM na manutenção e custos de reparação. (NASA, 2008).....	3
Figura 3 - Estrutura da Manutenção Centrada na Fiabilidade (Adaptado NASA, 2008)	4
Figura 4 - (1) Curva da "banheira", (2) Curva de falha potencial. (F_1 – Princípio de falha; P_1 P_2 P_3 – Pontos da monitorização da condição, F – Falha funcional, PDM – Período efectivo de manutenção preditiva) (Telang, 2010).....	6
Figura 5 - Ciclo de aplicação da monitorização da condição dos equipamentos. (Brown, 1999).....	8
Figura 6 - Escalas de medição utilizadas no nível global de vibração (Pruftechnik, 2002)..	10
Figura 7 - Exemplo de pontos onde devem ser efectuadas medições de vibração. (Mobley, 2002).....	14
Figura 8 - Espectro de radiação. (EPRI, 2002).....	15
Figura 9 - (a) Emissividade de diferentes corpos em função do comprimento de onda; (b) Radiosidade de diferentes corpos em função do comprimento de onda. (EPRI, 2002).....	16
Figura 10 - Polias correctamente alinhadas. As ranhuras encontram-se alinhadas entre si. (SKF, 2011).....	19
Figura 11 - O primeiro desalinhamento corresponde a desalinhamento angular vertical, o segundo a desalinhamento angular horizontal e o terceiro a um desalinhamento de paralelismo. (SKF, 2011)	19
Figura 12 - Equipamento de medição de vibrações.	20
Figura 13 - Máquina termográfica.	21
Figura 14 - Equipamento de medição de tensões em correias.....	21
Figura 15 - Conjunto de Serviço da Optibelt utilizado para análise de transmissões.....	21
Figura 16 - Equipamento para alinhamento de polias.....	22
Figura 17 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições de vibração.....	26
Figura 18 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições de termografia.	27
Figura 19 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições de tensões em correias.....	28
Figura 20 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições do alinhamento em polias.....	29

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Exemplo de algumas técnicas preditivas e suas aplicações (NASA, 2008).	9
Tabela 2 - Norma ISO 10816-3 Avaliação da vibração de equipamentos por meio de medições sobre partes não rotativas (ISO 10816-3:1998).....	12
Tabela 3 - Limites de vibração para rolamentos e caixas de engrenagens (SKF, 2009).	12
Tabela 4 - Tabela de acções em função da diferença de temperatura obtidas através da análise termográfica (NETA, 1999).....	17
Tabela 5 - Principais problemas relacionados com o tensionamento incorrecto de correias (Optibelt, 2011).	18
Tabela 6 – Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições de vibrações para a AER1 L12.....	31
Tabela 7 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições de vibrações para a AER5 L39.....	32
Tabela 8 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições termográficas da AER1 L12.	35
Tabela 9 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições termográficas da AER5 L39.	36
Tabela 10 - Resultado das medições termográficas realizadas aos equipamentos com resultados inconclusivos.	38
Tabela 11 - Definição de novos valores de ΔT sobre a temperatura do ar ambiente.....	39
Tabela 12 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições das tensões em correias.	40

1 Introdução

A dissertação “Implementação de técnicas e ferramentas para manutenção preditiva” foi realizada em ambiente industrial, na empresa Colep. Durante o período na empresa foi implementada a manutenção preditiva, para tal foi necessário criar instruções de funcionamento dos equipamentos de medição, estabelecer limites técnicos para avaliação dos equipamentos, desenvolver uma ferramenta de monitorização das medições realizadas e efectuar avaliações aos equipamentos sujeitos às técnicas preditivas.

1.1 Apresentação da Empresa Colep

A Colep é uma empresa produtora de embalagens industriais, principalmente embalagens metálicas, sendo um dos maiores fornecedores europeus de embalagens de aerossol. A empresa dedica-se também à formulação e enchimento de produtos aerossol, com actividade nos segmentos de higiene pessoal, cosmética, sendo o líder europeu nesta área.

A Colep dispõe de 7 unidades industriais na Europa, localizadas na Alemanha, Brasil, Espanha, Polónia, Portugal e Reino Unido. Na figura seguinte é apresentada a planta da unidade industrial de Vale de Cambra.

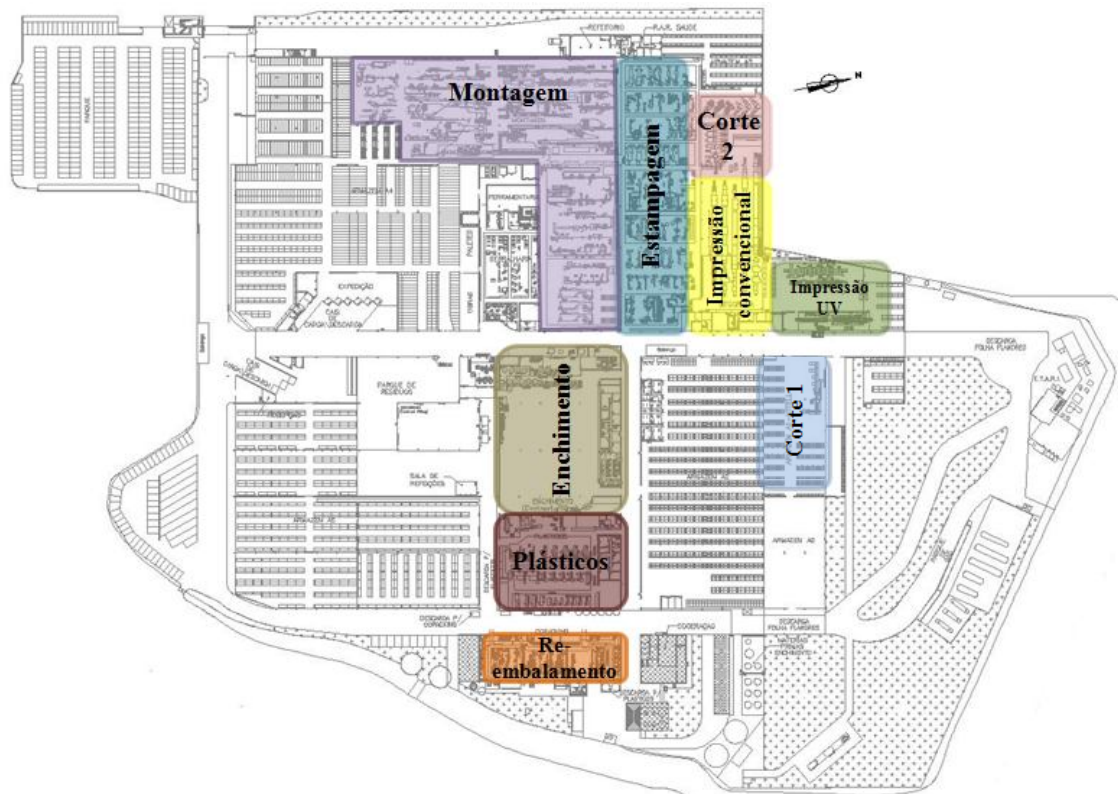


Figura 1 - Planta da Colep de Vale de Cambra.

A divisão de embalamentos é constituída pelo corte 1 e 2, impressão, estampagem, montagem e plásticos. Esta divisão representa grande parte da área coberta existente na Colep de Vale de Cambra, e pode ser dividida nos segmentos de embalagens plásticas e de embalagens metálicas. As embalagens metálicas representam a principal fonte de receitas da empresa. Neste local são produzidas embalagens de aerossol, embalagens industriais e embalagens alimentares. A manutenção dos equipamentos de produção das embalagens metálicas é efectuada por várias equipas de manutenção, cada equipa é responsável por intervir em áreas específicas (montagem aerossóis, montagens alimentares,...), variando o número de elementos em função da área de intervenção. Estas equipas são constituídas por um supervisor encarregue de coordenar os restantes elementos do grupo. O gestor de manutenção tal como o nome sugere, tem a seu cargo a gestão e coordenação da manutenção preventiva e correctiva. O gestor de manutenção é apoiado pelo líder de manutenção e pelo controlador de manutenção que intervém ao nível do planeamento de tarefas, emissão de ordens, aquisição de equipamento entre outras funções.

Até ao momento, o planeamento da manutenção é efectuado com recurso a dados dos fornecedores dos equipamentos e do ciclo de vida teórico dos equipamentos. Com a aplicação deste projecto de manutenção preditiva será possível ajustar os planos de manutenção preventiva de acordo com o ciclo de vida real dos equipamentos, acompanhar o evoluir de equipamentos críticos e detectar anomalias impossíveis de verificar de outra forma.

1.2 O Projecto na Colep

O projecto tem como objectivo normalizar as etapas necessárias para a utilização correcta dos equipamentos de medição, elaborar uma ferramenta de monitorização capaz de apresentar de forma simples e rápida as medições efectuadas a qualquer tipo de equipamento, estabelecer os limites técnicos para avaliação dos equipamentos que serão sujeitos às análises preditivas, acompanhar a evolução do estado de alguns equipamentos através das análises preditivas e avaliar a sua condição geral.

Este projecto segue uma divisão por etapas fundamentais para a compreensão da evolução da manutenção preditiva na empresa. A primeira etapa do projecto foi a compreensão do funcionamento dos equipamentos de medições preditivas existentes na empresa. Isto implicou o estudo dos manuais dos equipamentos e a realização de algumas medições. Na segunda etapa foram definidos os limites técnicos para cada tipo de análise. A definição dos limites obrigou a que se fizesse uma revisão bibliográfica, bem como a obtenção de dados sobre equipamentos existentes na empresa. Na terceira etapa foi criada uma ferramenta de monitorização capaz de tratar os dados recolhidos. Na etapa final do projecto foram aplicadas as ferramentas definidas anteriormente a um conjunto de equipamentos, com o objectivo de identificar o seu estado actual e também verificar a viabilidade de todo o projecto desenvolvido.

Este projecto surge no âmbito da aplicação da manutenção centrada na fiabilidade (*Reliability Centered Maintenance* ou RCM) ao departamento de embalagens metálicas.

O RCM é uma filosofia que incorpora vários modelos de manutenção (correctiva, preventiva, preditiva e proactiva), pretendendo assim estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um equipamento. O RCM efectua uma análise à funcionalidade requerida pelo equipamento dentro do seu contexto operacional, identifica os potenciais modos de falha que podem ocorrer, define as consequências prováveis de cada um deles, apresentando soluções para essa eventualidade, reduzindo-se deste modo as consequências que dali podem advir. Esta via veicula uma melhor determinação do modelo de manutenção a utilizar, de forma a reduzir as falhas previstas bem como as suas consequências, providenciando uma boa relação custo-eficácia e promovendo um ambiente de trabalho livre de perigos. Torna-se manifesta a preservação e potenciação dos investimentos de capital e capacidade produtiva (NASA, 2008).

Os principais benefícios da aplicação de um programa de RCM são:

- Melhorar a fiabilidade – segundo a norma NP EN 13306:2007 a fiabilidade é a capacidade de um equipamento cumprir a sua função, sob determinadas condições, durante um certo intervalo de tempo. O RCM realça a troca de informação dos dados de manutenção com projectistas e fabricantes como forma de melhorar as especificações técnicas dos equipamentos;
- Agendamento – Através do RCM é possível definir um programa correcto de manutenção, não estando este apenas baseado na vida teórica do equipamento, mas também através da monitorização do actual estado do mesmo. Desta forma é possível maximizar o seu uso e definir mais correctamente os planos de manutenção do equipamento;
- Custos – Na fase inicial existe um aumento no custo de manutenção devido a investimentos em equipamentos de medição, formação e à detecção elevada de problemas (figura 2). Normalmente, o custo da manutenção diminui à medida que as falhas são evitadas e as tarefas de manutenção correctiva são substituídas pela monitorização da condição dos equipamentos. (NASA, 2008)

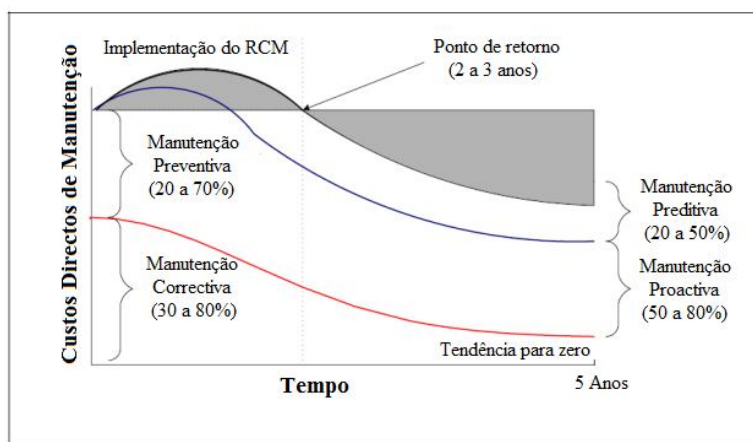


Figura 2 - Efeitos do RCM na manutenção e custos de reparação. (NASA, 2008)

Na figura 3 é apresentada a estrutura do RCM. O RCM engloba os modelos de manutenção correctiva, preventiva, preditiva e proactiva. A escolha de cada modelo a aplicar é efectuada de acordo com importância de cada tipo de equipamento para a empresa.

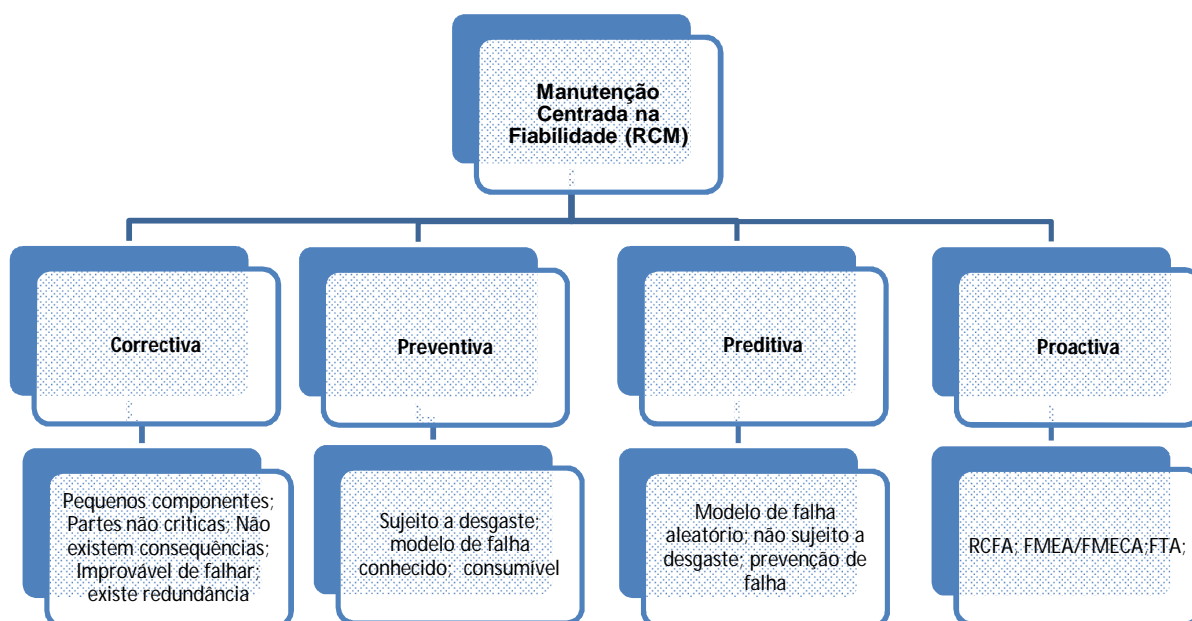


Figura 3 - Estrutura da Manutenção Centrada na Fiabilidade (Adaptado NASA, 2008)

Constatam-se diferentes modos de manutenção que serão infra definidos:

A manutenção correctiva implica a existência de um elevado stock de componentes de substituição, a existência de equipamentos de reserva, ou a existência de uma entrega rápida por parte do fornecedor. As maiores despesas associadas a este tipo de manutenção são o elevado número de equipamentos de reserva, custo de horas extra de trabalho, elevado número de máquinas paradas e diminuição da capacidade produtiva (Mobley, 2002).

A manutenção preventiva é caracterizada pelo agendamento das actividades de manutenção (inspecções, ajustes, limpeza, lubrificação, remoção e reparação de componentes) em intervalos de tempo pré-determinados, baseados no tempo de funcionamento dos equipamentos, sendo a reparação ou substituição de componentes executada antes de ocorrer a falha do equipamento. (Scheffer & Girdhar, 2004)

A manutenção preditiva é uma filosofia que utiliza as condições de operação actual de equipamentos ou sistemas de forma a identificar o estado actual do equipamento e agendar as actividades de manutenção necessárias. Os programas de gestão da manutenção preditiva utilizam uma combinação de ferramentas, tais como análise de vibrações, termografia, ultrasons, tribologia, para identificar o estado actual do equipamento (Smith & Mobley, 2008).

A manutenção proactiva é uma filosofia que se foca no levantamento de todos os modos de avaria existentes numa dada célula, linha ou equipamento e, para cada modo de avaria identificado e analisado, são tomadas medidas proactivas de forma a assegurar que estes não se voltam a repetir (Scheffer & Girdhar, 2004).

Em conjunto, estas técnicas permitem aumentar a fiabilidade dos equipamentos dentro do ciclo de vida projectado, quando estão garantidas as intervenções de lubrificação e limpeza essenciais. Assim, a elaboração deste projecto permite à empresa controlar a evolução do estado geral dos equipamentos, ajustar os planos de manutenção preventiva em função do estado dos equipamentos, diminuir as acções correctivas, bem como reduzir perdas de produção e custos de manutenção.

1.3 Estrutura e temas abordados

No primeiro capítulo da dissertação é feita a introdução em que se apresentam informações acerca da empresa onde é realizado o projecto, do projecto a desenvolver e da estrutura da tese. Segue-se o capítulo relativo à revisão bibliográfica sobre manutenção preditiva, das suas principais técnicas e dos limites para avaliação dos equipamentos. No capítulo 3, descrevem-se as etapas já desenvolvidas pela empresa para a manutenção preditiva, apresentam-se os equipamentos de medição existentes na empresa e são definidas as necessidades da empresa nesse campo. No capítulo 4 são apresentadas as ferramentas desenvolvidas para a execução da manutenção preditiva. No capítulo 5 são demonstradas as avaliações realizadas aos resultados obtidos a partir das medições efectuadas. Por fim, nas conclusões e propostas de trabalho futuro é efectuado um resumo dos resultados conseguidos e são definidos projectos futuros.

2 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva, também denominada por monitorização da condição ou manutenção baseada na condição, avalia o estado real dos equipamentos com recurso a equipamentos específicos, tendo por finalidade ajustar o planeamento da manutenção preventiva, detectar precocemente possíveis falhas, evitar o surgimento de problemas complexos e proporcionar a tomada de decisões com base em dados reais.

(Brown, 1999) define manutenção preditiva como uma abordagem que compara a tendência das medições dos parâmetros físicos analisados (vibração, ruído, temperatura,...) com os limites estabelecidos para esses parâmetros, de forma a detectar, analisar e corrigir problemas antes que levem à falha dos equipamentos.

Já a norma NP EN 13306:2007 define manutenção preditiva como "manutenção condicionada efectuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos de degradação do equipamento".

(Mobley, 2002) define manutenção preditiva como uma regular monitorização do actual estado das condições mecânicas, eficiência de operação, e outros indicadores, de forma a proporcionar dados que assegurem o máximo intervalo entre reparações e minimizem o número e custo das paragens não agendadas.

Resumindo, pode-se definir manutenção preditiva ou monitorização condicionada como um conjunto de tarefas de manutenção efectuadas com recurso a equipamentos de medição, em que é possível medir os parâmetros físicos imanados por componentes, equipamentos e/ou sistemas. Os dados obtidos são usados para a avaliação da condição do equipamento em análise e como apoio na decisão de medidas correctivas a efectuar, caso necessário.

Na figura 4 é apresentada a altura ideal para ser aplicada a manutenção preditiva. A manutenção preditiva deve ser utilizada no fim do período de vida útil até meio do período de desgaste. A condição do equipamento decresce em função do tempo, sendo a falha potencial (P) o instante onde o sinal medido apresenta uma condição de falência iminente. O intervalo entre a falha potencial (P) e a falha funcional (F) representa o período onde as tarefas de manutenção devem obrigatoriamente ser executadas. Este intervalo depende do tipo de sistema de monitorização utilizado. Por exemplo, se for utilizada a análise de vibrações, o tempo estimado para o intervalo é de 1 a 9 meses; para análise de partículas de 1 a 6 meses; enquanto para análise termográfica pode ser de apenas 1 a 5 dias (Telang, 2010).

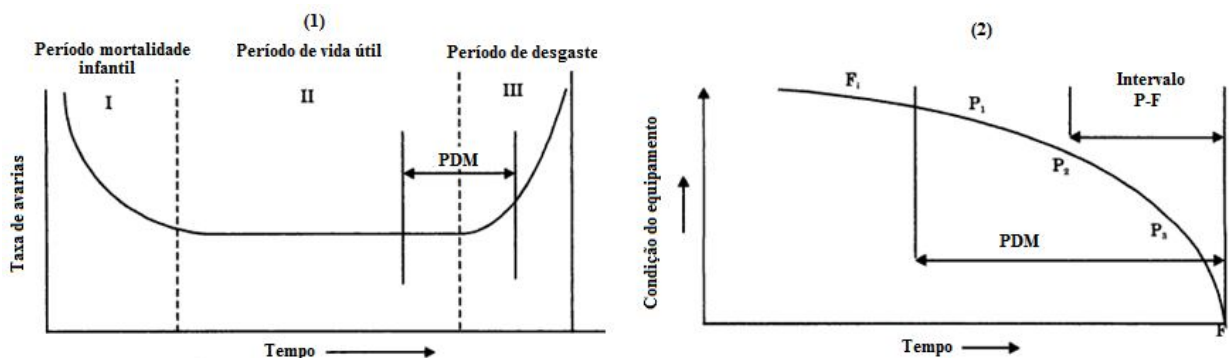


Figura 4 - (1) Curva da "banheira", (2) Curva de falha potencial. (F_1 – Princípio de falha; $P_1 P_2 P_3$ – Pontos da monitorização da condição, F – Falha funcional, PDM – Período efectivo de manutenção preditiva) (Telang, 2010)

A aplicação de um processo de manutenção preditiva deve seguir certas regras, que são fundamentais para o seu bom funcionamento. As principais são:

- Avaliação inicial – deve ser realizado um estudo para verificar as vantagens da aplicação da manutenção preditiva. Esta só deve ser aplicada quando os custos iniciais (aquisição de equipamentos de medição, formação,...) e de funcionamento (monitorização dos equipamentos, manutenção dos equipamentos de medição,...) sejam inferiores aos ganhos proporcionados;
- Estabelecer os parâmetros de monitorização – considerar todos os parâmetros de medição (vibração, ruído, etc) para os equipamentos que serão sujeitos a manutenção preditiva. O parâmetro deve garantir que quando existe um desvio do valor normal, este é indicado o mais cedo possível antes da ocorrência da falha. O tempo entre a indicação do desvio e a falha é conhecido como o intervalo P-F e deve ser suficiente para que seja efectuada uma acção correctiva;
- Selecção do parâmetro e do equipamento de medição – A selecção do parâmetro de análise deve ter em conta uma relação custo-eficiência, por exemplo quanto mais crítico for o equipamento a analisar, maior deve ser a eficiência. A escolha do equipamento de medição deve satisfazer as gamas de avaliação dos equipamentos a analisar, por exemplo a frequência de vibração deve estar dentro de um intervalo capaz de avaliar o equipamento em análise;
- Formação de pessoal – o pessoal da manutenção, e em alguns casos da produção, deve estar familiarizado com o parâmetro de análise, o equipamento de medição e a interface do sistema de armazenamento dos valores das medições. Deve conseguir interpretar as informações das medições e ter informação sobre a calibração do equipamento;
- Processo de aplicação da condição de monitorização – este passo refere-se às etapas necessárias para o bom funcionamento da manutenção preditiva, que vão desde monitorização periódica, comparação das medições com os limites definidos, análise do problema e definição da medida correctiva a aplicar. Este passo será aprofundado mais à frente;
- Armazenamento de dados – o armazenamento das medições é importante para que se possa verificar tendências e auxiliar decisões futuras (Telang, 2010).

O processo de aplicação da monitorização da condição deve seguir um ciclo, apresentado na figura 5.

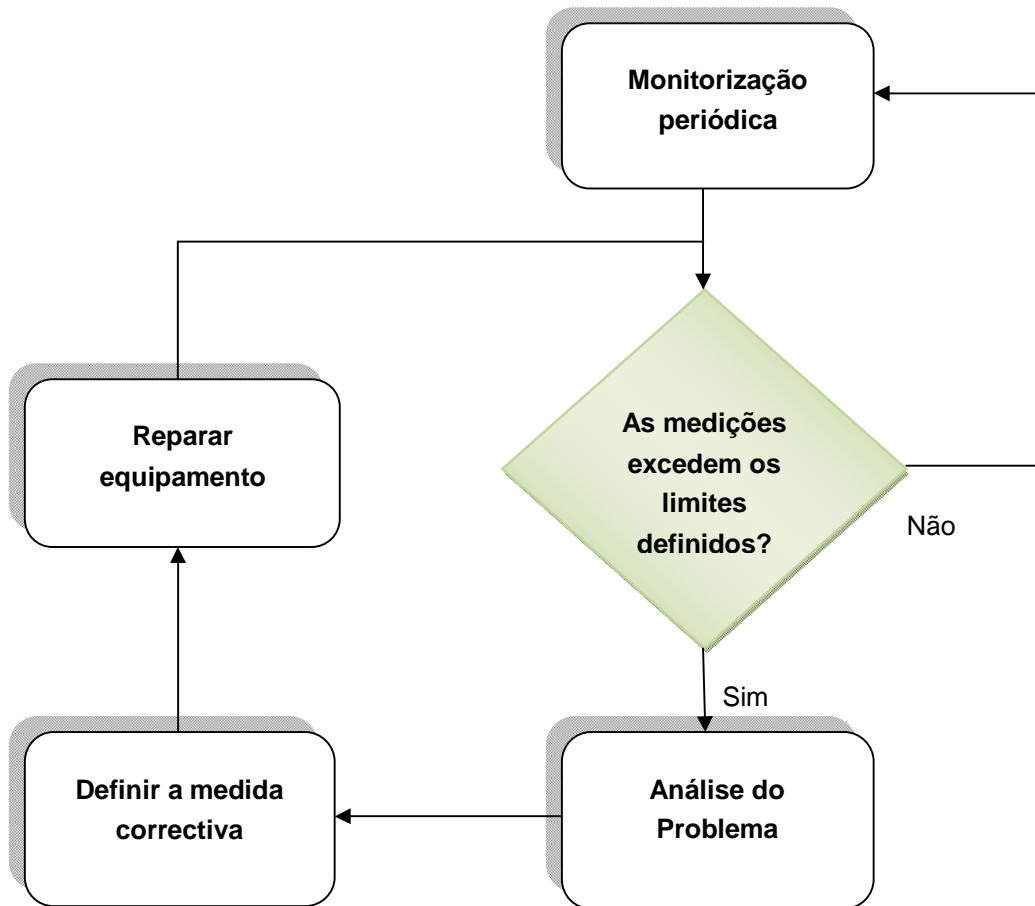


Figura 5 - Ciclo de aplicação da monitorização da condição dos equipamentos. (Brown, 1999)

No início da aplicação da manutenção preditiva, a medição periódica deve ser efectuada com intervalos de tempo mais reduzidos e deve ser adaptada ao longo do tempo em função da avaliação dos resultados e tendências. Assim que alguma medição seja superior aos limites estabelecidos ou exista alguma tendência clara, deve ser efectuada uma análise ao problema. A definição dos limites pode ser obtida nos fornecedores dos equipamentos de medição ou então junto de diversas organizações. Estas organizações podem ser empresas, organizações internacionais (ISO, IEC,..) e grupos industriais. Na análise do problema devem ser levantadas todas as hipóteses possíveis que estejam na sua origem. Estas podem ir desde simples desalinhamentos, até influências do próprio processo produtivo ou mesmo falta de manutenção. De seguida deve ser criada a ordem de correcção. O tempo disponível até ser efectuada a ordem depende do parâmetro escolhido e do valor dos limites estabelecidos, isto é quanto mais rígidos forem os limites estabelecidos maior é o tempo disponível para ser efectuada a intervenção sem que ocorra falha. Posteriormente à reparação o ciclo continua, sendo o equipamento sujeito a monitorizações periódicas até que se verifique uma nova tendência ou que as medições ultrapassem os limites estabelecidos (Brown, 1999).

A aplicação de um sistema de manutenção preditiva apresenta várias vantagens relativamente à manutenção preventiva e correctiva. Aquele sistema implica parar o equipamento apenas quando este começa a entrar em falência, utilizando-o até à última etapa do seu ciclo de vida. Desta forma não existe desperdício de tempo relativo a paragens não programadas e paragens programadas desnecessárias (Telang, 2010).

Através da manutenção preditiva é possível fazer um acompanhamento contínuo do equipamento, aumentando a sua fiabilidade e disponibilidade. Na manutenção preventiva, quando os componentes são substituídos por outros, existe a possibilidade destes falharem devido à mortalidade infantil. Isso diminui a fiabilidade do equipamento e a sua disponibilidade. A manutenção preditiva também proporciona ao pessoal da manutenção um maior *know-how* sobre o equipamento (Telang, 2010).

Uma vasta gama de técnicas preditivas pode ser utilizada para monitorizar as condições operacionais e eficiência de equipamentos e sistemas, sendo na maioria das situações necessário recorrer a mais do que uma técnica para obter uma cobertura completa de todos os aspectos críticos e maximizar os benefícios da sua utilização. As técnicas utilizadas são normalmente não destrutivas, caso contrário a manutenção preditiva perderia muitas das suas vantagens (Smith & Mobley, 2008).

A tabela seguinte apresenta algumas das técnicas mais utilizadas e as suas aplicações:

Tabela 1 - Exemplo de algumas técnicas preditivas e suas aplicações (NASA, 2008).

Tecnologias \ Aplicações	Bombas	Motores Eléctricos	Geradores diesel	Disjuntores	Permutadores de calor	Sistemas eléctricos
Análise de vibrações	√	√	√			
Análise de partículas/lubrificação	√	√	√			
Monitorização do desempenho	√	√	√		√	
Análise por ultrasons	√	√	√		√	√
Termografia infravermelha	√	√	√	√	√	√
Inspecção visual	√	√	√	√	√	√

2.1 Análise de Vibrações

A análise de vibrações é importante para avaliar o estado operacional e mecânico dos equipamentos e tem a capacidade de detectar problemas muito antes destes se tornarem sérios. A vibração corresponde a uma oscilação em torno de um ponto de referência e existe quando um sistema reage a forças internas e externas. Cada problema mecânico (por exemplo: desalinhamento, desbalanceamento,...) gera vibração apenas numa única frequência, sendo assim possível analisar a vibração do equipamento e identificar qual o seu problema, desenvolvendo apropriados passos de reparação (Mais & Brady, 2002).

É fundamental na análise de vibrações compreender dois dos componentes do sinal de vibração: a amplitude e a frequência. A amplitude é o “tamanho” do sinal de vibração e depende da magnitude da força de excitação, da massa e rigidez do sistema e do seu amortecimento. A amplitude, tanto em deslocamento, velocidade ou aceleração, é indicadora de gravidade. O deslocamento, normalmente medido em micrómetros, é a mudança da posição de um componente em relação a uma referência. A velocidade é a rapidez com que o deslocamento ocorre e é normalmente medida em mm/s. A aceleração é a variação da mudança da velocidade ou a mudança da velocidade num período de tempo e é medida em g, que é a aceleração produzida pela força da gravidade, o valor de g é $9,8\text{m/s}^2$. A frequência é o número de vezes que um evento ocorre num certo período de tempo. Através da frequência é possível identificar potenciais falhas em equipamentos, pois muitas dessas falhas ocorrem sempre na mesma frequência, sendo assim simples encontrar a causa da falha e definir as medidas de correção adequadas. A frequência é expressa em Hertz (Hz) que representa ciclos por segundo (Mais & Brady, 2002; Pruftechnik, 2002).

A Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transformation*, FFT) é um método utilizado para decompor a vibração de um equipamento nas frequências dos diversos componentes numa amplitude específica (deslocamento, velocidade, aceleração). Com a aplicação do FFT a vibração é apresentada em forma de espectro, denominado espectro de frequências. Através do espectro de frequências é possível determinar a localização de um problema e identificar as suas causas (Mais & Brady, 2002).

Outra das técnicas de análise de vibrações muito utilizada é o nível global de vibração. Esta técnica mede a amplitude total de vibração, expressa em deslocamento, velocidade ou aceleração, para uma gama específica de frequências. O nível global de vibração pode ser obtido através de um equipamento de medição próprio ou do somatório dos valores de amplitude do espectro de frequências, dentro da gama de vibrações estabelecida. A identificação de problemas no nível global de vibrações é efectuada através de comparação de valores pelas normas ou históricos do próprio equipamento (Scheffer & Girdhar, 2004).

Na aplicação desta técnica é necessário ter em atenção a gama de frequências, isto é, a comparação da amplitude global só deve ser efectuada com normas ou históricos com as mesmas gamas de frequência. Outro dos pontos importantes é a escala com que as medições são feitas, Pico, Pico a Pico e Amplitude Média Quadrática (*Root Mean Square*, RMS) (figura 6). Apesar de estas escalas estarem relacionadas entre si é fundamental que a comparação do nível global seja efectuada entre escalas iguais.

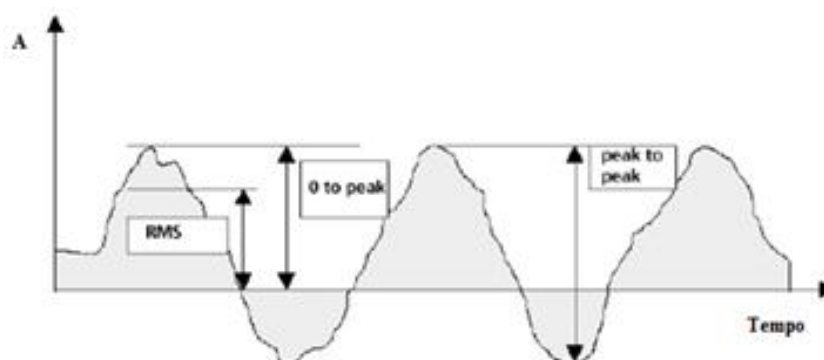


Figura 6 - Escalas de medição utilizadas no nível global de vibração (Pruftechnik, 2002).

O Pico a Pico é o valor da amplitude medida desde um extremo da onda até ao seu outro extremo, normalmente medido em micrómetros. O Pico de velocidade é o valor máximo de velocidade, este valor está directamente relacionado com o movimento da massa vibratória, sendo o seu valor zero quando a massa se encontra no seu limite extremo e máximo quando a massa passa pela posição neutra. O Pico de velocidade é medido em mm/s-pk. O Pico de aceleração é o inverso da velocidade, pois apresenta aceleração máxima no momento em que a velocidade é zero. A aceleração é normalmente expressa em g. O RMS foi estabelecido pela Organização Internacional de Normalização (*International Standards Organization, ISO*) como forma de medição da vibração de equipamentos. A velocidade RMS fornece a energia do sinal vibração de ondas sinusoidais em função do tempo. Este valor representa 0,707 vezes o pico de velocidade sendo normalmente expresso em mm/s. A definição do tipo de amplitude a utilizar, deslocamento, velocidade e aceleração, depende do equipamento a analisar, isto é, depende da frequência a que o equipamento funciona. Para frequências abaixo de 10Hz é produzida pequena vibração a nível de aceleração, moderada vibração a nível de velocidade e alta vibração a nível de deslocamento, portanto amplitude deve vir em deslocamento. No caso de frequências acima dos 1000 Hz deve ser utilizada a aceleração e para a gama de valores entre a 10 e 1000 Hz o mais indicado para amplitude é usar a velocidade de vibração. A velocidade de vibração é o parâmetro mais comum de análise (Scheffer & Girdhar, 2004).

A escolha do equipamento de medição das vibrações influencia directamente a rapidez e fiabilidade na detecção de falhas existentes. Equipamentos com a técnica nível global apresentam grande capacidade de detecção de comportamentos “anormais”. No entanto é muito limitado quando é necessário identificar as causas que levam a esses comportamentos. Apesar de, em alguns equipamentos existirem filtros para identificar apenas uma gama de frequências e assim identificar o tipo de causa presente, caso os níveis de medição estejam acima dos normais. Nos equipamentos de medição que utilizem a técnica de espectro de frequência é possível identificar as causas que levam aos problemas, pois grande parte dessas causas encontram-se em frequências bem definidas.

Normas

A principal finalidade do programa de monitorização da condição é detectar variações no estado do equipamento e prever possíveis problemas. Assim, a metodologia associada a este método implica a comparação da medição da vibração do equipamento com normas, equipamentos similares nas mesmas condições e históricos de medição do mesmo equipamento. A comparação com leituras anteriores é o método mais utilizado para identificar alterações nas condições de operação de equipamentos. Este método mostra ao responsável de manutenção se a condição do equipamento se alterou, para que nível se alterou, em quanto tempo se alterou. Os limites definidos pelas normas servem como base na classificação do provável nível de falha em que se encontra o equipamento (Pruftechnik, 2002).

Tabela 2 - Norma ISO 10816-3 Avaliação da vibração de equipamentos por meio de medições sobre partes não rotativas para máquinas industriais (ISO 10816-3:1998).

ISO 10816-3	Grupo 1		Grupo 2	
Tipo de equipamentos	Máquinas de grande porte (300kW < P > 50 MW)		Médios equipamentos (15kW < P < 300 kW)	
	Motores eléctricos de eixo maior que 315mm		Motores eléctricos de eixo entre 160mm e 315mm	
Fundação	Flexível	Rígida	Flexível	Rígida
Velocidade em RMS				
11 mm/s	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho
7,1 mm/s	Verde	Amarelo	Amarelo	Vermelho
4,5 mm/s	Verde	Verde	Verde	Amarelo
3,5 mm/s	Azul	Verde	Verde	Amarelo
2,8 mm/s	Azul	Verde	Verde	Verde
2,3 mm/s	Azul	Verde	Verde	Verde
1,4 mm/s	Azul	Verde	Verde	Verde

Legenda:	Máquinas novas	Possível operar por longo período	Restringir longa operação	Vibração causa danos
-----------------	----------------	-----------------------------------	---------------------------	----------------------

Os valores apresentados na tabela 2 representam os níveis globais de velocidade de vibração para avaliar equipamentos industriais (motores eléctricos, compressores rotativos, bombas, ventiladores,...).

A SKF definiu limites de vibração para rolamentos com base em anos de análise estatística, permitindo assim detectar precocemente falhas no seu estágio inicial. A classe de vibração normalmente utilizada é a CL2 (tabela 3).

Tabela 3 - Limites de vibração para rolamentos e caixas de engrenagens (SKF, 2009).

Classe	OK	Alerta	Perigo
CL1	0-1 g	1-2 g	acima de 2 g
CL2	0-2 g	2-4 g	acima de 4 g
CL3	0-4 g	4-10 g	acima de 10 g

Classe 1 (CL1) - Rolamentos com um diâmetro de orifício do rolamento entre 200 mm e 500 mm, e velocidade do eixo abaixo de 500 RPM.

Classe 2 (CL2) - Rolamentos com um diâmetro de orifício do rolamento entre 200 mm e 300 mm, e velocidade do eixo entre 500 RPM e 1800 RPM.

Classe 3 (CL3) - Rolamentos com um diâmetro de orifício do rolamento entre 20 mm e 150 mm, e velocidade do eixo de 1800 RPM a 3600 RPM (SKF, 2009).

Principais problemas detectados a partir de análise de vibrações

Um equipamento pode ser constituído por um motor principal, que pode ser um motor eléctrico, motor diesel ou turbinas a gás/vapor. Estes equipamentos podem activar bombas, compressores, ventiladores, entre outros equipamentos. Muitas vezes estas ligações não são efectuadas directamente devido às características de velocidade necessárias, sendo utilizados redutores ou correias na sua transmissão. Quando esses componentes operam continuamente a alta velocidade, o desgaste e outros problemas vão surgindo, fazendo aumentar o nível de vibração. Os principais defeitos que normalmente causam um aumento dos níveis de vibração são:

- Desbalanceamento (desequilíbrio) das partes rotativas – condição que existe num rotor quando a força ou movimento vibratório é transmitido aos seus rolamentos devido a forças centrífugas; também pode ser definido como distribuição desigual de uma massa sobre o eixo de rotação do rotor. As partes rotativas estão balanceadas quando o eixo de rotação (eixo sobre o qual o rotor giraria se não estivesse bloqueado pelos rolamentos) e o eixo geométrico (eixo físico do rotor) estão coincidentes; O desbalanceamento tende a ocasionar elevada vibração radial (Scheffer & Girdhar, 2004; SKF, 2009).
- Desalinhamentos – os desalinhamentos acontecem nos pontos de ligação entre equipamentos e podem ser de três tipos: angular – quando a linha central de dois veios fazem um ângulo; paralelo – quando apesar dos veios estarem alinhados existe um deslocamento entre eles; Angular e Paralelo – quando estão presentes os dois tipos anteriores; Normalmente, eixos desalinhados tendem a ocasionar vibrações radiais (horizontal e vertical), dependendo do suporte, e elevada vibração axial (Pruftechnik, 2002; SKF, 2009).
- Rolamentos e engrenagens danificadas ou desgastadas – os problemas em rolamentos e engrenagens podem surgir devido a desbalanceamentos e desalinhamentos, que provocam um esforço anormal no rolamento ou engrenagem levando à sua falha, ou devido as solicitações normais de funcionamento. Tanto os problemas nos rolamentos como engrenagens podem ser detectados através da medição do envelope de aceleração (o envelope de aceleração é uma gama específica de altas frequências) (Pruftechnik, 2002).
- Problemas em correias e correntes – os problemas em correias e correntes ocorrem fundamentalmente devido a desalinhamento de polias e tensões de funcionamento inadequadas (Pruftechnik, 2002).
- Folgas/frouxidão - as folgas mecânicas podem ser causadas devido componentes rotativos soltos ou má fixação do equipamento à fundação (Pruftechnik, 2002).

Seleção de pontos de medição

A selecção dos pontos de medição em equipamentos é fundamental para a obtenção de dados fiáveis. O local da medição depende do equipamento e/ou do componente em análise. Por exemplo, para equipamentos com estrutura exterior não rotativa, a medição deve ser efectuada junto dos rolamentos ou nos apoios do equipamento como indicado na figura 7 (ISO 133373-1:2002).

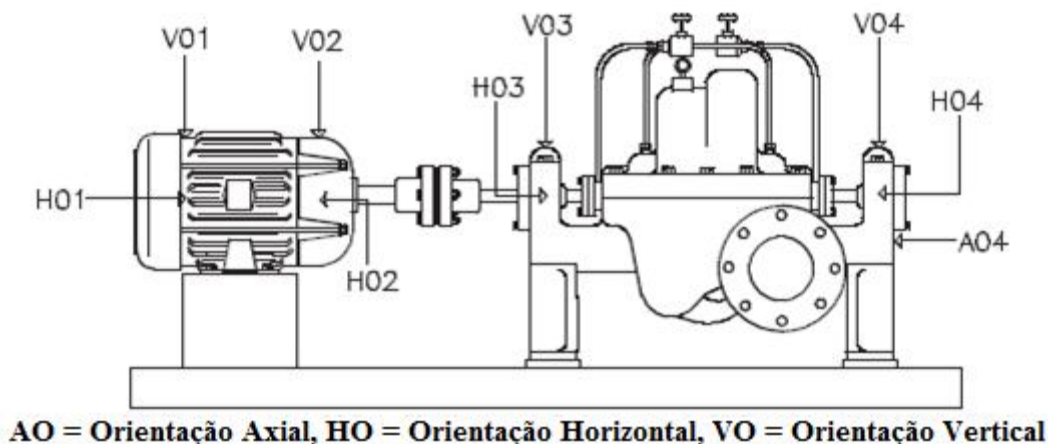


Figura 7 - Exemplo de pontos onde devem ser efectuadas medições de vibração. (Mobley, 2002)

Sempre que possível a medição da vibração deve ser efectuada em três direcções, vertical, horizontal e axial, podendo assim ser possível retirar um maior informação acerca do estado do equipamento e das potenciais causas que influenciam a sua condição.

2.2 Análise Termográfica

Nas últimas décadas a termografia tem sido cada vez mais utilizada na indústria devido à diminuição do custo associado à aquisição do equipamento termográfico. Este tem-se tornado cada vez mais acessível devido aos avanços tecnológicos dos detectores infravermelhos e da electrónica.

A energia infravermelha foi descoberta por William Herschel (1738-1822). Este por volta do ano de 1800 testou qual a capacidade da luz decomposta, a partir de um prisma, pode ter no aquecimento de uma superfície. Herschel descobriu que o aquecimento máximo ocorre para lá da luz vermelha (Kaplan, 2007).

Fisicamente a luz visível, radiação infravermelha e radiação ultravioleta, entre outras, podem ser caracterizadas como ondas electromagnéticas. As ondas são perturbações periódicas que mantêm a sua forma, enquanto vão progredindo no espaço e no tempo. A periodicidade espacial é chamada de comprimento de onda, λ (dado em metros, micrómetros, milímetros, etc), a periodicidade transiente é chamada de período de oscilação, T (em segundos), em que a frequência é, $\nu = 1/T$ (em s^{-1} ou hertz). Ambos são relacionados através da velocidade de propagação da onda, dada pela equação: $c = \nu \cdot \lambda$. Esta velocidade depende do tipo de onda (sonora, electromagnética, etc.). A luz visível só abrange uma gama muito pequena dentro do espectro, apresentando comprimentos de onda entre 380-780 nm (figura 8). Na região adjacente do espectro, com comprimentos de onda de 780nm até 1mm, encontra-se a zona de infravermelho (IR). A termografia utiliza a radiação térmica para quantificar a temperatura emitida pelas superfícies. Qualquer superfície à temperatura de zero absoluto ($T=0K$ ou $T=-273,15^{\circ}C$) emite radiação electromagnética. A quantidade de radiação depende da temperatura (quanto mais quente a superfície mais energia emite) e propriedades do material (Vollmer & Möllmann, 2010).

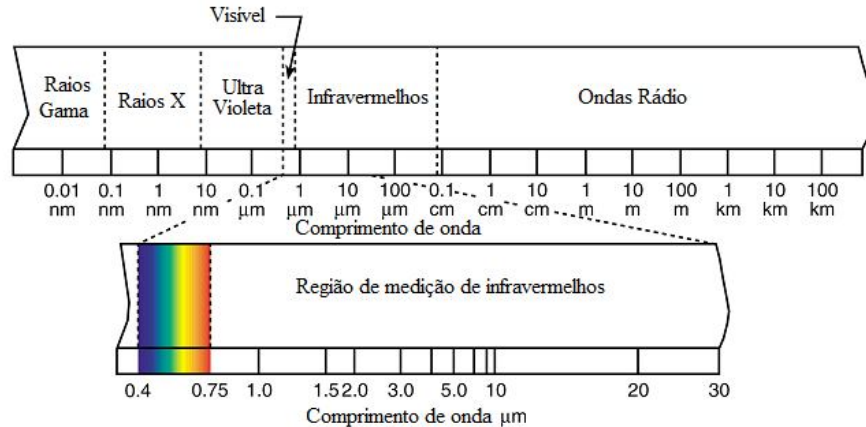


Figura 8 - Espectro de radiação. (EPRI, 2002)

O processo de radiação de uma superfície é chamado de radiosidade. Esta pode acontecer sobre 3 formas: emitida a partir da superfície; reflectida da superfície; ou transmitida através da superfície. A radiosidade total é igual à soma da componente emitida, da componente reflectida, e da componente de transmissão. A temperatura da superfície está relacionada com a energia emitida. Assim, para determinar a temperatura de uma superfície, é necessário subtrair a energia emitida com a energia reflectida e transmitida (EPRI, 2002).

Existem duas leis que definem o comportamento radiante: a lei de Stephan-Boltzmann ($W = \xi \delta T^4$) e a lei de Wien ($\lambda_m = b/T$). W representa o fluxo radiante emitido por unidade de área (watts/cm^2), ξ representa a emissividade (unidade para superfície do corpo negro), δ é a constante de Stephan-Boltzmann ($5,673 \times 10^{-12} \text{ watts cm}^{-2}$), T é a temperatura absoluta do alvo (K), λ_m representa o comprimento de onda da radiação máxima (mm) e o b é a constante deslocamento de Wien (2897 ($\mu\text{m} - \text{K}$)). A lei de Stephan-Boltzmann define que a energia radiante (W) emitida pela superfície do alvo é igual a duas constantes multiplicadas pela potência à quarta da temperatura absoluta (T) da superfície. A constante, δ , é um valor fixo enquanto a emissividade (ξ), que é a relação entre a quantidade de energia emitida por uma superfície à emitida por um corpo negro à mesma temperatura, depende do material. O equipamento de medição usa esta lei para apresentar o valor de temperatura da superfície a analisar. A lei de Wien define qual o comprimento de onda máximo para o máxima energia emitida por uma superfície. Esta lei é importante para a escolha do equipamento de medição a utilizar dentro da gama de comprimentos de ondas a ser analisadas (EPRI, 2002).

As superfícies podem ser classificadas em três categorias: corpo negro, corpo cinzento, e corpo não-cinzento. Um corpo negro é uma superfície teórica com uma única emissividade em todos os comprimentos de onda, absorve toda a energia disponível na sua superfície e tem reflectividade e transmissividade igual a zero. O corpo negro tem a maior emissividade e radiosidade em todos os comprimentos de onda, em comparação com qualquer outro corpo e absorve toda a energia disponível na sua superfície. No entanto, para a maioria das aplicações práticas em termografia a emissividade das superfícies é constante e de valor inferior a 1, designando-se por corpo cinzento, contudo para superfícies em que a emissividade depende do comprimento de onda são designadas por emissores selectivos (figura 9) (Vollmer & Möllmann, 2010).

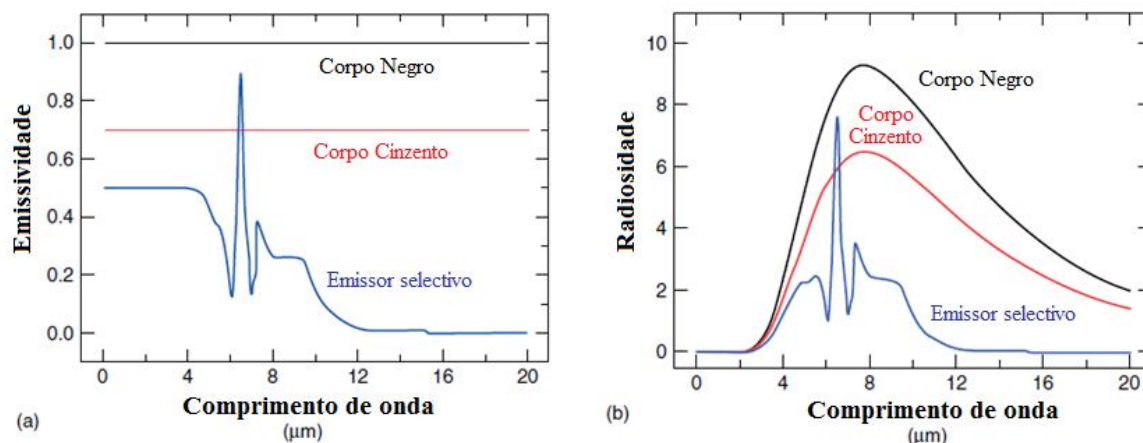


Figura 9 - (a) Emissividade de diferentes corpos em função do comprimento de onda; (b) Radiosidade de diferentes corpos em função do comprimento de onda. (EPRI, 2002)

Além dos aspectos mencionados anteriormente, deve ter-se ainda em conta a radiometria, que estuda aspectos relacionados com a propagação da radiação electromagnética.

A realização de uma análise termográfica implica seguir algumas regras de forma a obter os melhores resultados possíveis. O *Infraspection Institute* fornece alguns procedimentos básicos que devem ser seguidos por quem realiza a análise termográfica que são:

- O equipamento a ser inspeccionado deve estar sob carga adequada, idealmente a carga de funcionamento. No entanto pode ser aplicada uma carga superior como teste;
- Inicialmente o equipamento deve ser analisado sem ser removido qualquer tipo de isolamento ou protecção, por forma a verificar se é necessário tomar alguma medida preventiva antes de se efectuar a análise termográfica;
- Armários ou outros sistemas de isolamento, após verificados, devem ser abertos para fornecer uma linha de visão dos componentes contidos nele;
- Sempre que possível, os componentes similares com carga semelhante, devem ser comparados uns com os outros;
- Podem ser usados critérios para definir prioridades de acção aos componentes analisados. (Infraspection, 2008)

A técnica termográfica mais usada na indústria é a comparação termográfica, sendo que esta comparação pode ser quantitativa ou qualitativa. A termografia quantitativa é um método utilizado para avaliar a condição do equipamento, através da comparação dos valores de temperatura com equipamentos idênticos, valores de referência ou limites. Um exemplo deste método é o caso de duas máquinas que estejam a funcionar no mesmo ambiente sob as mesmas condições, e uma apresenta uma temperatura superior à outra. É provável que uma condição de deterioração possa existir. O método de comparação qualitativo é idêntico ao anterior. Contudo, em vez de utilizar a comparação de valores utiliza uma imagem padrão termográfica. Embora as medições qualitativas possam detectar deficiências, é através das medições quantitativas que se tem a capacidade para determinar a gravidade. A aplicação da monitorização de equipamentos através de termografia implica a definição de um critério para avaliação da análise termográfica efectuada. Um critério para avaliar o equipamento é através do uso da diferença de temperaturas (ΔT) (Hitchcock, 2003).

Este critério define a rapidez da intervenção a efectuar de acordo com o valor obtido através da subtração do maior valor de temperatura em relação a uma temperatura de referência, que normalmente é a temperatura do ar ambiente, um componente semelhante nas mesmas condições ou a temperatura máxima admissível do componente (Hitchcock, 2003).

Na tabela seguinte são apresentados valores de ΔT para avaliar o estado do equipamento.

Tabela 4 - Tabela de acções em função da diferença de temperatura obtidas através da análise termográfica (NETA, 1999)

Prioridade	ΔT entre componentes similares sob a mesma carga	ΔT sobre a temperatura do ar ambiente	Acção recomendada
1	1 a 3°C	1 a 10°C	Possível deficiência, garantir investigação
2	4 a 15°C	11 a 20°C	Indica provável deficiência, reparar quando tempo permitir
3	---	21 a 40°C	Monitorizar até medidas correctivas serem aplicadas
4	> 15°C	> 40°C	Maior discrepância, reparar imediatamente

Juntamente com este método pode ser usado o histórico do equipamento como forma de identificar variações entre a temperatura medida ao longo do tempo. Desta forma é possível retirar todas as potencialidades das medições termográficas.

Na indústria, a termografia é recorrentemente aplicada em análise de sistemas eléctricos, sistemas mecânicos e, em menor frequência, sistemas hidráulicos.

O problema mais comum dos sistemas eléctricos é o aumento da resistência eléctrica. Com base na lei de Ohm, (potência (watts) é igual à corrente (Amp.) ao quadrado multiplicada pela resistência eléctrica (ohm`s)) verifica-se que, com o aumento da resistência, existe um aumento da energia. Este aumento de energia traduz-se num aumento da temperatura nesse local. O aumento de resistência eléctrica deve-se normalmente a conexões eléctricas soltas, oxidadas ou corroídas. Outra aplicação da termografia é na identificação de circuitos abertos. Usualmente esta situação ocorre devido a falha de algum componente, sendo esses pontos identificados na termografia como zonas frias. (EPRI, 2002)

A aplicação da termografia a sistemas mecânicos está associada em grande parte a equipamentos rotativos. É normal neste tipo de equipamentos a ocorrência de fricção entre componentes, o que gera desgaste ao longo do tempo, até à falha do componente. O desgaste pode ser provocado pelo normal funcionamento ou por uma situação anormal, ocorrendo normalmente de forma mais rápida neste último caso.

A termografia em sistemas mecânicos utiliza o calor gerado pela fricção e desgaste para verificar o estado dos equipamentos. Algumas razões comuns para falha mecânica são um aumento da carga sobre o rolamento, levando a um desgasta prematuro; um aumento das tensões do equipamento, levando a problemas de fadiga prematura; um aumento nas forças que são aplicadas ao equipamento, tais como componentes soltos; e os efeitos da inércia que levam ao desbalanceamento de um componente ou veio rotativo. Algumas das formas mais comuns de deterioração mecânica de um sistema são desbalanceamento, desalinhamento, folgas, componentes danificados, tais como rolamentos, engrenagens, palhetas, etc (Mais, 2002).

Uma combinação de análises termográficas com dados de vibração contribui de forma significativa para a descoberta precoce de falhas em equipamentos e aumenta a capacidade de detecção de problemas que levam a essas falhas.

2.3 Análise de tensões em correias e alinhamento de polias

As correias, e outros elementos similares flexíveis, são normalmente utilizados em sistemas mecânicos de transmissão de potências para longas distâncias. Em alguns casos podem também substituir outros elementos rígidos de transmissão de potência, tais como engrenagens. Estes elementos, devido às suas características, contribuem para a absorção de cargas de choque e para o amortecimento e isolamento de vibrações. A utilização de correias requer um programa de inspeção e monitorização, a fim de as protege contra o desgaste, envelhecimento prematuro e perda de elasticidade (Shigley & Mischke, 2005).

As correias normalmente utilizadas nas transmissões mecânicas são planas, trapezoidais (correias em v) ou dentadas (síncronas). Tanto as correias planas como as correias trapezoidais apresentam características similares tais como baixo custo, funcionamento silencioso, não necessitam de lubrificação, dimensões globais da transmissão maiores e precisão de transmissão afectada pelo escorregamento (razão de transmissão não constante). As características das correias dentadas são boa precisão na transmissão do movimento, aplicação em menores distâncias entre eixos e/ou maiores relações de transmissão, capacidade para maiores velocidades periféricas, menor capacidade para absorver choques, não necessitam de pré-tensionamento e menor duração que correias de outros tipos (fadiga na raiz dos dentes). A tensão das correias e o alinhamento das polias das correias são dois factores fundamentais na vida útil da correia. A tensão a aplicar à correia deve estar presente nos seus dados técnicos, caso contrário deve ser calculada em função das seguintes características: potência a transmitir; a velocidade de rotação do veio do motor; a relação de transmissão pretendida; distância entre veios; correia utilizada (tipo, secção e comprimento) e diâmetro das polias. Na tabela 5 são apresentados alguns problemas que podem surgir devido a tensões incorrectas (Juncor).

Tabela 5 - Principais problemas relacionados com o tensionamento incorrecto de correias (Optibelt, 2011).

Tipo de correias	Problemas
Trapezoidal	Desgaste excessivo nos cantos da correia; Vibração elevada; Excessivo ruído de funcionamento, Esforços sobre rolamentos; Deslizamento da correia.
Dentadas	Quebra da correia; Severo desgaste dos dentes; Desgaste excessivo na parte interior dos entalhes; Excessivo ruído de funcionamento; Esforços sobre rolamentos.

A utilização de equipamentos de medição da tensão fornece, de forma rápida, o valor de tensão da correia com precisão, sem ser necessário haver contacto, possibilitando assim um acompanhamento do estado de tensão ao longo do tempo. Isto permite identificar situações anómalas, bem como efectuar correcções sempre que necessário.

O tipo de polia a utilizar depende da correia ou vice-versa, isto é, para correias planas usam-se polias planas, para correias trapezoidais usam-se polias ranhuradas e para correias síncronas usam-se polias dentadas. O desalinhamento de polias pode ser de três tipos: desalinhamento angular horizontal, desalinhamento angular vertical e desalinhamento axial (figura 10 e 11). O desalinhamento angular ocorre quando pelo menos uma das polias efectua um ângulo em relação ao plano, enquanto o desalinhamento axial ocorre quando as duas polias não se encontram no plano de funcionamento. Estes desalinhamentos provocam problemas de tracção da correia, desgaste excessivo, ruídos e problemas de estabilidade.



Figura 10 - Polias correctamente alinhadas. As ranhuras encontram-se alinhadas entre si. (SKF, 2011)

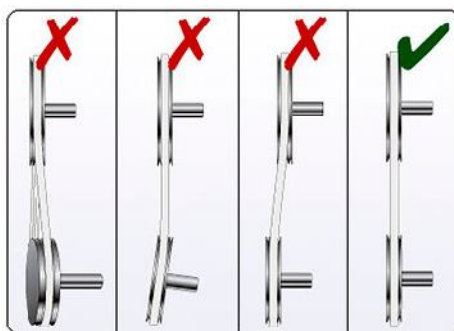


Figura 11 - O primeiro desalinhamento corresponde a desalinhamento angular vertical, o segundo a desalinhamento angular horizontal e o terceiro a um desalinhamento de paralelismo. (SKF, 2011)

O valor nominal de tolerância recomendado para o desalinhamento de polias situa-se entre $0,1^\circ$ a $0,5^\circ$, o que é impossível de obter sem recurso a equipamentos próprios. Os equipamentos existentes para alinhamento de polias podem ser classificados em dois tipos: equipamentos que alinham as faces das polias e os que alinham as ranhuras das polias. Os primeiros equipamentos têm a capacidade para alinhar apenas a face das polias entre si, e não as ranhuras onde as correias se encontram. Isto implica um grau de precisão variável em função da espessura, tipo e marcas diferentes de polias. No entanto, este tipo de método pode ser aplicado a polias planas e, em alguns casos, de polias dentadas (SKF, 2011).

A vantagem de utilizar um equipamento de alinhamento, em vez de réguas ou alinhamento visual, é a possibilidade de obter um alinhamento correcto de forma rápida, sem exigir treino específico, permitindo quantificar o valor do desalinhamento.

3 Processo e ferramentas para manutenção preditiva existentes na empresa

Tal como mencionado anteriormente, a manutenção preditiva começou a ser implementada no departamento dos embalamentos metálicos devido à aplicação da metodologia de manutenção centrada na fiabilidade. Ao contrário da manutenção correctiva e preventiva, a manutenção preditiva ainda se encontra numa fase embrionária, sendo necessário estabelecer alguns componentes do processo para se tornar fiável e efectivo. Contudo, alguns passos importantes já tinham sido dados tais como a aquisição de equipamentos preditivos e a criação de uma base de dados em Access.

A aquisição dos equipamentos de medição foi um passo importante porque garante que existiu uma avaliação dos custos-benefícios que a manutenção preditiva proporciona à empresa, que os parâmetros de medição seleccionados são capazes de detectar uma anomalia muito antes da ocorrência da falha e que as gamas de avaliação dos equipamentos a analisar foram satisfeitas.

Os equipamentos de medição existentes na empresa são o SKF CMA (análise de vibrações), o SKF TKTI 10 (gerador de imagens térmicas), o Optibelt TT3 (análise tensões) e o Conjunto de Serviço da Optibelt (alinhamento de polias e tensões).

O SKF CMA é um equipamento para análise de vibrações em equipamentos rotativos, indicado principalmente para detectar falhas em rolamentos. O equipamento fornece duas leituras de vibração e uma medição de temperatura. As leituras de vibração apresentadas são a vibração de “velocidade” global, que indica a condição geral do equipamento, e a vibração “aceleração de envelope”, que apresenta apenas os sinais de vibração de rolamentos e caixas de engrenagens de elementos (figura 12).



Figura 12 - Equipamento de medição de vibrações.

O Gerador de imagens térmicas SKF TKTI 10 é um equipamento de análise termográfica adequado a inspecções mecânicas e eléctricas, poupança de energia e actividades relacionadas com a segurança de instalações fabris. O equipamento tem capacidade para capturar imagens digitais e térmicas e apresentar valores quantitativos da temperatura inferior e superior medida, bem como o seu ΔT . Este equipamento vem acompanhado por um software para análise das imagens e geração de relatórios (figura 13).



Figura 13 - Máquina termográfica.

O Optibelt TT3 é um equipamento que mede a tensão em correias. O equipamento apresenta as medições em frequência ou tensão e contém uma base de dados com diversos tipos de correias. Através da selecção do tipo de correia analisar é possível saber qual o valor de tensão que a correia deve ter. O equipamento possibilita também adicionar mais correias à base de dados e calcular a distância entre polias quando necessário.



Figura 14 - Equipamento de medição de tensões em correias.

O Conjunto de Serviço da Optibelt é um misto de equipamentos utilizados para análise de tensões em correias, registar dados das transmissões e alinhamento de polias (figura 15). Deste conjunto de equipamentos apenas será utilizado o alinhamento de polias. O alinhamento de polias é efectuado com recurso a um ponteiro laser colocado na polia motora e pelo menos 4 pinos magnéticos colocados na outra, os valores nos 4 pinos deve ser zero quando as polias estão alinhadas (figura 16).



Figura 15 - Conjunto de Serviço da Optibelt utilizado para análise de transmissões.

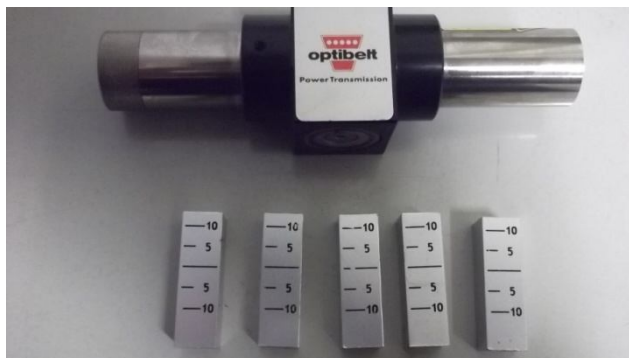


Figura 16 - Equipamento para alinhamento de polias.

A base de dados construída para a manutenção preditiva tem a capacidade para envio das medições dos equipamentos directamente para o e-mail; opção de pesquisa de equipamentos que necessitam de manutenção através da prioridade de reparo; pesquisa através do número de equipamento ou data; abertura das pastas das diferentes técnicas de diagnóstico existentes na rede da Colep; agenda de tarefas; e impressão das medições dos equipamentos.

Após a identificação dos componentes já existentes para o processo de manutenção preditiva verificou-se a necessidade de detalhar as operações de funcionamento dos equipamentos de medição. O correcto acompanhamento dos equipamentos obriga que os técnicos de manutenção responsáveis por essas intervenções sigam determinados passos e que conheçam os pontos dos equipamentos onde devem efectuar as medições. Estes passos ainda não se encontram documentados e os pontos de medição ainda não estão claramente definidos. É importante definir pontos constantes de medição, pois uma pequena alteração pode influenciar os resultados obtidos. Ao detalhar as operações de funcionamento dos equipamentos de medição é possível garantir que qualquer técnico utiliza adequadamente o equipamento de medição, que os parâmetros de análise dos equipamentos são seleccionados e que existe uma diminuição na variabilidade das medições efectuadas.

Outro componente fundamental do processo de manutenção preditiva é definir os limites pelo qual serão avaliados os equipamentos sujeitos a este tipo de manutenção. Estes limites podem ser obtidos através de normas, de histórico de equipamentos, comparação directa entre equipamentos idênticos com a mesma solicitação ou informações técnicas do equipamento em avaliação.

Contudo, todo este processo de manutenção preditiva só consegue tornar-se mais viável e robusto com recurso a uma ferramenta de tratamento e monitorização dos dados armazenados. Este tipo de ferramenta é essencial na gestão de qualquer projecto, pois é através da sua análise que se pode tomar decisões acertadas. A criação de uma ferramenta de monitorização torna possível:

- Acompanhar a evolução das medições;
- Comparar medições com limites definidos;
- Relacionar mais do que um tipo de análises entre si;
- Avaliar a condição dos equipamentos.

Apesar de grande parte das vezes o sistema de monitorização das medições ser utilizado pelos níveis superiores de gestão é importante que seja simples, intuitivo, e que permita analisar os resultados de qualquer equipamento de forma rápida. A ferramenta de monitorização deve adaptar-se à necessidade e dimensão do sistema e deve ter em conta os seguintes princípios na sua construção:

- A que tipo de equipamentos se destina;
- Qual a informação que deve ser transmitida;
- Que resultados podem ser gerados pela ferramenta;
- Que instrumentos extra são necessárias para o bom funcionamento da ferramenta.

Neste caso específico o desenvolvimento da ferramenta de monitorização deve ser capaz de interagir/importar dados do Access, que seja possível de aceder em qualquer ponto da empresa e que seja fácil de utilizar.

Os principais benefícios obtidos através da implementação da ferramenta de monitorização são:

- Detectar desvios – comparação das medições efectuadas com os limites definidos. Os desvios podem ser positivos (acima dos limites) ou negativos (abaixo dos limites). É importante ter em atenção a dimensão do desvio;
- Potenciar a identificação das causas dos desvios – através da análise da evolução dos resultados e de cada tipo de medição;
- Identificar tendências futuras – facilita a percepção de tendências e suas evoluções;
- Definir medidas correctivas – após identificação da possível causa efectuar a correcção para corrigir desvios e tendências;
- Definir medidas preventivas – ajustar manutenção preventiva em função das tendências verificadas;
- Gerir de forma mais eficaz – a monitorização proporciona o acompanhamento em tempo actual do estado dos equipamentos.

A construção do sistema de monitorização, tendo em conta as necessidades e características supra mencionadas, corresponde a um importante componente do processo global de manutenção preditiva.

Actualmente ainda não é realizado o acompanhamento dos equipamentos através da manutenção preditiva apesar de já serem utilizados os equipamentos de medição em algumas análises periódicas, principalmente para confirmação de que o equipamento apresenta realmente problemas. Apesar do acompanhamento sistemático dos equipamentos ainda não ser realizado, esta situação vai-se alterar assim que o processo de manutenção preditiva estiver completamente criado.

É importante iniciar um acompanhamento piloto dos equipamentos e analisar os resultados obtidos para verificar necessidades de ajuste das ferramentas existentes, principalmente a nível dos limites definidos, bem como verificar a evolução/estado dos equipamentos acompanhados.

4 Componentes desenvolvidas para o processo de manutenção preditiva

Após identificados todos os componentes essenciais para o funcionamento do processo de manutenção preditiva foram desenvolvidas as ferramentas necessárias.

4.1 Instruções de funcionamento para os equipamentos de medição

A utilização dos equipamentos de medição existentes na empresa implica o conhecimento de alguns parâmetros, que em alguns casos podem influenciar os resultados das medições. Como tal, é de extrema importância que todas as medições sejam efectuadas com um grau de normalização elevado, evitando a obtenção de valores incorrectos. Assim, foram elaboradas instruções de funcionamento para os equipamentos de medição (Anexo A). Nas instruções desenvolvidas encontram-se todos os passos que o técnico deve verificar ou efectuar ao utilizar o equipamento de medição. Nas instruções são:

- Indicados os parâmetros que devem ser controlados ou alterados em função do equipamento a ser analisado;
- Definidos procedimentos para colocação de informação nos equipamentos de medição; e
- Definidas as formas e locais para efectuar a medição.

Nem todas as instruções apresentam os conteúdos acima descritos, pois estas dependem fundamentalmente do tipo de equipamento de medição. As instruções ficaram alojadas no local onde são guardados os equipamentos de medição, permitindo que qualquer técnico as possa consultar.

4.2 Limites para avaliação dos equipamentos

Para os equipamentos de medição de vibrações, termografia e tensões foi necessário definir limites para a avaliação dos equipamentos. Os limites definidos para as técnicas de análise de vibrações e de termografia foram obtidos através de normas, estas foram apresentadas no capítulo 2. Em relação aos limites para a técnica de análise de tensões em correias, estes foram definidos com recurso ao software *Optibelt CAP6.0 Drive Calculation*. Este software é utilizado para projectar e dimensionar transmissões efectuadas por vários tipos de correias. O referido aplicativo informático permite: dimensionar o tipo de correia a utilizar em função das características da transmissão; apresentar informações acerca dos valores de tensão das correias utilizadas; e otimizar transmissões em função do custo dos equipamentos relacionados com a transmissão, manutenção e energia. Assim, a obtenção do valor de tensão nominal para as correias implicou ter o conhecimento das transmissões existente na empresa. Para esse efeito foi necessário, juntamente com um técnico de manutenção, retirar informações acerca dos diâmetros das polias, velocidade de rotação da polia motora, tipo de correia utilizada, distância entre polias e diâmetro da correia utilizada de todas as transmissões. Após a obtenção dessas informações, e com o recurso ao software *Optibelt CAP6.0*, foi calculado o valor de tensão nominal que a correia utilizada deve ter segundo as características da transmissão (Anexo B). Em conjunto com o gestor de manutenção foi estabelecida uma margem superior e inferior de 5% do valor da tensão nominal, considerando-se aceitáveis as medições que se situarem dentro desses limites.

4.3 Ferramenta de monitorização da condição dos equipamentos

A ferramenta de monitorização deve ir ao encontro das necessidades e restrições existentes, pois só assim é possível retirar o maior proveito, tanto da ferramenta, como da manutenção preditiva.

A ferramenta de monitorização foi criada em Excel 2007. O Excel é uma ferramenta capaz de organizar e explorar grandes quantidades de dados, tem capacidade para criar gráficos de forma rápida e apresenta um vasto conjunto de ferramentas de consultas, análise, formatação e cálculo. Aliado a estas características, o Excel tem capacidade para importar dados do Access e permitir a programação em *Visual Basic* (VB).

A escolha do Excel como ferramenta de monitorização deve-se à preferência da gestão em visualizar os dados neste tipo de suporte, da sua capacidade para interagir com o Access e ser possível de programar.

A ferramenta de monitorização construída possui quatro folhas de Excel, uma por cada análise existente na empresa. Estas folhas estão ligadas à base de dados através de macros e fazem a actualização dos dados sempre que são “abertas”.

Apesar de todas as folhas terem características diferentes entre si, devido ao tipo de informação a apresentar ou para facilitar a análise por parte do utilizador, também existem algumas características semelhantes.

Em todas as folhas existem três *Combo box*, a primeira para selecção das células existentes nos embalamentos metálicos, a segunda para selecção das linhas existentes dentro da célula escolhida anteriormente, e por fim, na terceira caixa de combinação é efectuada a escolha do equipamento em análise. Estas *Combo box* têm como objectivo facilitar ao utilizador a escolha do equipamento a analisar. Após a escolha do equipamento um conjunto de informações aparece automaticamente nas folhas de Excel.

Além das *Combo box* são também apresentadas em todas as folhas, considerações finais (figura 18) acerca da última análise efectuada, da qual fazem parte:

- Comentários gerais – aqui são apresentados os comentários acerca do equipamento e das medições efectuadas,
- Falha/acção recomendada – aqui são apresentadas possíveis problemas que o técnico que efectua a medição detecte e também intervenções que sejam necessárias efectuar;
- Prioridade – caso o equipamento necessite de intervenção neste local é apresentada a prioridade com que deve ser efectuada.

O conteúdo apresentado nas considerações finais provém dos técnicos que executam as análises preditivas.

Ferramenta para análise de vibrações

Além das características acima descritas, a folha de análise de vibrações apresenta mais três “pontos” que são: medição da velocidade de vibração, medição da aceleração e medição da temperatura (figura 17).

Na medição da velocidade são apresentados os parâmetros em que as medições se realizam (sistema de unidades e enquadramento do equipamento na norma) e também um gráfico de dispersão com linhas e marcadores dessas mesmas medições. Este gráfico apresenta os três tipos de velocidade medida (vertical, horizontal e axial) e os limites de alerta e perigo.

Os limites variam em função do tipo de equipamento em análise. Quando o valor das medições ultrapassa os limites são apresentadas automaticamente potenciais causas para essa ocorrência.

Na medição da aceleração é apresentada a classe de aceleração à qual o equipamento em análise faz parte e ainda um gráfico de dispersão com linhas e marcadores dos valores medidos. No gráfico encontram-se limites variáveis em função da classe do equipamento.

Por fim, na medição da temperatura é apresentado um gráfico de dispersão, com linhas e marcadores, do valor da temperatura durante as medições de vibração. Este ponto será mais aprofundado nas análises termográficas.



Figura 17 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições de vibração.

Ferramenta para análise termográfica

A folha de análise termográfica encontra-se dividida em quatro “pontos”: selecção do equipamento, foto termográfica, análise de temperatura e considerações finais (figura 18).

Na foto termográfica é apresentada a última imagem termográfica retirada do equipamento. Esta imagem apresenta tanto a imagem termográfica como a imagem “real”. A imagem aparece automaticamente após a selecção do equipamento.

Na análise de temperatura é apresentado um gráfico de dispersão com linhas e marcadores das medições efectuadas. Neste gráfico são apresentados os valores de temperatura inferior e superior do equipamento em análise, bem como a diferença de temperatura entre ambos. É também apresentada uma tabela com os valores quantitativos da última medição. Com estes valores é possível comparar com a tabela de acções e prioridades presente na folha, e através desta última tabela classificar o estado do equipamento.

Manutenção Preditiva

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

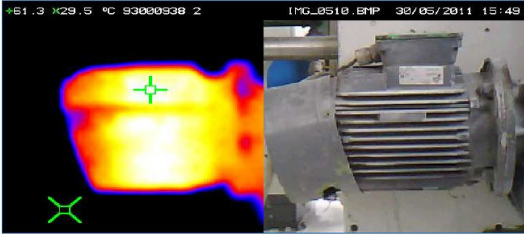
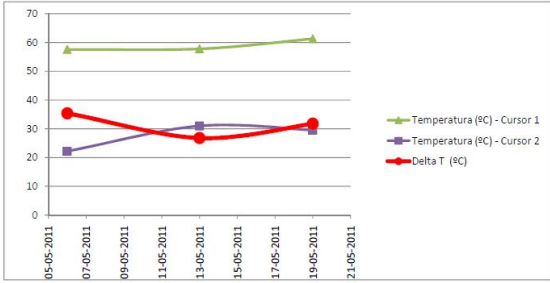


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visual (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Análise Termográfica

Manutenção Preditiva

Prioridade	ΔT entre componentes similares e idêntica solicitação	ΔT acima da temperatura ambiente	Acções recomendadas
1	1 a 3°C	1 a 10°C	Possível deficiência, garantir investigação
2	4 a 15°C	11 a 20°C	Indica possível deficiência; reparar assim que tiver oportunidade
3	-----	21 a 40°C	Monitorizar até medidas correctivas serem aplicadas
4	> 15°C	> 40°C	Reparar imediatamente

Medição de Temperatura	
Cursor 1 (°C):	61,3
Cursor 2 (°C):	29,5
Diferencial (°C):	31,8

2.3 Considerações Finais

Comentários Gerais

Critérios da análise segundo InterNational Electrical Testing Association.

Falha / Acção Recomendada

Monitorizar constantemente até medidas correctivas serem aplicadas.

Prioridade de reparo

5

Análise Termográfica

Figura 18 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições de termografia.

Ferramenta para análise de tensões em correias

A ferramenta para análise de tensões, além dos pontos semelhantes às outras folhas (selecção dos equipamentos e considerações finais), apresenta um ponto relativo às medições de tensão (figura 19). Neste ponto são apresentadas as características essenciais da transmissão associada ao equipamento em estudo. Estas características são potência, rotações por minuto da polia motora, diâmetro da polia motora, diâmetro da polia movida, distância entre eixos, nome da correia, tipo de correia e o número de correias utilizadas.

É apresentado também um gráfico de dispersão com linhas e marcadores. Neste gráfico são apresentadas as medições efectuadas ao longo do tempo e os limites entre as quais se deve manter. Os limites são ajustáveis em função do tipo de equipamento seleccionado.

Manutenção Preditiva

3. Análise Tensões

Célula:
 Linha:
 Nº Equipamento:
 Nome Equipamento:

Máquina Motora

Potência (cv):	7
rpm da polia motora:	520
Diâmetro da polia motora (mm):	80

Máquina Moviada

Diâmetro da polia movida (mm):

3.1 Medições de Tensão

Correia: Tipo de Correia:
 Nº de Correias: Distância entre eixos (mm):

Histórico de Tensões (N)

Data	TensaoActual (N)	Limite Inferior (N)	Limite Superior (N)
07-05-2011	~400	~410	~450
12-05-2011	~380	~410	~450
01-06-2011	~350	~410	~450

Análise de Tensões

Manutenção Preditiva

3.2 Considerações Finais

Comentários Gerais

Este equipamento encontra-se com uma tensão inferior à tensão normal requerida para o bom funcionamento do mesmo.

Falha / Acção Recomendada

Recomenda-se o retensionamento deste equipamento.

Prioridade de reparo

4

Análise de Tensões

Figura 19 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições de tensões em correias.

Ferramenta para análise de alinhamentos em polias

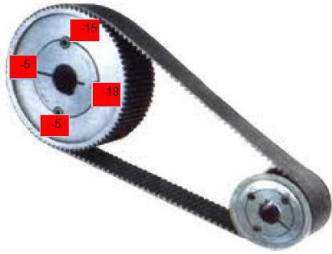
A folha para análise de alinhamento em polias é constituída pela selecção do equipamento em análise, apresentação dos valores de alinhamento actuais, histórico das medições e considerações finais (figura 20).

Na apresentação dos valores de alinhamento é utilizada uma imagem exemplificava de uma transmissão por correias. Numa polia desta imagem encontram-se quatro pontos, estes pontos correspondem aos “pinos” utilizados durante a análise. Na imagem aparecem os valores da última medição e caso os valores sejam todos diferentes de zero, estes quatro pontos ficam com cor vermelha, caso os valores sejam todos zero os pontos ficam verdes, indicado que não há necessidade de efectuar alinhamento das polias.

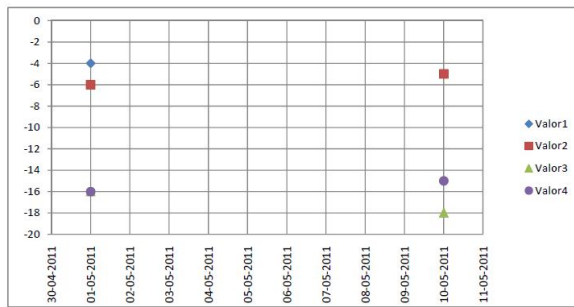
O histórico dos alinhamentos efectuados é apresentado sob a forma de um gráfico de dispersão com marcadores. Este gráfico apresenta quatro tipos de pontos correspondendo a cada “pino” utilizado nas medições. Se os quatro pontos estiverem todos sobre a mesma linha e tenham valor zero indica que a transmissão se encontra alinhada.

4. Alinhamento de Polias

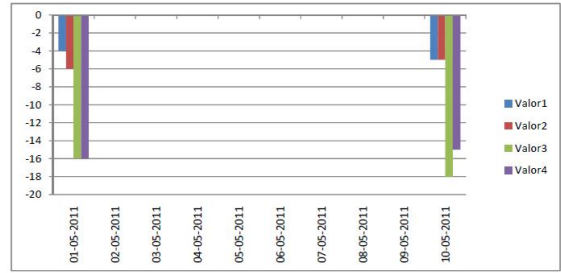
Célula:
 Linha:
 N° Equipamento:
 Nome Equipamento:



4.1 Histórico Alinhamento



Alinhamento de Polias



4.2 Considerações Finais

Comentários Gerais

O equipamento encontra-se com desalinhamento angular e desalinhamento devido a paralelismo.

Falha / Acção Recomendada

Recomenda-se o alinhamento do mesmo. Impossível efectuar alinhamento devido ao paralelismo.

Prioridade de reparo

Alinhamento de Polias

Figura 20 - Exemplo da folha de monitorização de dados para as medições do alinhamento em polias.

5 Resultado da avaliação dos equipamentos através das técnicas preditivas

Após o desenvolvimento da ferramenta de monitorização foram efectuados estudos a diversos equipamentos. Foram apenas estudados equipamentos aos quais se podiam aplicar as técnicas preditivas. Devido ao tempo reduzido do projecto e ao elevado número de equipamentos existentes, grande parte dos equipamentos não puderam ser monitorizados. Foram efectuadas medições às células AER1, AER5 e GL01, respectivamente das linhas L12, L39 e L65.

A monitorização dos equipamentos foi efectuada durante aproximadamente um mês e meio. Nesta fase inicial não foi estabelecido nenhum critério para o intervalo entre medições pois só através da tendência das primeiras medições é que se torna possível estimar o intervalo de tempo em que as medições devem decorrer.

Durante o tempo de realização das medições não foi efectuado nenhum tipo de manutenção às linhas em estudo.

5.1 Resultado da análise de vibrações e termografia

A avaliação do estado geral dos equipamentos sujeitos a medições de vibração é efectuada através da comparação dos valores obtidos, com os valores existentes na norma ISO 10816-3. Esta norma utiliza a amplitude em velocidade (RMS) como forma de avaliar a gravidade geral do equipamento. As medições da amplitude foram efectuadas nas unidades de mm/s. Sempre que possível, as medições foram efectuadas segundo três direcções, vertical, horizontal e axial. Tentou-se efectuar a medição permanentemente nos mesmos pontos, e no futuro será efectuada uma marcação física dos pontos de medição em todos os equipamentos, para que as medições não sejam influenciadas por essa causa.

Relativamente à avaliação do estado dos rolamentos, a amplitude das medições é realizada na forma de aceleração, pois os problemas associados a rolamentos encontram-se fundamentalmente a altas frequências. O valor de amplitude é comparado com os valores disponibilizados pela SKF.

Na tabela 6 e 7 são apresentados os equipamentos que apresentam valores de vibração críticos ou que a sua tendência pode indicar potenciais problemas. No anexo C são apresentados os resultados de todos equipamentos analisados.

Tabela 6 – Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições de vibrações para a AER1 L12.

AER1 L12			
Equipamento	Evolução	Situação actual	Comentários / Possíveis causas / Acções recomendadas
93008548 Motor eléctrico	<p>A velocidade horizontal manteve-se constante na fase inicial, seguido de uma subida e descida, sempre dentro dos valores admissíveis;</p> <p>A velocidade vertical apresenta um forte aumento inicial mantendo-se de seguida na zona de alarme;</p> <p>A aceleração tem-se mantido constante entre o valor de 1 e 1,5, abaixo do limite de alarme.</p> <p>A temperatura tem alternado entre valores de 34,5°C a 37,5°C</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 2 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 2,6 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 0mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 1 g</p> <p>Temperatura \cong 34,5°C</p>	A análise das vibrações indica que este equipamento pode estar perante uma situação de desequilíbrio. No entanto, durante as medições verificou-se que sempre que o motor entra em funcionamento existe uma vibração extra nessa fase inicial. É necessário verificar o apoio deste motor.
93008578 Motor eléctrico	<p>A velocidade horizontal teve um aumento contínuo até atingir o limite de alarme; diminuindo um pouco a partir daí;</p> <p>A velocidade vertical teve um pico significativo até atingir o limite de alarme; diminuindo significativamente a partir daí;</p> <p>A aceleração desenvolveu a mesma tendência da velocidade horizontal e vertical mas menos significativa e não atingiu o limite de alarme;</p> <p>A temperatura seguiu a mesma tendência da aceleração mas com sentido inverso.</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 2,2 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 1,1 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 0mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 0,3 g</p> <p>Temperatura \cong 34,5°C</p>	Tendo em conta a análise das medições verificou-se que em 13/05/2011 houve um aumento tanto na velocidade como na aceleração, verificando-se a sua diminuição na seguinte medição. Como não ocorreu nenhum tipo de manutenção preventiva à linha durante o período em que ocorreram as medições, esta situação deve-se à influência de um outro equipamento que não tem funcionamento contínuo. A medição deste equipamento deve ser realizada durante o espaço de tempo em que o outro equipamento se encontra parado.

Tabela 7 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições de vibrações para a AER5 L39.

AER5 L39			
Equipamento	Evolução	Situação actual	Comentários / Possíveis causas / Acções recomendadas
93000312 Motor eléctrico	<p>A velocidade horizontal apresenta uma tendência constante na fase inicial e um pequeno aumento no final, estando os valores muito acima do limite de perigo;</p> <p>A velocidade vertical apresenta um aumento significativo na parte inicial, diminuindo pouco significativamente a partir daí, estando os valores acima dos limites de alarme;</p> <p>A aceleração tem se mantido constante entre o valor de 0,4 e 1, abaixo do limite de alarme;</p> <p>A temperatura tem alternado entre valores de 40°C a 50°C.</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 12,2 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 5 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 0mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 0,8 g</p> <p>Temperatura \cong 45°C</p>	<p>O nível de vibração apresentado por este equipamento é extremamente elevado. Este equipamento encontra-se fixo a uma estrutura extremamente vibratória que está a influenciar severamente as medições da amplitude global.</p> <p>O nível da aceleração indica que os rolamentos não são o potencial problema.</p> <p>As decisões sobre possíveis acções a tomar sobre este equipamento devem ser principalmente baseadas na análise termográfica.</p>
93002223 Motor eléctrico	<p>A velocidade horizontal apresenta uma tendência crescente, estando a última análise acima do valor de alarme;</p> <p>A velocidade vertical apresentou uma tendência crescente, decrescendo com a última análise, estando abaixo o valor de alarme;</p> <p>A aceleração decresceu significativamente no início mantendo-se praticamente constante a partir daí, sempre abaixo do limite de alarme;</p> <p>A temperatura tem alternado entre valores de 25°C a 35°C.</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 3,5 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 2 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 0mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 0,5 g</p> <p>Temperatura \cong 45°C</p>	<p>Este equipamento necessita de ser monitorizado periodicamente para se verificar se a tendência da velocidade horizontal se mantém crescente.</p>

<p>93002302</p> <p>Motor eléctrico</p>	<p>A velocidade horizontal tem alternado entre os valores de 5 a 6,5mm/s, acima do limite perigo;</p> <p>A velocidade vertical apresenta uma tendência crescente, estando os valores actuais no limiar do perigo;</p> <p>A aceleração apresenta uma tendência crescente pouco significativa, decrescendo na última medição, sempre abaixo do limite de alarme;</p> <p>A temperatura apresenta uma tendência decrescente entre 49°C a 46°C.</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 6,2 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 4,6 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 0mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 0,3 g</p> <p>Temperatura \cong 46°C</p>	<p>Os batimentos da prensa associada a este motor estão a influenciar as medições, no entanto é possível que este equipamento esteja perante uma situação de desalinhamento, devido à possível sobretensão das correias da transmissão. Pela aceleração verifica-se que os rolamentos não são o possível problema.</p> <p>As próximas medições devem ser realizadas apenas com o volante e o motor em funcionamento.</p>
<p>93007403</p> <p>Motor eléctrico</p>	<p>A velocidade horizontal apresenta uma tendência decrescente, mas com valores acima da zona de alarme;</p> <p>A velocidade axial apresentou uma tendência crescente, decrescendo com a última análise, estando abaixo dos limites de alarme;</p> <p>A velocidade vertical apresentou uma tendência decrescente na fase inicial, de seguida voltou a crescer e decrescer novamente situando-se abaixo da zona de alarme;</p> <p>A aceleração teve um crescimento inicial, decrescendo a partir desse ponto, situando-se abaixo da zona de alarme;</p> <p>A temperatura manteve-se constante, tendo apresentado apenas um aumento na fase final.</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 4,9 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 2,8 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 2,8mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 0,3 g</p> <p>Temperatura \cong 40°C</p>	<p>Através dos resultados obtidos verifica-se que existe um potencial desalinhamento, no entanto é necessário ter em consideração que este equipamento se encontra fixo a uma estrutura vibratória que influencia directamente as medições.</p> <p>Pela aceleração verifica-se que os rolamentos não são o possível problema.</p> <p>As decisões sobre possíveis acções a tomar sobre este equipamento devem ser principalmente baseadas na análise termográfica</p>
<p>93007405</p> <p>Motor eléctrico</p>	<p>A velocidade horizontal cresceu na fase inicial decrescendo a partir desse ponto, estando a última medição acima da zona de alarme;</p> <p>A velocidade axial tem alternado entre 4 e 5mm/s, situando-se na entre a zona de alarme;</p> <p>A velocidade vertical apresenta uma tendência crescente, estando a última medição acima da zona de alarme;</p> <p>A aceleração apesar de tendência decrescente teve um aumento na fase final, estando os valores situados entre a zona de alarme e perigo;</p> <p>A temperatura tem alternado entre 45°C e 53°C.</p>	<p>Vel. Horizontal \cong 5 mm/s</p> <p>Vel. Vertical \cong 6,5 mm/s</p> <p>Vel. Axial \cong 4 mm/s</p> <p>Env. Aceleração \cong 2,5 g</p> <p>Temperatura \cong 53°C</p>	<p>A aceleração indica que os rolamentos são um possível problema para o estado do equipamento, no entanto não são a razão para os elevados valores da amplitude global. Este equipamento encontra-se sobre uma estrutura vibrante que influencia as medições.</p> <p>As decisões sobre possíveis acções a tomar sobre este equipamento devem ser principalmente baseadas na análise termográfica.</p>

Durante a utilização da câmara termográfica foi necessário ajustar a emissividade. A emissividade definida foi 0,8. Com esta emissividade é possível medir grande parte dos equipamentos. No entanto, quando está presente um tipo específico de superfície (ex.: crómio polido, metal polido...) adaptou-se o valor da emissividade a essas superfícies, com recurso a uma tabela de valores de emissividade existentes na câmara termográfica. Não é aconselhável efectuar medições com valores de emissividade inferiores a 0,7 pois, o resultado da medição é influenciado pela radiação reflectida pelas superfícies circundantes. Durante as medições foram efectuadas focagens com recurso ao anel de focagem para ter imagem termográfica com melhor qualidade e melhorar a precisão das análises quantitativas. Como a câmara visível e térmica não são coincidentes foi necessário efectuar o alinhamento entre elas durante as medições.

A diferença entre os valores quantitativos obtidos a partir das análises termográficas são comparados com os valores fornecidos através da norma técnica *Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems*. A norma fornece valores de diferença de temperatura e recomenda qual a acção a ser executada em função dessas diferenças.

Na tabela 8 e 9 é apresentado um resumo dos resultados obtidos para os equipamentos que se encontram fora dos parâmetros. No anexo D encontra-se os resultados das medições efectuadas para todos os equipamentos.

Tabela 8 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições termográficas da AER1 L12.

AER1 L12			
Equipamento	Evolução	Situação actual	Comentários / Possíveis causas/ Acções recomendadas
93000938 Motor eléctrico	A temperatura superior tem-se mantido praticamente constante entre 58°C e 61°C; A temperatura inferior teve um pequeno crescimento, decrescendo de seguida; O ΔT seguiu a mesma tendência da aceleração mas com sentido inverso	Temp. Superior = 61,3°C Temp. Inferior = 29,5°C $\Delta T = 31,8$	Apesar da elevada temperatura superior e do elevado ΔT indicar possível anomalia, este equipamento pode não apresenta problemas porque a temperatura superior encontra-se praticamente constante ao longo do tempo. As vibrações encontram-se dentro dos valores admissíveis. Fazer nova medição e tomar decisão em função da evolução.
93000940 Motor eléctrico	A temperatura superior manteve-se praticamente constante entre 53°C e 55,8°C; A temperatura inferior teve um pequeno crescimento, decrescendo de seguida; O ΔT seguiu a mesma tendência da aceleração mas com sentido inverso	Temp. Superior = 55,8°C Temp. Inferior = 31,2°C $\Delta T = 24,6^\circ\text{C}$	Apesar da elevada temperatura superior e do elevado ΔT indicar possível anomalia, este equipamento pode não apresenta problemas porque a temperatura superior encontra-se praticamente constante e as vibrações encontra-se dentro dos valores admissíveis. Fazer nova medição e tomar decisão em função da evolução.
93005588 Servomotor do rolo de soldadura	A temperatura superior apresenta uma tendência crescente pouco significativa; A temperatura inferior cresceu pouco significativamente na fase inicial tendo na fase final decrescido com alguma intensidade; O ΔT apresenta um crescimento pouco significativo na fase inicial e um crescimento significativo na fase final.	Temp. Superior = 41,8°C Temp. Inferior = 16,3°C $\Delta T = 25,5^\circ\text{C}$	O elevado ΔT apresentado na última medição pode não corresponder à realidade, pois o valor da temperatura inferior é extremamente baixa para o local onde se encontra o equipamento. Efectuar nova medição assim que houver disponibilidade.
93008548 Motor	A temperatura superior tem alternado entre valores de 38°C e 46°C; A temperatura inferior decresceu significativamente no início, seguido de um aumento significativo e posterior decréscimo; O ΔT manteve-se constante no inicio, decrescendo de seguida e aumentado no final.	Temp. Superior = 42,8°C Temp. Inferior = 27°C $\Delta T = 15,8^\circ\text{C}$	Apesar do ΔT estar um pouco acima do valor admissível, este equipamento ainda não apresenta indícios concretos de problemas.

93008549 Redutor	<p>A temperatura superior apresenta um tendência decrescente no início, crescendo de seguida e voltando a decrescer no final;</p> <p>A temperatura inferior segue a mesma tendência mas com amplitudes superiores;</p> <p>O ΔT segue a mesma tendência das temperaturas mas de sentido inverso.</p>	<p>Temp. Superior = 42,2°C</p> <p>Temp. Inferior = 26,6°C</p> <p>$\Delta T = 15,6^\circ\text{C}$</p>	<p>Este equipamento apresenta uma elevada variação na temperatura inferior. Esta variação pode ser devida a vários factores tais como, variação da temperatura geral da nave industrial e superfícies “frias” próximas do equipamento que são captadas pela câmara termográfica. Este equipamento ainda não apresenta indícios concretos de problema.</p>
93008578 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior tem alternado entre os valores de 40°C a 50°C;</p> <p>A temperatura inferior segue a mesma tendência alternando entre os valores de 20°C a 30°C;</p> <p>O ΔT apresenta uma tendência constante.</p>	<p>Temp. Superior = 46,3°C</p> <p>Temp. Inferior = 25,2°C</p> <p>$\Delta T = 21,1^\circ\text{C}$</p>	<p>Apesar do valor de ΔT ser relativamente alto tem se mantido constante ao longo do tempo. Pela análise da temperatura superior verifica-se que ainda não apresenta valores críticos. Efectuar medições periódicas.</p>

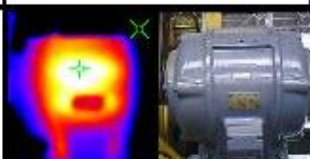
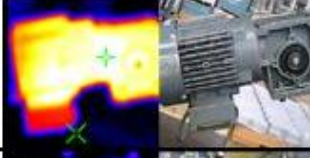

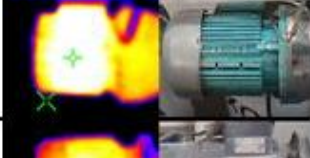
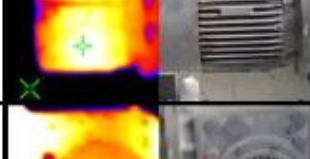
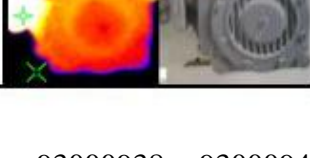
Tabela 9 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições termográficas da AER5 L39.

AER5 L39			
Equipamento	Evolução	Situação actual	Comentários / Possíveis causas / Acções recomendadas
93000312 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior manteve-se praticamente constante ao longo do tempo, apresentando uma considerável subida na última análise;</p> <p>Na fase inicial a temperatura inferior desceu significativamente, seguido de uma subida e posterior descida;</p> <p>O ΔT segue a mesma tendência da temperatura inferior mas de sentido inverso.</p>	<p>Temp. Superior = 57°C</p> <p>Temp. Inferior = 32°C</p> <p>$\Delta T = 25^\circ\text{C}$</p>	<p>O valor da temperatura superior é elevado e na última análise mostrou uma tendência crescente. O ΔT do equipamento relativo à última análise é elevado. A temperatura elevada deste equipamento deve ser devido à sua solicitação, podendo também existir desbalaceamento, apesar de não ser possível identifica-lo correctamente através da análise de vibrações.</p> <p>É necessário efectuar uma nova medição para verificar o evoluir da situação.</p>
93002228 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior manteve-se praticamente constante ao longo do tempo, crescendo apenas na fase final;</p> <p>A temperatura inferior manteve-se constante na fase inicial, seguido de um crescimento e posterior decrescimento;</p> <p>O ΔT segue a mesma tendência da temperatura inferior mas de sentido inverso.</p>	<p>Temp. Superior = 57°C</p> <p>Temp. Inferior = 32°C</p> <p>$\Delta T = 25^\circ\text{C}$</p>	<p>Visto que este equipamento não apresenta vibrações significativas e o ponto quente situa-se no redutor, isto mostra indícios de possível deficiência de lubrificação.</p> <p>Efectuar lubrificação e verificar evolução dos valores das próximas medições.</p>

93002234 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior teve um decréscimo inicial seguido um crescimento constante;</p> <p>A temperatura inferior manteve-se praticamente constante na fase inicial, seguido de um crescimento e posterior decrescimento;</p> <p>O ΔT segue a mesma tendência da temperatura inferior mas de sentido inverso.</p>	<p>Temp. Superior = 51,2°C</p> <p>Temp. Inferior = 31,6°C</p> <p>$\Delta T = 19,6^\circ\text{C}$</p>	<p>Apesar da temperatura superior ser um pouco elevada e o ΔT estar no limiar de se tornar significativo, é necessário ter em consideração que este equipamento se encontra próximo de um forno. Como o equipamento não apresenta vibrações significativas não existe risco aparente de falha, contudo deve ser realizada medições frequentes.</p>
93002302 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior seguiu uma tendência decrescente na fase inicial, seguida de uma tendência de crescimento constante;</p> <p>A temperatura inferior decresceu ao longo do tempo;</p> <p>O ΔT segue a mesma tendência da temperatura inferior mas de sentido inverso.</p>	<p>Temp. Superior = 60,2°C</p> <p>Temp. Inferior = 34,6°C</p> <p>$\Delta T = 25,6^\circ\text{C}$</p>	<p>Este equipamento apresenta uma temperatura superior muito elevada em comparação com outro motor de potência similar (93002223).</p> <p>Isto pode indicar que este equipamento está perante uma solicitação superior, o que a curto prazo pode levar a uma situação de falha.</p> <p>Este equipamento necessita de um acompanhamento mais periódico em relação a outros equipamentos (por exemplo 93002223).</p>
93007403 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior seguiu uma tendência decrescente na fase inicial, seguida de uma tendência de crescimento constante;</p> <p>A temperatura inferior tem alternado entre os valores de 27°C a 34°C;</p> <p>O ΔT manteve-se praticamente constante ao longo do tempo crescendo na última medição.</p>	<p>Temp. Superior = 51,4°C</p> <p>Temp. Inferior = 29,7°C</p> <p>$\Delta T = 21,7^\circ\text{C}$</p>	<p>A temperatura superior deste equipamento tem subido nas últimas análises, deve-se proceder a uma nova medição para verificar se de facto se mantém a tendência crescente da temperatura superior.</p>
93007405 Motor eléctrico	<p>A temperatura superior apesar de apresentar uma tendência decrescente ao longo do tempo, na última análise teve uma subida significativa;</p> <p>A temperatura inferior teve uma descida na fase inicial, mantendo-se praticamente constante a partir desse ponto;</p> <p>O ΔT cresceu pouco significativamente na fase inicial e decresceu logo de seguida, voltando a crescer de forma significativa.</p>	<p>Temp. Superior = 69,6°C</p> <p>Temp. Inferior = 31,1°C</p> <p>$\Delta T = 38,5^\circ\text{C}$</p>	<p>Este equipamento apresenta uma temperatura superior e um ΔT extremamente altos, aliados com níveis de aceleração de vibração no estado de alarme, o que indica que este equipamento necessita urgentemente de intervenção.</p>

Após a análise dos resultados obtidos verificou-se que os equipamentos 93008548, 93002228 e 93007405 necessitam de uma rápida intervenção. Contudo, para os equipamentos 93000312, 93000938, 93000940, 93002234, 93002302 e 93007403 foi necessário efectuar uma nova medição, pois os resultados obtidos não eram conclusivos sobre a acção a tomar devido a vários factores, tais como: os valores estarem próximos do limiar de perigo; existência de discrepância entre a acção a tomar proporcionada pela análise das vibrações e termografia; e a tendência demonstrada pelas medições. Na tabela 10 são apresentados os resultados da nova medição.

Tabela 10 - Resultado das medições termográficas realizadas aos equipamentos com resultados inconclusivos.

N.º	Situação actual	Comentários	Termografia
93002302	Temp. Superior = 56,3°C Temp. Inferior = 31,9°C Delta T = 24,4°C	A temperatura superior e o ΔT diminuíram em relação à última medição. No entanto deve-se continuar a efectuar medições periódicas.	
93007403	Temp. Superior = 47,1°C Temp. Inferior = 28,7°C Delta T = 18,4°C	A temperatura superior e o ΔT diminuíram em relação à última medição. Os valores apresentados actualmente são em tudo aceitáveis.	
93000312	Temp. Superior = 53,1°C Temp. Inferior = 28,3°C Delta T = 24,8°C	A temperatura superior e o ΔT diminuíram em relação à última medição. No entanto deve-se continuar a efectuar medições periódicas.	
93002234	Temp. Superior = 47°C Temp. Inferior = 28,3°C Delta T = 18,7°C	A temperatura superior e o ΔT diminuíram em relação à última medição. Os valores apresentados actualmente são em tudo aceitáveis.	
93000938	Temp. Superior = 77,9°C Temp. Inferior = 28,8°C Delta T = 49,1°C	A temperatura superior e o ΔT cresceram em relação à última medição. Apresentando valores considerados críticos. Deve ser efectuada uma intervenção ao equipamento o mais rápido possível.	
93000940	Temp. Superior = 63,7°C Temp. Inferior = 29,5°C Delta T = 34,2°C	A temperatura superior e o ΔT cresceram em relação à última medição. Apresentando valores considerados críticos. Deve ser efectuada uma intervenção ao equipamento o mais rápido possível.	

Através desta nova medição é possível verificar que os equipamentos 93000938 e 93000940 necessitam de intervenção, pois apresentam valores de temperatura superior e ΔT críticos. Foi também possível verificar que os equipamentos 93002302 e 93000312 estão no limiar de se tornarem críticos, necessitando de um acompanhamento com intervalos de tempo mais reduzidos em relação a outros equipamentos. Esta nova análise despistou os indícios de problemas nos equipamentos 93007403 e 93002234.

Após o estudo dos resultados obtidos da termografia verificou-se dois aspectos importantes que são:

- Grande parte dos equipamentos que se encontram em bom estado tem uma temperatura de funcionamento entre os 40°C e os 50°C;
- O ΔT apresentado pela norma técnica deve ser ajustado para uma melhor interpretação dos resultados da termografia.

Foi efectuada uma reavaliação do ΔT pois, durante as medições verificou-se que temperatura do ambiente influencia consideravelmente o valor do ΔT , podendo a variação ser superior a 10°C. Por exemplo, considerando um equipamento em que a temperatura do ambiente varia entre os 20°C e os 30°C e tendo uma temperatura superior constante de 40°C, o ΔT varia entre os 10°C e os 20°C. Pela análise da norma este equipamento passa de uma possível deficiência para uma provável deficiência. E de facto, a única alteração existente foi da temperatura ambiente. Na tabela seguinte são apresentados os novos ΔT propostos tendo em conta o estudo das análises termográficas, as alterações encontram-se a negrito e sublinhado.

Tabela 11 - Definição de novos valores de ΔT sobre a temperatura do ar ambiente.

Prioridade	ΔT entre componentes similares sob a mesma carga	ΔT sobre a temperatura do ar ambiente	Acção recomendada
1	1 a 3°C	<u>1°C a 20°C</u>	Possível deficiência, garantir investigação
2	4 a 15°C	<u>21°C a 30°C</u>	Indica provável deficiência, reparar quando tempo permitir
3	---	<u>31°C a 40°C</u>	Monitorizar até medidas correctivas possam ser aplicadas
4	> 15°C	> 40°C	Maior discrepância, reparar imediatamente

Com estes valores existe uma maior aproximação à realidade existente na empresa, diminuindo de forma significativa o risco de classificar um equipamento com deficiência quando esta não está presente.

5.2 Resultado da análise de tensões em correias

A análise de tensões só foi efectuada a duas transmissões devido à longa duração do processo de medição. Para ser possível efectuar a medição é necessário retirar a protecção das transmissões e após a medição voltar a colocar as protecções nos seus devidos locais. O tempo destas tarefas depende da complexidade das protecções, podendo demorar entre 15 a 40 minutos. Além do tempo, são também necessárias duas pessoas para efectuar essas tarefas.

O equipamento de medição da tensão das correias pode ser utilizado para medir o valor da tensão da correia ou medir o valor de tensão na correia e compará-lo com um valor de referência, permitindo ao técnico verificar se há ou não necessidade de ajustar a transmissão.

A comparação da medição com o valor de referência pode ser obtida através da colocação dos dados da transmissão em análise ou utilizando os valores de tensão recomendada armazenados no equipamento, que foram obtidos através do software Optibelt CAP6.0.

Durante a utilização do equipamento foi seleccionada a opção de efectuar a medição com recurso aos dados armazenados, caso contrário seria necessário indicar as características da transmissão. No anexo E encontram-se os resultados das medições efectuadas.

Na tabela 12 são apresentadas as avaliações efectuadas às transmissões estudadas.

Tabela 12 - Avaliação e análise dos resultados obtidos através das medições das tensões em correias.

AER5 L39			
Equipamento	Evolução	Situação actual	Comentários / Possíveis causas / acções recomendadas
21000349 Prensa (1ª transmissão)	A tendência da tensão das correias da prensa tem vindo a decrescer ao longo do tempo, encontrando-se abaixo dos limites definidos para este tipo de transmissão.	Tensão Nominal Actual = 150	Através de inspecção visual verificou-se que as correias ainda não apresentam desgaste significativo. A solicitação durante o impacto da prensa é o provável causador da variação da tensão. A tensão da correia deve ser ajustada na próxima intervenção.
21000349 Prensa (2ª transmissão)	A tendência da tensão das correias da prensa tem vindo a decrescer ao longo do tempo, encontrando-se abaixo dos limites definidos para este tipo de transmissão.	Tensão Nominal Actual = 350	Através de inspecção visual verificou-se que as correias ainda não apresentam desgaste significativo. A solicitação durante o impacto da prensa é o provável causador da variação da tensão. A tensão da correia deve ser ajustada na próxima intervenção.

Após as análises verificou-se que as transmissões em estudo necessitam de ser tensionadas para os valores admissíveis. Como estas transmissões pertencem a uma prensa mecânica existe uma necessidade de tensionamentos em espaços de tempo mais reduzidos. Durante as medições verificou-se que o equipamento de análise de tensões tem dificuldade em medir sob ambientes com elevado ruído, podendo os resultados obtidos não ser os melhores. Deve-se optar por efectuar as medições quando as linhas se encontram paradas ou recorrer a outros equipamentos de medição, tais como o OPTIKRIK.

Ao contrário das técnicas de análise de vibrações e termografia, a análise tensões em correias permite ao técnico efectuar o ajuste da transmissão após comparar os valores da medição com os valores recomendados. Desta forma, e em função da periodicidade das medições, é de esperar que os valores de tensão entre medições não apresentem uma discrepância significativa e que se encontrem próximos dos limites definidos. Assim, caso os valores sejam muito diferentes do esperado, é necessário verificar as condições de funcionamento e estado da correia.

5.3 Resultado da análise de alinhamentos

A análise dos alinhamentos só foi efectuada a um equipamento devido à longa duração do processo de medição. Este implica retirar as protecções das transmissões para efectuar a medição e no fim, voltar a coloca-las no devido lugar. Além do tempo, são também necessárias duas pessoas para efectuar essas tarefas.

A transmissão analisada corresponde à prensa 21000117, da célula GL1 e linha L65. As informações sobre as medições do alinhamento contidas no anexo E, indicam que as polias da transmissão se encontram desalinhadas e mantiveram o seu desalinhamento ao longo do tempo. As pequenas diferenças entre as medições devem-se fundamentalmente ao local onde são colocados os pinos. Através dos valores é possível verificar que as polias se encontram com desalinhamento angular vertical e horizontal, pois os valores diferem entre si, e não estão paralelas porque os valores não são iguais a zero. Durante as medições verificou-se que em algumas transmissões a espessura dos dentes das polias variam entre si. A existência deste tipo de variações influencia negativamente o resultado do alinhamento de paralelismo, podendo as faces das polias estar paralelas entre si, mas as ranhuras não o estarem. Nas polias em que a espessura dos dentes e ranhuras sejam diferentes entre si, muito dificilmente se conseguirá efectuar um correcto alinhamento. Para as situações em que apenas varie a espessura do dente exterior existem chapas de espessura entre 0,5 a 5mm e área variável. Estas chapas tem como objectivo manter a espessura dos dentes das polias idênticos evitando que o alinhamento seja efectuado de forma incorrecta. Estas chapas serão colocadas entre a face da polia e o laser e pinos, de forma a existir uma espessura idêntica entre as duas polias em análise.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

As técnicas de manutenção preditivas são extremamente úteis. No entanto, é necessário efectuar uma análise crítica ao resultado das medições, pois muitas das análise podem ser influenciadas por vários factores externos. A nível de vibrações os principais factores externos são os próprios apoios dos equipamentos e as vibrações de outros equipamentos, enquanto na termografia são a existência de fornos e a variação do valor da temperatura ambiente. Nas tensões das correias os principais factores são as vibrações do equipamento onde se encontra a transmissão. Grande parte das transmissões está situada em prensas mecânicas que produzem elevadas vibrações devido ao impacto do punção com o molde.

O registo das instruções de funcionamento com os equipamentos de medição proporcionou aos técnicos de manutenção definir os parâmetros de medição dos equipamentos de forma rápida e fácil. Assim, espera-se que as medições sejam efectuadas de forma correcta e que qualquer técnico seja capaz de efectuar medições apenas através da consulta das instruções.

Os limites definidos para avaliação dos equipamentos através da medição da vibração (norma ISO 10816-3) e da tensão (Optibelt CAP6.0) proporcionam uma correcta avaliação dos equipamentos. No entanto, para a termografia foi necessário alterar os limites definidos. Estes limites foram alterados após a análise dos resultados obtidos para vários equipamentos. Assim, foram efectuados ajustes nas diferenças de temperatura propostas para comparação dos valores obtidos, através das medições, com o valor da temperatura ambiente.

A criação da ferramenta de monitorização das medições efectuadas com os limites estabelecidos foi fundamental na avaliação do estado dos equipamentos. Esta ferramenta permitiu diminuir drasticamente os tempos relacionados com todo o processo de monitorização de dados, tanto a nível de procura como actualização de informação.

Dos equipamentos avaliados com recurso às técnicas de vibração e termografia foram detectados cinco equipamentos com necessidade de intervenção urgente. Estes equipamentos são 93000938, 93000940, 93002228, 93007405 e 93008548. Existe também a necessidade de um acompanhamento regular dos equipamentos 93000312, 93002223, 93002302 e 93008578 para verificar a sua evolução. Os restantes equipamentos encontram-se dentro dos parâmetros definidos, podendo ter um espaçamento entre medições mais longo. Em relação aos equipamentos avaliados a partir da técnica de análise de tensões e alinhamentos, ambos necessitam de intervenção (estes equipamentos são o 93000349 e 21000117).

Após a avaliação efectuada, o próximo passo deverá ser verificar se de facto os equipamentos identificados como tendo necessidade de intervenção estão realmente com problemas. Este é um passo fundamental para testar a robustez do processo de manutenção preditiva desenvolvido. Pois, caso não se verifique problemas é necessário reajustar o processo, principalmente a nível de limites e dos critérios de avaliação dos dados.

No futuro, e em função das tendências reveladas pelos equipamentos, deve ser realizado um agendamento dos planos relativos às medições, pois existem equipamentos cujo período entre medições será mais curto do que para outros. Este é um ponto fulcral, pois uma pequena diferença entre o tempo de medições definido pode ser o suficiente para que o equipamento abandone os limites e possa mesmo entrar em colapso.

Referências Bibliográficas

Brown, M. (1999). *Applying the Predictive Approach*.

http://www.newstandardinstitute.com/catalog_articles.cfm (visitada 3 Março, 2011)

EPRI (Electric Power Research Institute) 2002. *Infrared Thermography Guide (Revision 3)*

<http://pt.scribd.com/doc/38179874/Infrared-Thermography-Guide-Revision-3> (visitada 15 Março, 2011)

Hitchcock, L., (2003) *Using Thermal Imaging To Help Solve Lubrication Problems*, SKF

<http://www.skf.com/portal/skf/home/aptitudexchange?contentId=0.237932.237937.237980.237988.238905> (visitada 23 Março, 2011)

Infraspection (Infraspection Institute) 2008. *Standard for Infrared Inspection of*

Electrical Systems & Rotating Equipment

http://www.infraspection.com/useful_guidelines.html (visitada 15 Março, 2011)

ISO (International Standard) 10816-3:1998 Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. International Organization for Standardization

ISO (International Standard) 13373-1:2002 Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 1: General procedures. International Organization for Standardization

Juncor. Transmissões mecânicas. <http://www.juncor.com/faq/faq.php?id=26> (visitada 23 Março, 2011)

Kaplan, H. (2007). *Practical applications of infrared thermal sensing and imaging equipment*, Society of Photo Optical.

Mais, J. e Brady, S., (2002), *Introduction Guide to Vibration Monitoring*, SKF.

<http://www.skf.com/portal/skf/home/aptitudexchange?contentId=0.237932.237933.237934.237960.238598> (visitada 13 Março, 2011)

Mais, J. (2002), *Introduction to Thermographic Analysis*, SKF

<http://www.skf.com/portal/skf/home/aptitudexchange?contentId=0.237932.237933.237934.237958.238602> (visitada 17 Março, 2011)

Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*, Butterworth-Heinemann
<http://www.railassociation.ir/Download/Article/Books/an-introduction-to-predictive-maintenance.pdf> (visitada 28 Fevereiro, 2011)

NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2008. *Reliability Centered Maintenance Guide*.
<http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/NASARCMGuide.pdf> (visitada 02 Março, 2011)

NETA (InterNational Electrical Testing Association) 1999. *Acceptance Testing Specifications for Electric Power Distribution Equipment and Systems*
<http://www.codecheck.com/cc/pdf/electrical/Testing/NETA..pdf> (visitada 23 Março, 2011)

NP EN (Norma Portuguesa) 13306:2007. Terminologia de manutenção. Instituto Português da Qualidade

Optibelt (2011). Installation and Maintenance: Problem, Cause, Remedy.
http://www.optibelt.de/fileadmin/intranet/Technische_Informationen/Industrie/GB/TI_PRO_Montage%2BWartung_IND_GB.pdf (visitada 15 Março, 2011)

Pruftechnik, (2002), *An Engineering's Guide: Making Maintenance Matter*, PRUFTECHNIK LTD
http://www.Pruftechnik.com/fileadmin/user_upload/COM/Machinery_Service/PDFs/AnEngineersGuide_byPRUFTECHNIK.pdf (visitada 13 Março, 2011)

Scheffer, C. and Girdhar P. (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*, Newnes.

Shigley, J. E. e Mischke, C. R. (2005). *Projeto de engenharia mecânica*, Artmed

SKF, (2009), Machine Condition Advisor CMAS100-SL, SKF Reliability Systems






Smith, M. e Mobley R. K. (2008) *Rules of thumb for Maintenance and Reliability Engineers System 38: 1* <http://www.kwi-ph.com/docs/Rules%20of%20Thumb%20for%20Maintenance%20and%20Reliability%20Engineers.pdf> (visitada 25 Fevereiro, 2011)






Telang, A. (2010), *Comprehensive Maintenance Management: Policies, strategies and Options*, PHI Learning Private Limited





Vollmer, M. e Möllmann, K. P. (2010). *Infrared thermal imaging: fundamentals, research and applications*, Wiley-VCH.






Anexo A – Instruções de funcionamento para os equipamentos de medição

		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição de Vibrações		Nº Equipamento
				
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva				
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção			Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção			-	GM
M - Manutenção			Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011




		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição de Vibrações			Pag. 1/4
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos				Fase	Responsável
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2</p>  </div> </div>				<p>1 O equipamento liga-se após clicar num dos dois botões. Casos os parâmetros de unidades, velocidade e aceleração não sejam os necessários deve-se proceder à sua alteração.</p>	
				<p>2 Clicar no botão apresentado na figura 2 até aparecer o menu "modo de config".</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>3</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>4</p>  </div> </div>				<p>3 Usar o mesmo botão para percorrer o menu.</p>	
				<p>4 Quando aparecer "unidade do sist" deve-se clicar no botão indicado na figura 4 até surgir o menu correspondente a essa opção.</p>	
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:
CM - Gestor da Manutenção					Diogo Campos
SM - Supervisor da Manutenção					José Beira
M - Manutenção					GM
				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011


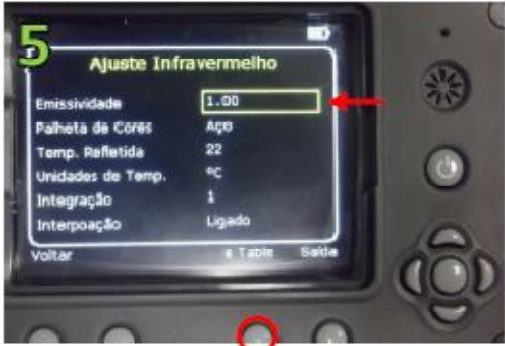
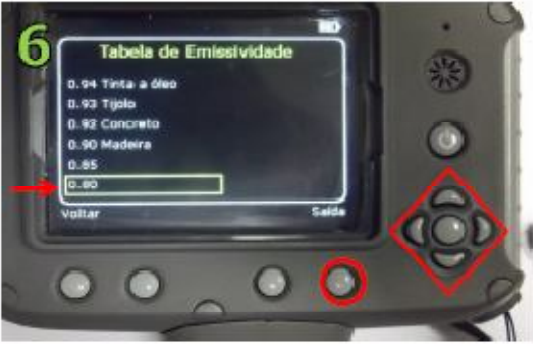


		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição de Vibrações			Pag. 2/4	
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo		
Fotos				Fase	Descrição	Responsável
 <p style="color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">5</p>	 <p style="color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">6</p>	 <p style="color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">7</p>	 <p style="color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">8</p>	<p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p>	<p>Deve ser escolhida a unidade métrica. A seleção das opções é realizada através do botão de circunferência vermelha (figura 5). Após a seleção clica-se no botão sem circunferência vermelha (figura 5). Este último botão grava e retorna ao menu "modo de config".</p> <p>De seguida escolhe-se a opção "grupo al vel". Os botões mantêm a mesma função neste ponto, tal como foi visto nos pontos 3, 4 e 5.</p> <p>No "grupo al vel", a seleção do parâmetro deve ser feita tendo em consideração o equipamento em análise. O grupo (G1&t3) é indicado para equipamentos de eixo superior a 315mm. O grupo (G2&t4) é indicado para equipamentos de eixo entre 160 a 315mm e velocidade superior a 600rpm. Neste caso vai ser escolhido o (G2&t4).</p> <p>Após voltar ao menu "modo de config" escolhe-se a opção "Fundação".</p>	
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva						
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção					Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção					-	GM
M - Manutenção					Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011






colep		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição de Vibrações			Pag. 3/4
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição		Responsável
		9	Na "fundação" deve ser efectuada a escolha entre as duas opções existentes em função do local onde está colocado o equipamento a medir. Rígido para equipamentos que estejam fixos a uma estrutura imóvel. Flexível para equipamentos que estejam fixos a uma estrutura móvel. Neste caso vai ser escolhido o Rígido.		
		10	Após voltar ao menu "modo de config" escolhe-se a opção "class env acel".		
		11	Na "class env acel", a escolha do parâmetro deve ser feita tendo em consideração o equipamento em análise. CL1 para rolamentos de diâmetro entre 200 a 500mm e velocidade abaixo de 500 rpm. CL2 para rolamentos de diâmetro entre 200 a 300mm e velocidade entre 500 a 1800rpm. CL3 para rolamentos de diâmetro entre 20 a 150mm e velocidade entre 1800 a 3600rpm. Neste caso vai ser escolhido o CL2.		
		12	Para sair do "modo de config" basta procurar a opção de "sair" e clicar no botão indicado na figura 12.		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				.	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011



		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição de Vibrações			Pag. 4/4
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos				Descrição	Responsável
		13	Após sair do menu "modo de config" aparece a interface de medição com as escolhas efectuadas, G284, Rígido e CL2. No fim deste passo o equipamento encontra-se pronto para efectuar medições.		
		14	A medição das vibrações inicia-se sempre que o sensor de vibração (indicado na figura 14) é colocado no ponto a medir. (Ver exemplos nos pontos 18 e 19)		
		15	O equipamento de medição deve ser colocado sempre perpendicular ao ponto de medição.		
		16	Quando os valores de medição estabilizarem clica-se uma vez no botão apresentado na figura 16 para mantê-los fixos. Após registar os valores volta-se a clicar no mesmo botão e o equipamento fica pronto para nova medição.		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				-	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011

	Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medições Termográficas		N° Equipamento
			
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva			
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:
GM - Gestor da Manutenção			Diogo Campos
SM - Supervisor da Manutenção			GM
M - Manutenção			Data: 17-04-2011
		Data: 28-06-2011	





colep		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medições Termográficas			Pag. 1/4
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição	Responsável	
		1	Antes de ligar o equipamento retirar a tampa de protecção da lente.		
		2	De seguida manter o botão de ligar pressionado durante uns segundos até o ecrã entrar em funcionamento.		
		3	Depois do equipamento entrar em funcionamento é necessário clicar no botão apresentado na figura. Este botão levará o utilizador para as opções.		
		4	Após surgir o menu deve-se entrar na opção "Ajuste Infravermelho". Para tal basta clicar no botão indicado na figura.		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:	
GM - Gestor da Manutenção			Diogo Campos	José Beira	
SM - Supervisor da Manutenção			.	GM	
M - Manutenção			Data: 17-04-2011	Data:	28-06-2011






		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medições Termográficas			Pag. 2/4
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos				Fase	Descrição
 					
 					
<p>5 Dentro do menu "Ajuste Infravermelho" escolhe-se a opção da "Emissividade" e clica-se no botão indicado na figura. Este botão remete para uma tabela de Emissividade.</p> <p>6 Na tabela de Emissividade escolher a opção 0.80 através dos botões de navegação e de seguida clicar no botão que está representado por um círculo na figura 6. Após clicar no botão irá aparecer a interface do ponto 3.</p> <p>7 É necessário rodar o anel de focagem até a imagem termografica ficar nítida. A nitidez da imagem depende da distância da câmara ao alvo.</p> <p>8 Ao rodar o anel de focagem irá aparecer o valor da distância de focagem.</p>					
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:
GM - Gestor da Manutenção					Diogo Campos
SM - Supervisor da Manutenção					José Beira
M - Manutenção					GM
				Data:	Data:
				17-04-2011	28-06-2011



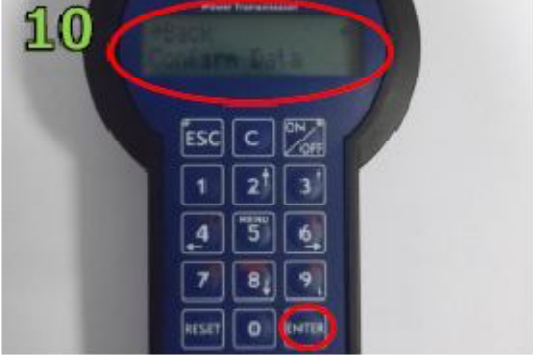

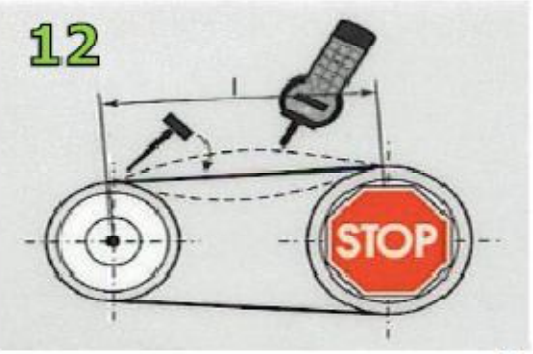
		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medições Termográficas			Pag. 3/4	
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo		
Fotos				Fase	Descrição	Responsável
		9	De seguida deve-se clicar num dos botões apresentados na figura para efectuar o alinhamento da câmara visível com a câmara termográfica. Pode-se usar os botões de navegação para alinhamentos específicos ou usar o botão 1 para valores predefinidos.			
		10	Ao clicar no botão irão aparecer no ecrã valores da distância ao alvo. Este valor deve ser igual ou próximo do definido no ponto 8.			
		11	De seguida clicar no botão de captura de imagem. Existem dois botões deste tipo, um situado em cima da câmara e outro na frente do manipulador.			
		12	Após a imagem estar capturada surge a opção de colocar legenda. Deve-se aceitar esta opção através do botão marcado na figura 12.			
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva						
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:	
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira	
SM - Supervisor da Manutenção					GM	
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011	


		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medições Termográficas			Pag. 4/4
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição	Responsável	
  		<p>13</p> <p>14</p> <p>15</p>	<p>Com recurso aos botões de navegação digita-se a legenda do equipamento. De seguida clica-se no botão de saída, este botão está representado por um círculo, como se pode ver na figura 13.</p> <p>Ao sair, a câmara guarda a imagem e de seguida fica pronta para efectuar nova medição.</p> <p>Para desligar a câmara basta pressionar durante alguns segundos o botão indicado na figura 15.</p>		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				-	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011






		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			N° Equipamento
					
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:	
GM - Gestor da Manutenção			Diogo Campos	José Beira	
SM - Supervisor da Manutenção			.	GM	
M - Manutenção			Data: 17-04-2011	Data: 28-05-2011	


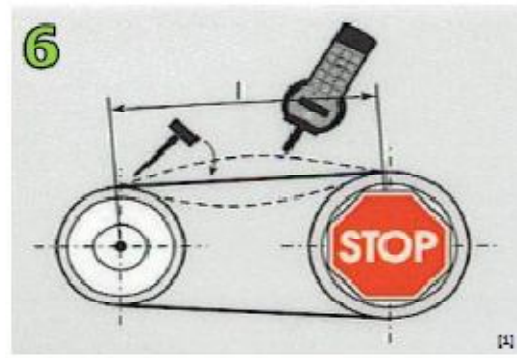

colep		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 1/4
Operação n° 01		Medição através do input de dados		Tempo	
Fotos				Fase	Responsável
   				<p>1 Para ligar o equipamento clicar no botão "on/off".</p> <p>2 De seguida clicar no botão 5 referente ao menu. Após entrar no menu utilizar os botões 2, 4, 6 e 8 para navegar.</p> <p>3 Ao entrar no menu procurar por "Belt from OD" e clicar no botão "enter" para entrar nessa opção.</p> <p>4 Nessa opção é necessário escolher o tipo de correia na qual vai ser efectuada a medição. Através dos botões de navegação (2, 4, 6 e 8) escolher o tipo de correia. Após definir o tipo de correia clicar no botão "enter".</p>	
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção					GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011





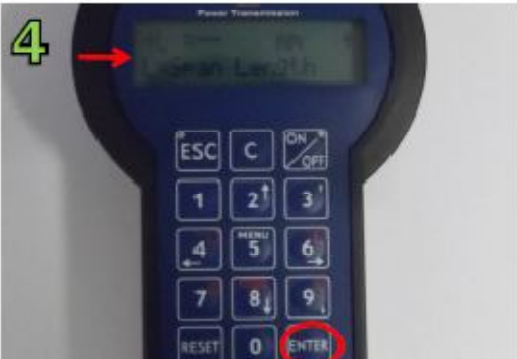
		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correas			Pag. 2/4
Operação n° 01		Medição através do input de dados		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição	Responsável	
		5	De seguida escolher a referência da correia escolhida no ponto 4. Clicar no botão "enter" após a seleção.		
		6	Depois é pedida a distância entre polias. O valor a colocar deve ser em milímetros. Para colocar o valor deve-se clicar no botão "enter", inserir o valor e depois clica-se novamente no botão "enter".		
		7	De seguida é pedido o diâmetro da polia menor. O valor a colocar deve ser em milímetros. Para colocar o valor deve-se clicar no botão "enter", inserir o valor e depois clica-se novamente no botão "enter".		
		8	De seguida é necessário definir se a medição será efectuada numa correia nova ou já em uso. Clicar no botão "enter" para entrar na opção.		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				-	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011



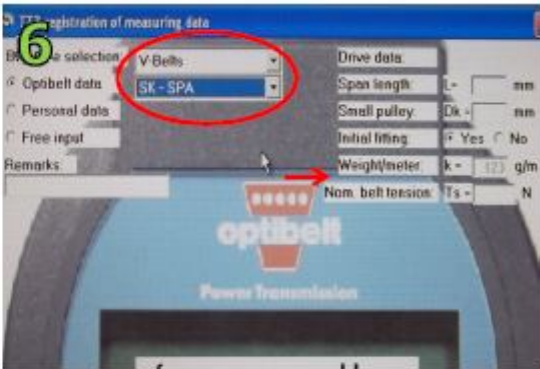


		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 3/4
Operação n° 01		Medição através do input de dados		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição		Responsável
		9	Para correias já em uso escolher "No", para correias novas escolher "Yes". A escolha é realizada através dos botões de navegação. De seguida clicar no botão "enter".		
		10	Ao aparecer "Back" clicar novamente no botão "enter".		
		11	Quando aparecer no visor uma imagem idêntica à imagem 11 o equipamento está pronto para efectuar a medição. O valor de "Ts=150N" representa a tensão nominal que a correia a medir deve ter, este valor foi definido através dos passos anteriormente dados. No local a tracejado aparecerá o valor da medição a efectuar.		
		12	Com os equipamentos da transmissão parados, deve-se colocar a correia a vibrar através do impacto com uma ferramenta. De preferência o impacto deve ocorrer no ponto onde a distância entre polias é idêntica. De seguida colocar o equipamento de medição próximo desse local. Assim que aparecer o valor da medição no ecrã retirar o equipamento. ([1] - Juncor)		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				.	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011





colep		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 4/4
Operação n° 01		Medição através do input de dados		Tempo	
Fotos				Fase	Descrição
				13	<p>Caso seja necessário efectuar uma nova medição, com os mesmos critérios definidos, basta repetir novamente o passo 12. Para desligar o equipamento clicar no botão "on/off".</p>
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:
GM - Gestor da Manutenção					Diogo Campos
SM - Supervisor da Manutenção					GM
M - Manutenção					Data: 17-04-2011
				Data: 28-06-2011	

		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 1/2
Operação n° 02		Medição através da base de dados do equipamento		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição		Responsável
 <p>1</p>	 <p>2</p>	1	Para ligar o equipamento clicar no botão "on/off".		
		2	De seguida clicar no botão 5 referente ao menu. Após entrar no menu utilizar os botões 2, 4, 6 e 8 para navegar.		
 <p>3</p>	 <p>4</p>	3	Ao entrar no menu procurar por "Belt from PD" e clicar no botão "enter" para entrar nessa opção.		
		4	Nessa opção surge uma lista de transmissões existentes na empresa. Usar os botões de navegação (2, 4, 6 e 8) para escolher o tipo de transmissão. Após a escolha clicar no botão "enter".		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				-	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011





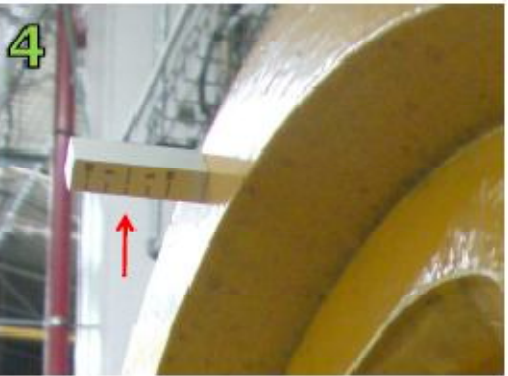
colep		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 2/2
Operação n° 02		Medição através da base de dados do equipamento		Tempo	
Fotos				Fase	Descrição
			5	5	Quando aparecer no visor uma imagem idêntica à imagem 11 o equipamento está pronto para efectuar a medição. O valor de "Ts=150N" representa a tensão nominal que a correia a medir deve ter, este valor foi definido através dos passos anteriormente dados. No local a tracejado aparecerá o valor da medição efectuada.
			6	6	Com os equipamentos da transmissão parados, deve-se colocar a correia a vibrar através do impacto com uma ferramenta. De preferência o impacto deve ocorrer no ponto onde a distância entre polias é idêntica. De seguida colocar o equipamento de medição próximo desse local. Assim que aparecer o valor de medição no ecrã retirar o equipamento. ([1] - Juncor)
			7	7	Caso seja necessário efectuar uma nova medição, com os mesmos critérios definidos, basta aproximar novamente repetir o passo 6. Para desligar o equipamento clicar no botão "on/off".
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				-	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011






		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 1/3
Operação n° 03		Inserir dados no equipamento		Tempo	
Fotos		Fase	Descrição		Responsável
 <p style="text-align: center; color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">1</p>	 <p style="text-align: center; color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">2</p>	1	Para ligar o equipamento clicar no botão "on/off".		
 <p style="text-align: center; color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">3</p>	 <p style="text-align: center; color: green; font-size: 24px; font-weight: bold;">4</p>	2	De seguida clicar no botão 5 referente ao menu. Após entrar no menu utilizar os botões 2, 4, 6 e 8 para navegar.		
		3	Ao entrar no menu procurar por "free input" e clicar no botão "enter" para entrar nessa opção.		
		4	De seguida é pedida a distância entre polias. O valor a colocar deve ser em milímetros. Para colocar o valor deve-se clicar no botão "enter", inserir o valor e depois clica-se novamente no botão "enter".		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:	
GM - Gestor da Manutenção			Diogo Campos	José Beira	
SM - Supervisor da Manutenção				GM	
M - Manutenção			Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011	

		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 2/3	
Operação n° 03		Inserir dados no equipamento		Tempo		
Fotos				Fase	Descrição	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p>5</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>6</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>7</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>8</p> </div> </div>				<p>5 De seguida é necessário colocar a massa por metro do tipo de correia da transmissão.</p> <p>6 Os valores da massa por metro de vários tipos de correias pode ser obtido através do software "Optibelt TT3" ou na própria correia.</p> <p>7 Após o conhecimento do valor da massa por metro da correia, clicar no botão "enter", inserir o valor e clicar novamente no botão "enter".</p> <p>8 De seguida é necessário inserir o valor da tensão nominal da correia. Este valor é obtido através do software "Optibelt CAP 6.0". Para colocar o valor clica-se no botão "enter", insere-se o valor e volta-se a clicar no botão "enter".</p>		
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva						
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:	
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira	
SM - Supervisor da Manutenção				-	GM	
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011	

colep		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Medição da Tensão de Correias			Pag. 3/3	
Operação n° 03		Inserir dados no equipamento		Tempo		
Fotos				Fase	Descrição	Responsável
		<p>9</p> <p>Ao aparecer "Back" clicar novamente no botão "enter".</p>	<p>10</p> <p>Após clicar no botão "enter" surge uma imagem idêntica à da figura 10. De seguida deve-se clicar no botão 9 para gravar os dados colocados através dos passos anteriores.</p>			
		<p>11</p> <p>O número a colocar no equipamento de medição deve ser os dois primeiros números e os quatro últimos números do equipamento onde se situa a transmissão. (Exemplo: o equipamento da transmissão apresentada na figura tem com número 21000546, logo no equipamento de medição a transmissão tem o número 210546.) A colocação dos números é feita através dos botões de navegação (2, 4, 6 e 8). Após colocar o número clicar no botão "enter".</p>	<p>12</p> <p>Para sair clicar no botão "on/off"</p>			
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva						
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL	Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:		
GM - Gestor da Manutenção			Diogo Campos	José Beira		
SM - Supervisor da Manutenção			.	G-M		
M - Manutenção			Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011		

	<p>Instruções para o uso do equipamento</p> <h2 style="margin: 0;">Equipamento para Alinhamento de Polias</h2> <p style="text-align: right;">Nº Equipamento</p>			
				
<p>Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva</p>				
<p>Legenda</p>	<p>EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL</p>	<p>Consultar página Chamada de Atenção</p>	<p>Elaborado por:</p>	<p>Aprovado por:</p>
<p>GM - Gestor da Manutenção</p>			<p>Diogo Campos</p>	<p>José Beira</p>
<p>SM - Supervisor da Manutenção</p>			<p>.</p>	<p>GM</p>
<p>M - Manutenção</p>			<p>Data: 17-04-2011</p>	<p>Data: 28-06-2011</p>

		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Alinhamento de Polias			Pag. 1/2
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo	
Fotos				Fase	Responsável
 <p>1</p>	 <p>2</p>	 <p>3</p>	 <p>4</p>	<p>1 Retirar os pinos, o laser e a chapa magnética da caixa de protecção.</p> <p>2 Nesta instrução, o exemplo de aplicação do equipamento de alinhamento de polias será realizado na transmissão de uma prensa.</p> <p>3 Colocar pelo menos 4 pinos na polia a ser alinhada. Neste exemplo, a polia a ser alinhada é o volante da prensa.</p> <p>4 A escala existente nos pinos deve estar direccionada para a outra polia. A polia só se encontra alinhada se todos os valores dos pinos forem iguais zero.</p>	
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva					
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção	Elaborado por:	Aprovado por:
GM - Gestor da Manutenção				Diogo Campos	José Beira
SM - Supervisor da Manutenção				.	GM
M - Manutenção				Data: 17-04-2011	Data: 28-06-2011

		Instruções para o uso do equipamento Equipamento para Alinhamento de Polias			Pag. 2/2	
Operação n° 01		Instruções para o uso do equipamento		Tempo		
Fotos		Fase	Descrição		Responsável	
		5	A chapa magnética deve ser utilizada quando é necessário compensar a diferença de espessuras entre as polias. Neste exemplo vai ser necessário utilizar a chapa magnética.			
		6				De seguida colocar o laser na chapa magnética e accionar o botão de funcionamento tal como indicado pela seta da figura 6.
		7	Após ligar o laser de-se visualizar a escala dos pinos para verificar o desalinhamento existente. Neste exemplo verifica-se que a polia está desalinhada porque pelo menos um dos pinos tem valor diferente de zero.			
		8				De seguida proceder ao alinhamento da polia até todos os valores serem iguais a zero. Por fim retirar todos os pinos e o laser e guardá-los no seu respectivo local.
Âmbito de Aplicação: Manutenção Preditiva						
Legenda	EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL		Consultar página Chamada de Atenção		Elaborado por:	
GM - Gestor da Manutenção					Aprovado por:	
SM - Supervisor da Manutenção					Diogo Campos	José Beira
M - Manutenção					Data:	17-04-2011

Anexo B – Características das transmissões existentes na empresa**Tabela com os dados das transmissões por correia existentes na empresa**

Número do Equipamento	Potência do Motor	Rotações por minuto da polia motora	Diâmetro da polia motora	Comprimento da correia (mm)	Diâmetro da polia movida	Distância entre eixos	Número de correia
21000117	2	1410	80	2732	750	700	4
21000130	3	440	60	2782	700	700	3
21000149	7	1420	100	3000	800	700	2
21000349_1	7	945	80	1347	160	485	4
21000349_2	7	520	80	3000	800	650	4
21000419	5	1410	95	3000	800	700	2
21000445	5	1490	100	3000	800	700	2
21000546	7	431,3	120	3382	900	820	4
21000566	4	997,3	95	3250	850	840	4
21000574	2	1381,8	72	2732	750	685	3
21000584	4	940	112	2932	750	750	4
21000592	3	740,2	93,5	2732	715	695	3
21000596	1	920	120	2932	760	750	2
21000627	4	970	90	3250	830	860	4
21000631	5	1000	50	3250	850	840	4
21000649	3	1440	80	3130	930	650	3
21000656	4	978	84	3150	850	795	4
21001114	3	846,3	86	2882	745	725	3
21001130	7	950	65	2932	800	695	4
21001144	3	561,3	80	3545	900	900	3
21001146	3	371	130	3072	755	810	3
21001149	1	1481	50	1505	300	525	1
93000673	3	740,2	93,5	885	117,6	295	1
93005044	3	846,3	86	950	170	305	1

Tabela com o valor de tensão nominal para as transmissões existentes na empresa

Número do Equipamento	Tipo de correia	Referência da correia	Tensão Nominal (N) Correias usadas	Tensão Nominal (N) Correias novas
21000117	V-Belt	Optibelt SK SPA	42	55
21000130	V-Belt	Optibelt SK SPA	280	364
21000149	V-Belt	Optibelt SK SPZ	223	290
21000349_1	V-Belt	Optibelt SK SPZ	229	297
21000349_2	V-Belt	Optibelt SK SPZ	432	562
21000419	V-Belt	Optibelt SK SPZ	168	218
21000445	V-Belt	Optibelt SK SPZ	156	203
21000546	V-Belt	Optibelt SK SPA	410	533
21000566	V-Belt	Optibelt SK SPZ	122	168
21000574	V-Belt	Optibelt SK SPA	80	104
21000584	V-Belt	Optibelt SK SPA	83	107
21000592	V-Belt	Optibelt SK SPA	163	213
21000596	V-Belt	Optibelt SK SPA	54	70
21000627	V-Belt	Optibelt SK SPZ	130	169
21000631	V-Belt	Optibelt SK SPZ	299	389
21000649	V-Belt	Optibelt VB A	124	161
21000656	V-Belt	Optibelt SK SPZ	140	182
21001114	V-Belt	Optibelt SK SPA	155	201
21001130	V-Belt	Optibelt SK SPA	251	326
21001144	V-Belt	Optibelt VB B	249	323
21001146	V-Belt	BANDO SA 31 A-120	254	330
21001149	V-Belt	VULCO Power A 58	193	251
93000673	V-Belt	Optibelt VB Z	444	577
93005044	V-Belt	Optibelt VB A	427	556

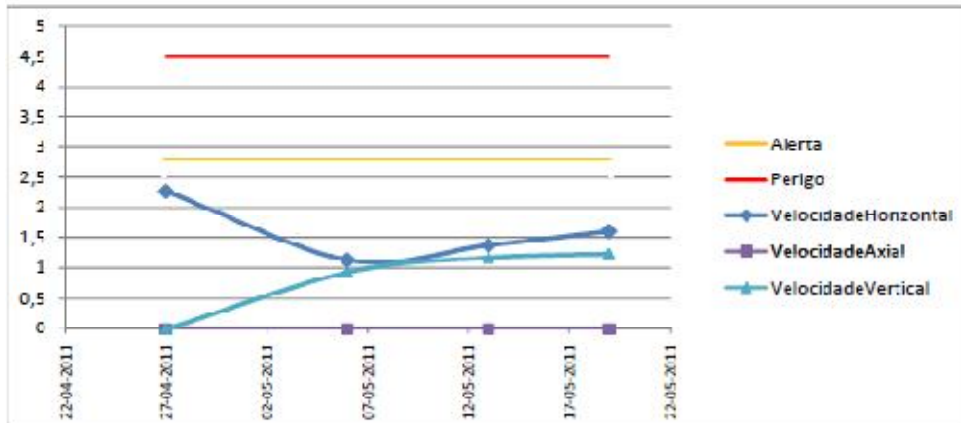
Anexo C – Medições de vibração

1. Análise de Vibrações

Célula:
 Linha:
 Nº Equipamento:
 Nome:

1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

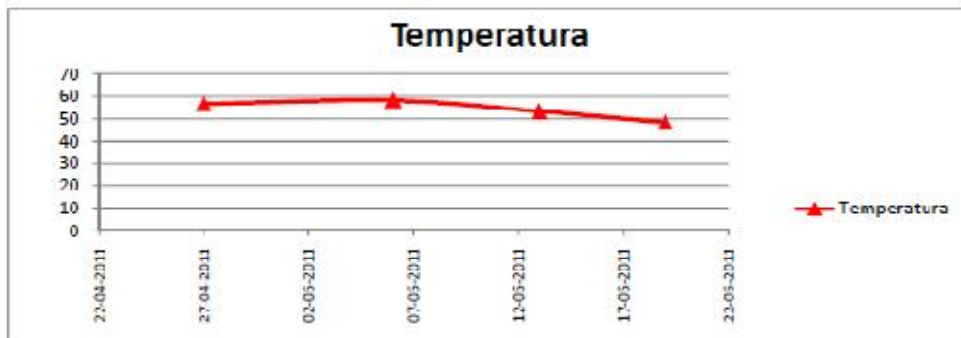


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

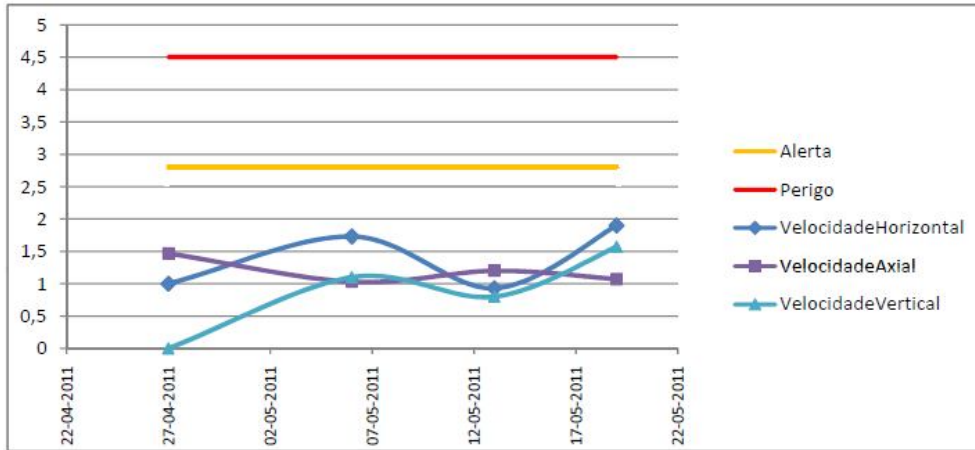
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

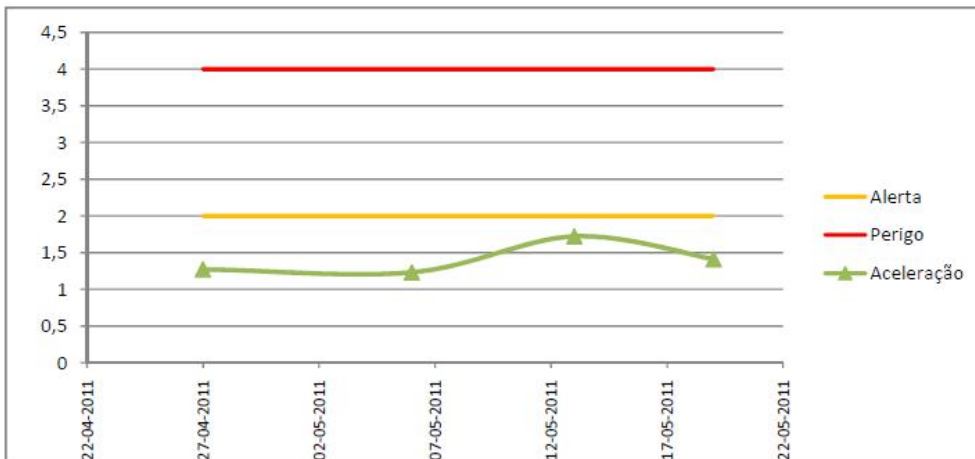
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

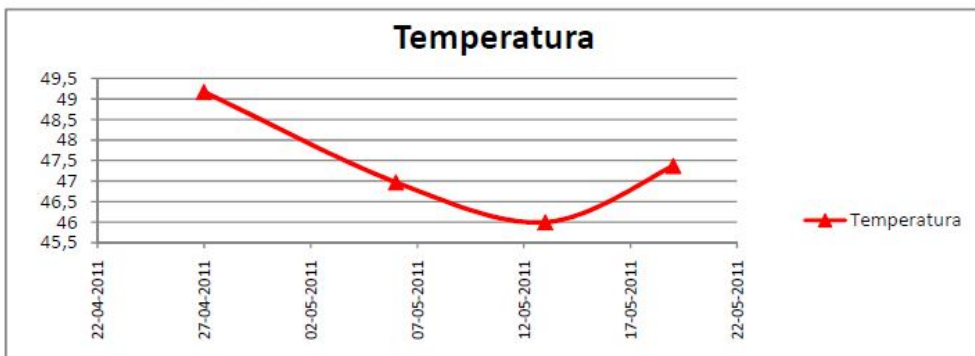


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

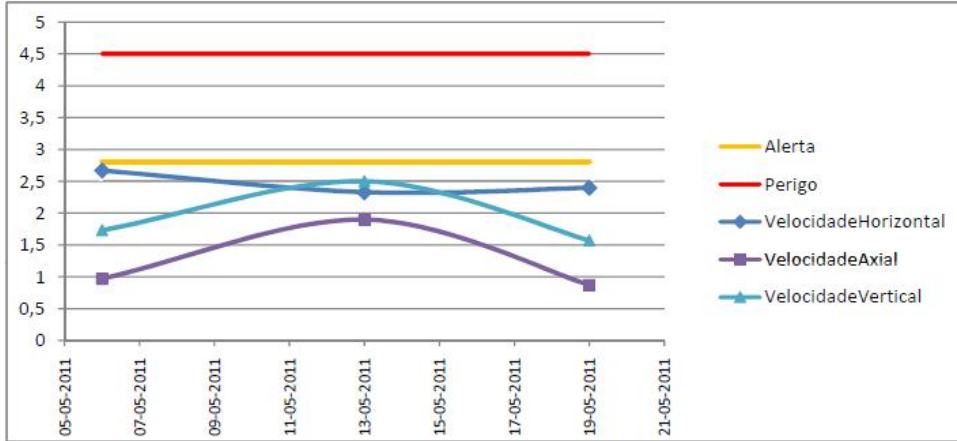
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

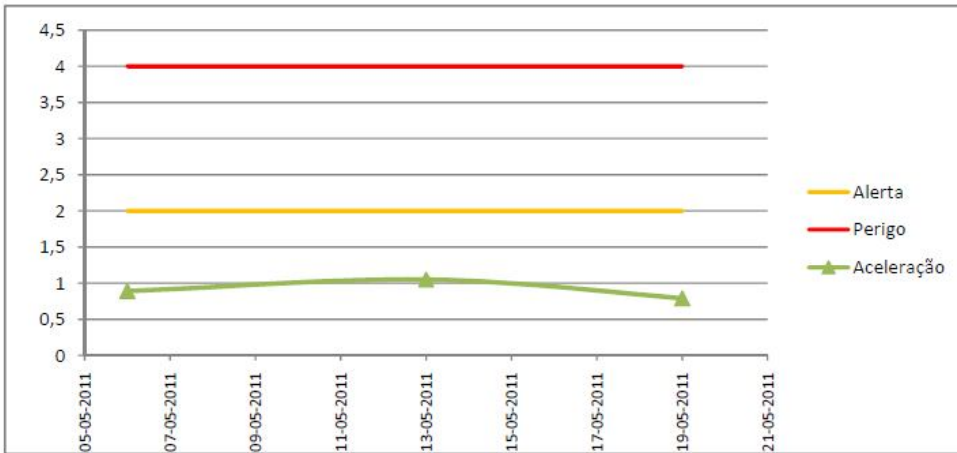
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

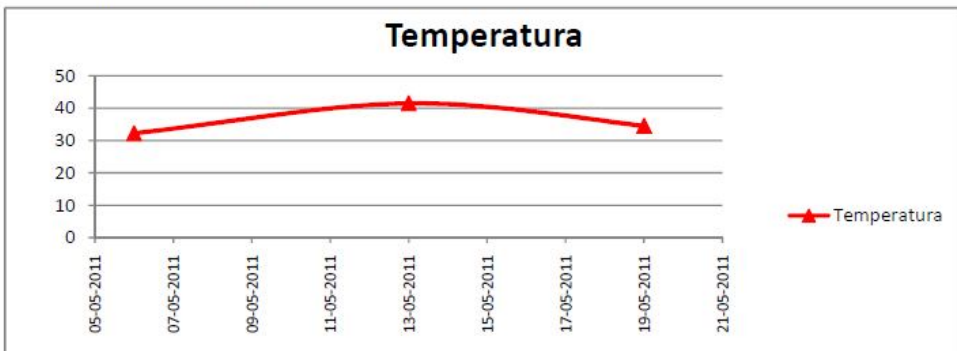


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



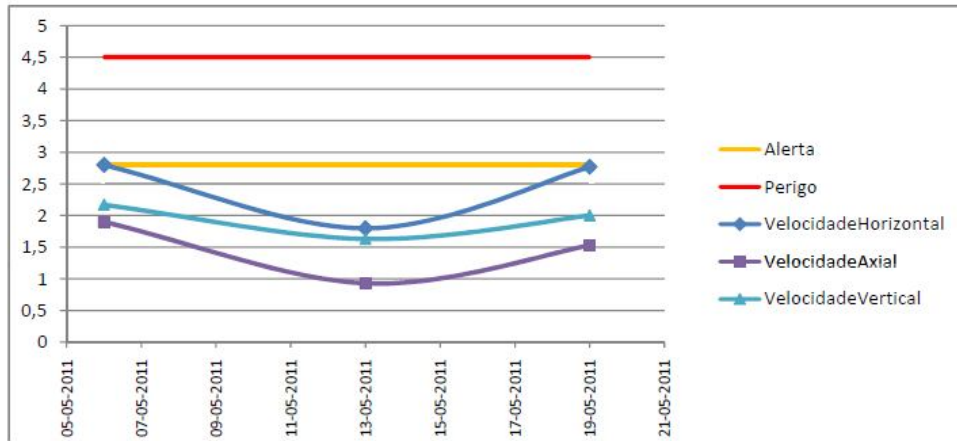
1. Análise de Vibrações

Célula:
 Linha:
 N° Equipamento:

Nome:

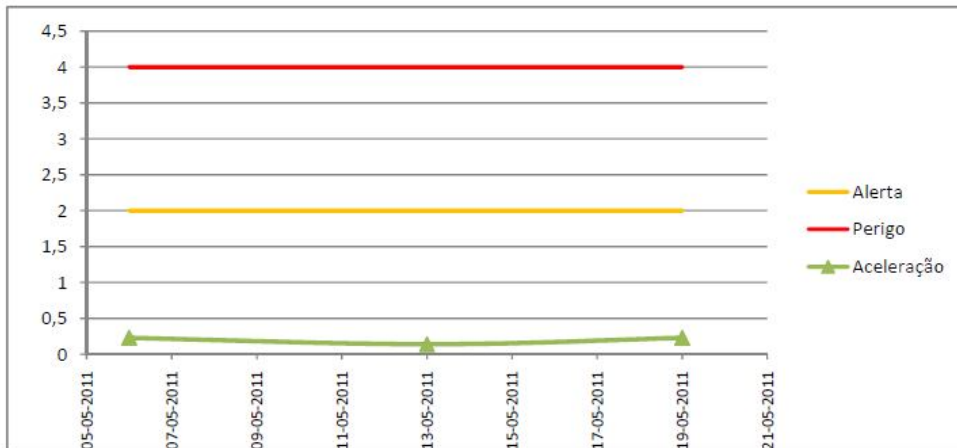
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

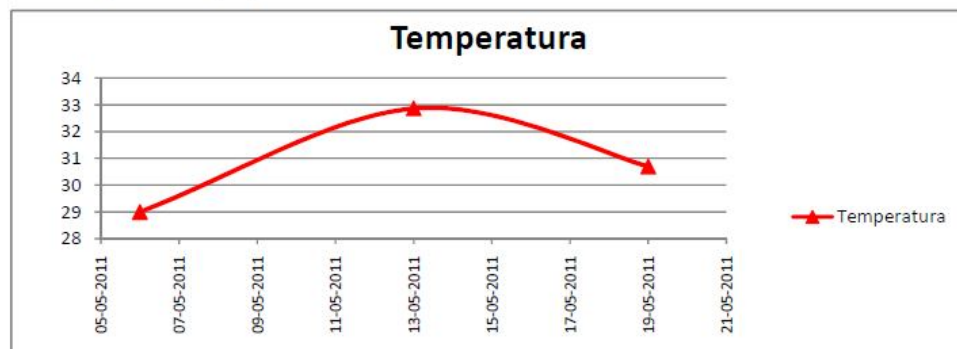


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

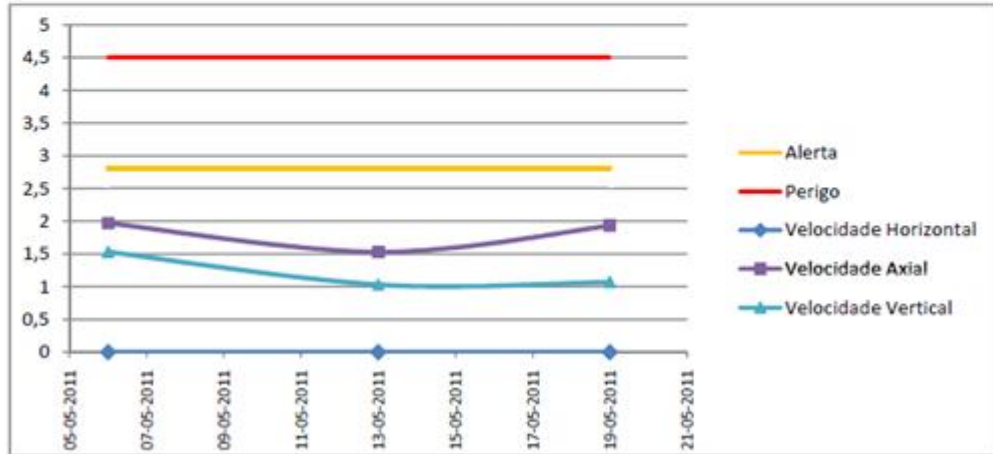
Célula:
 Linha:
 Nº Equipamento:

Nome:

1.1 Medições de Velocidade

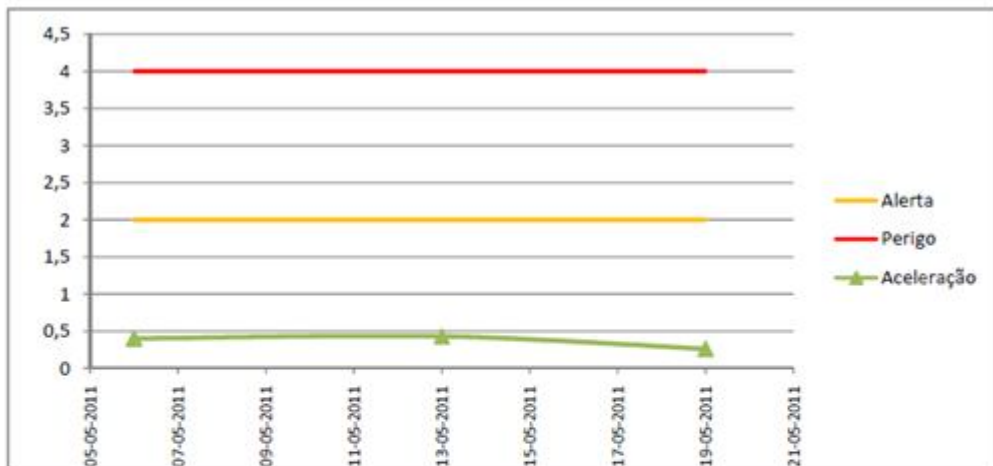
System Unit:

ISO 10816-3:

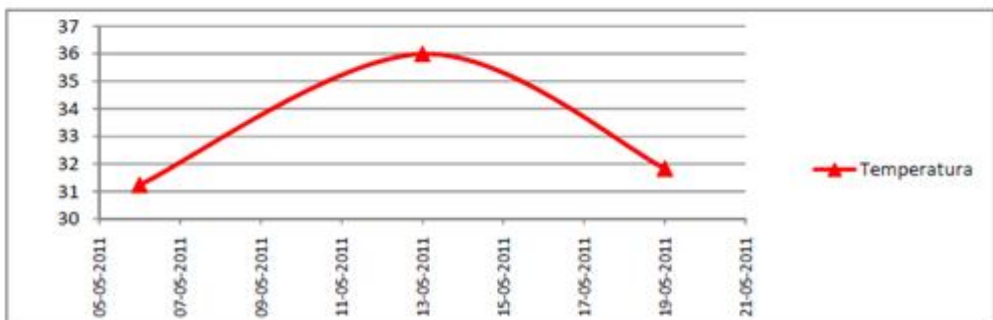


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

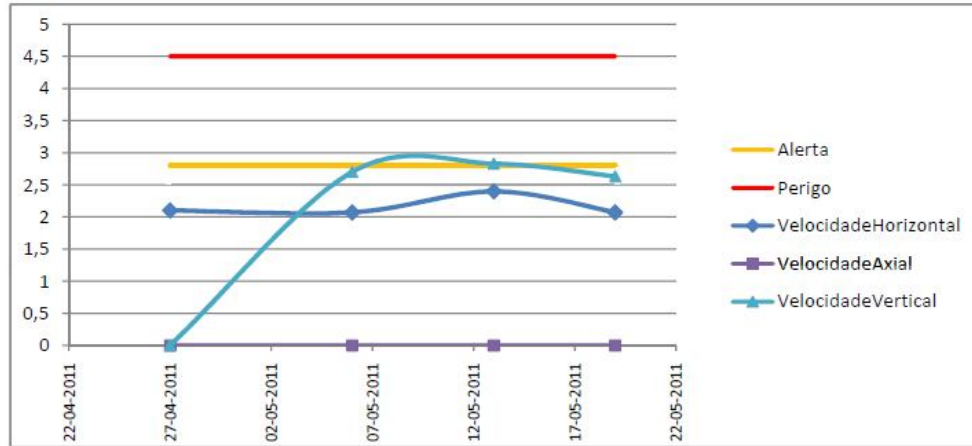
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

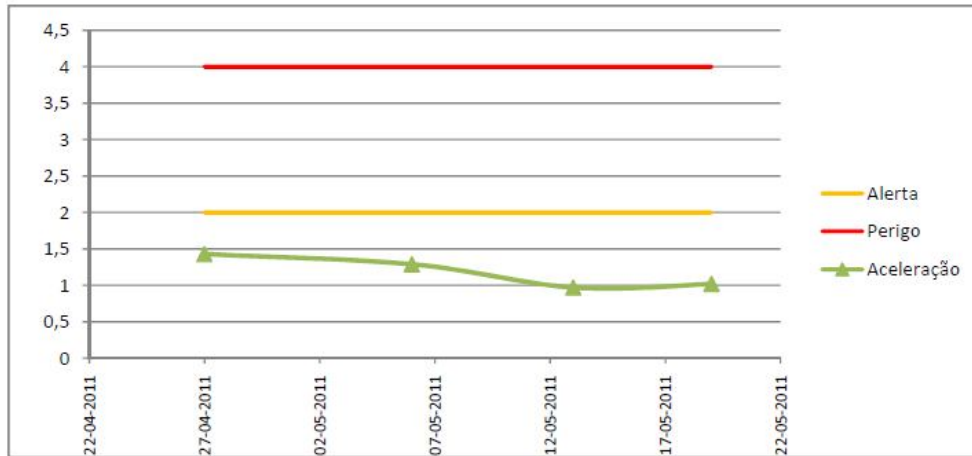
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

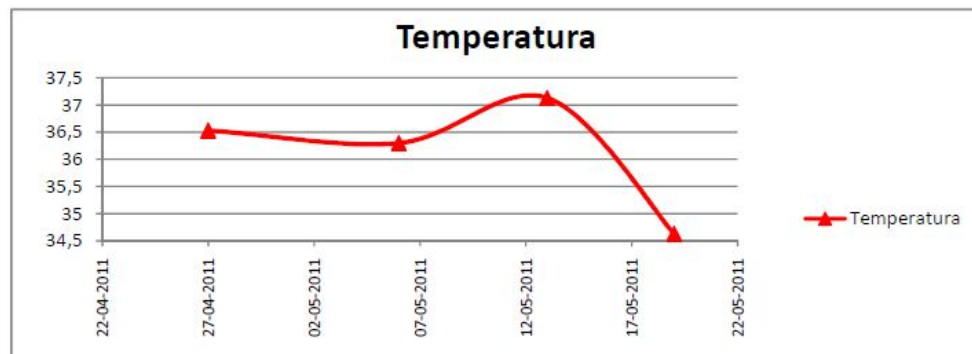


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

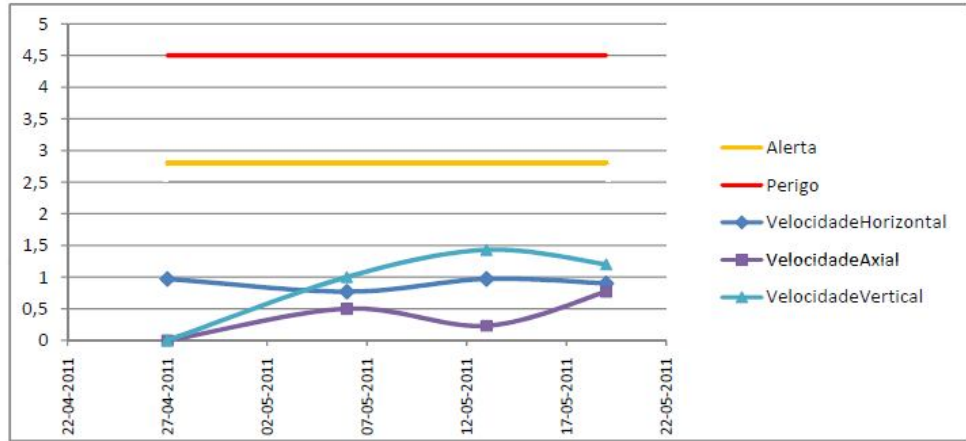
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

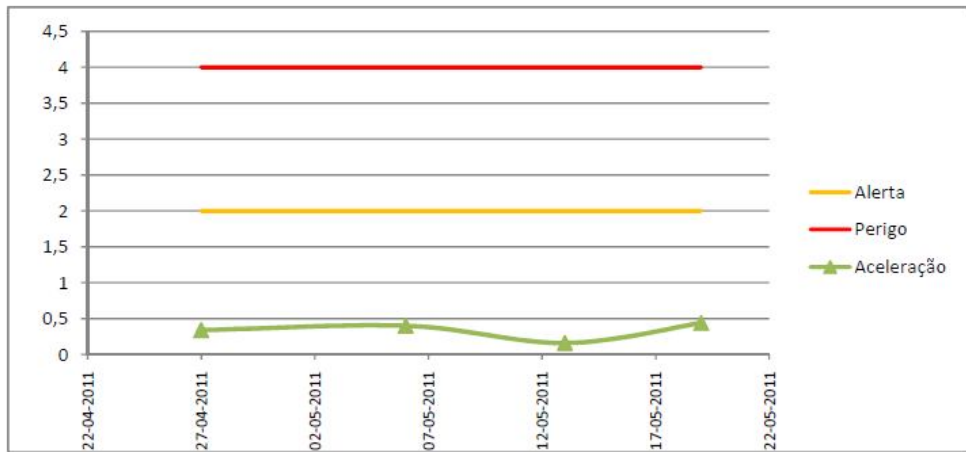
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

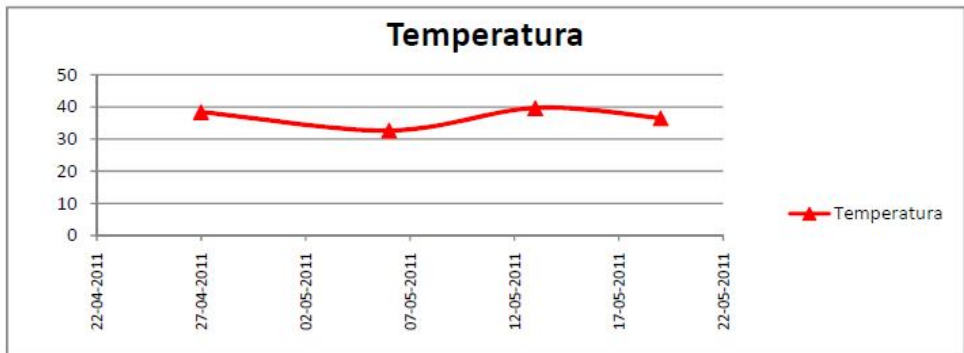


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

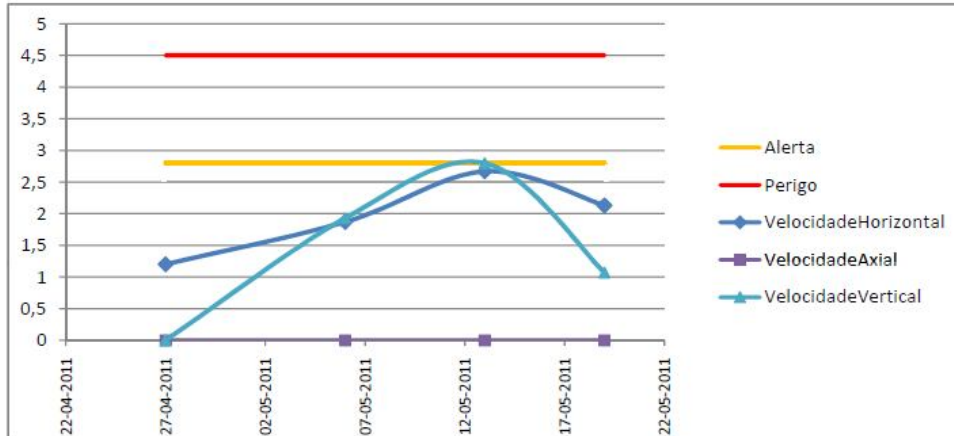
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

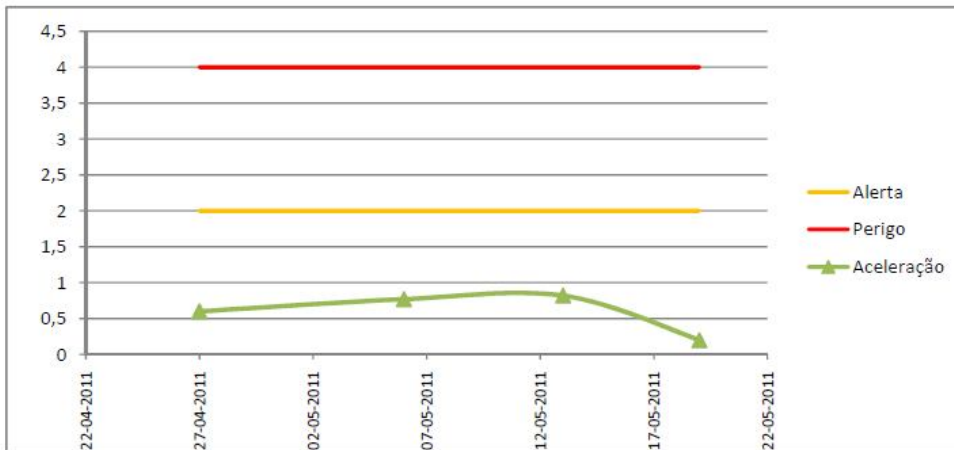
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

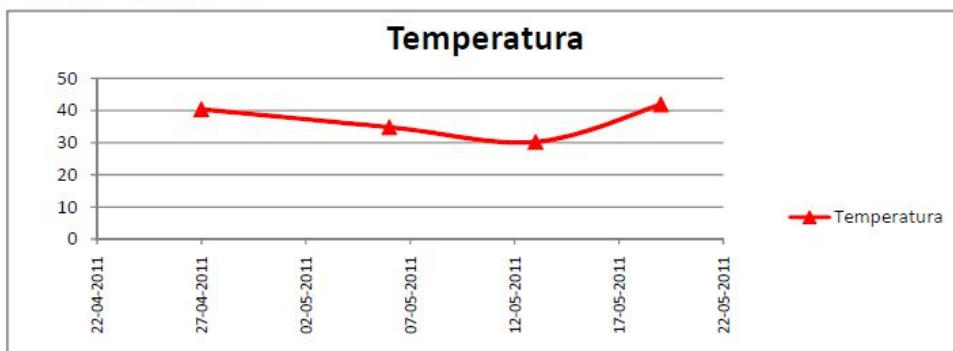


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)

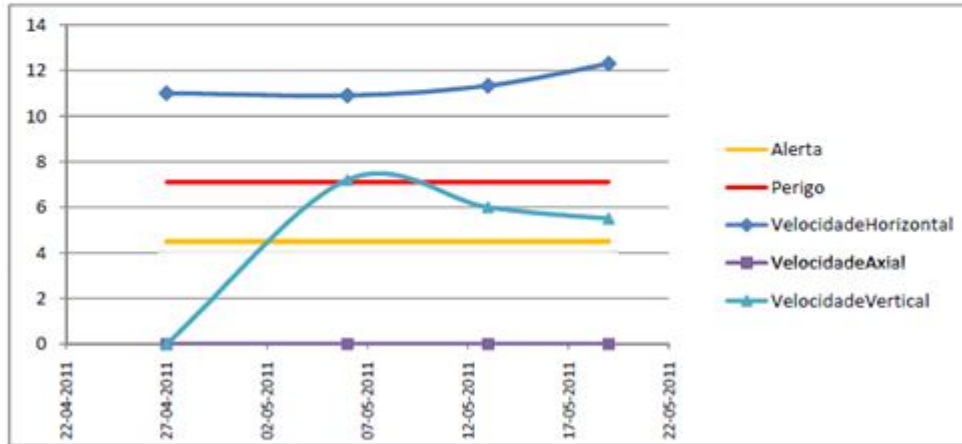


1. Análise de Vibrações

Célula:
 Linha:
 N° Equipamento:
 Nome:

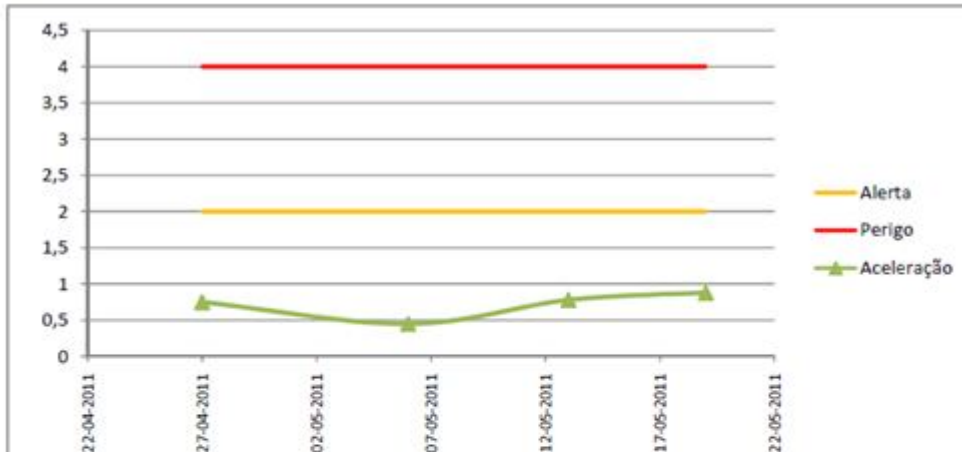
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

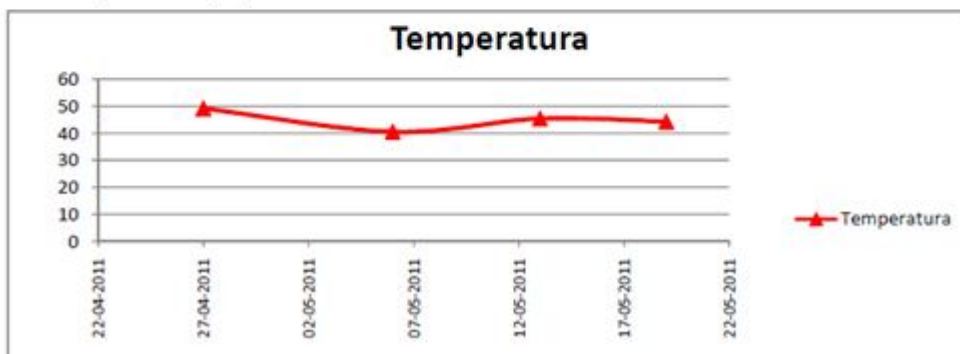


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

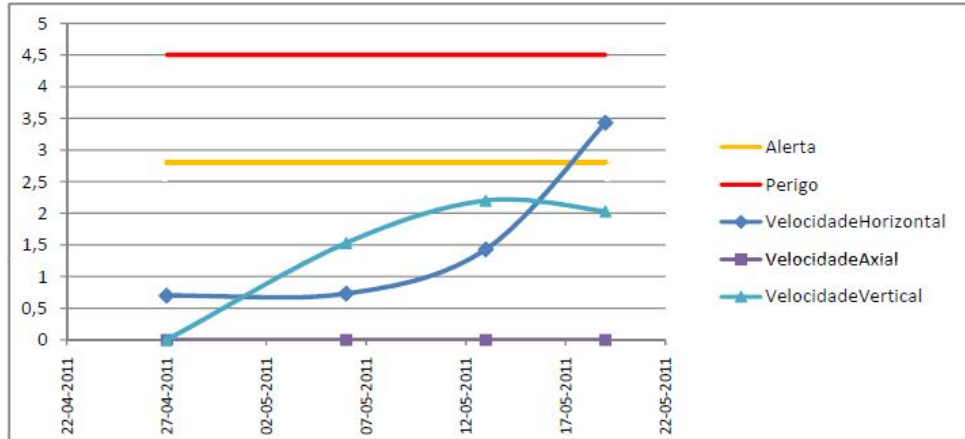
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

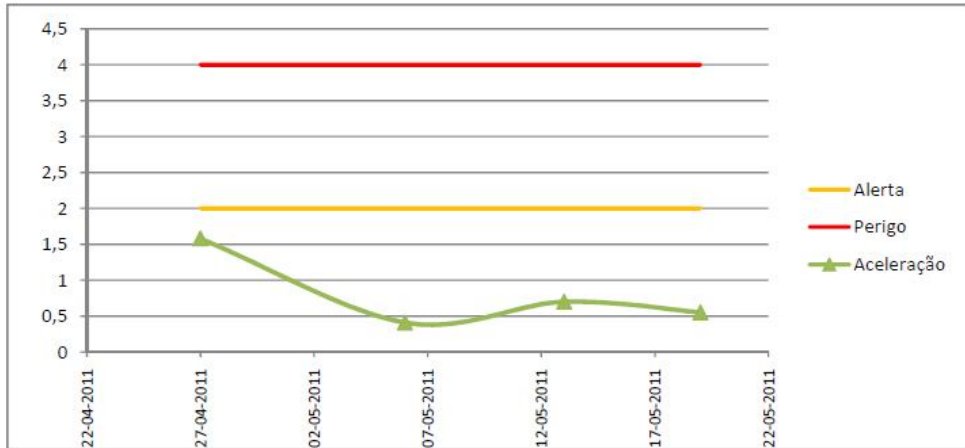
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

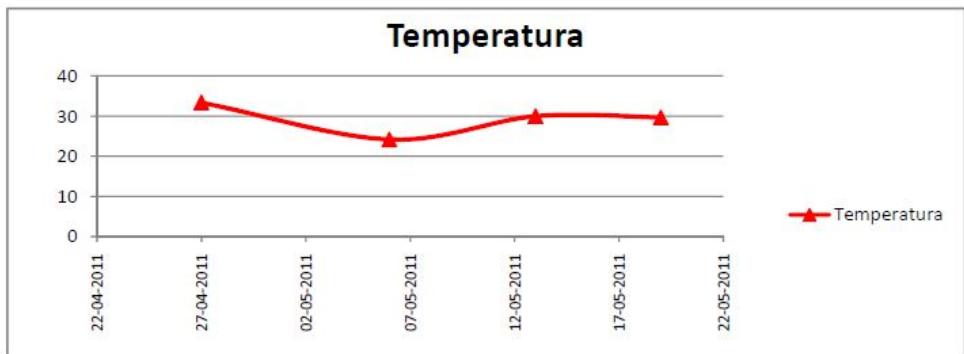


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

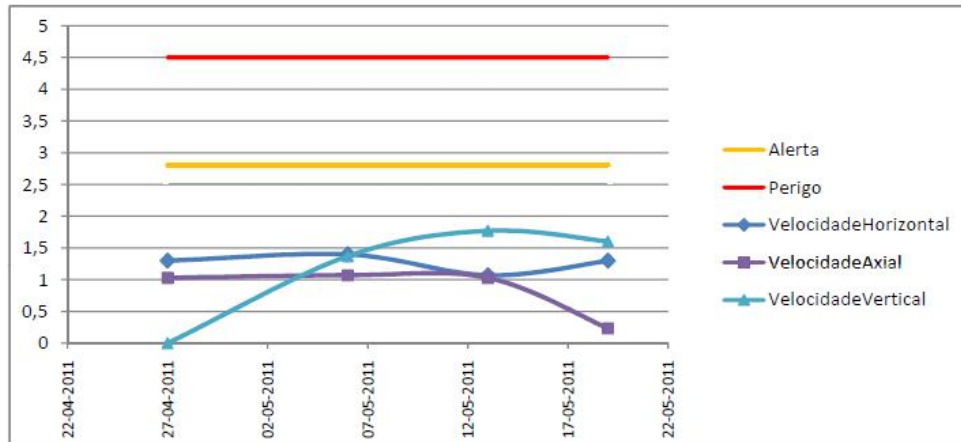
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

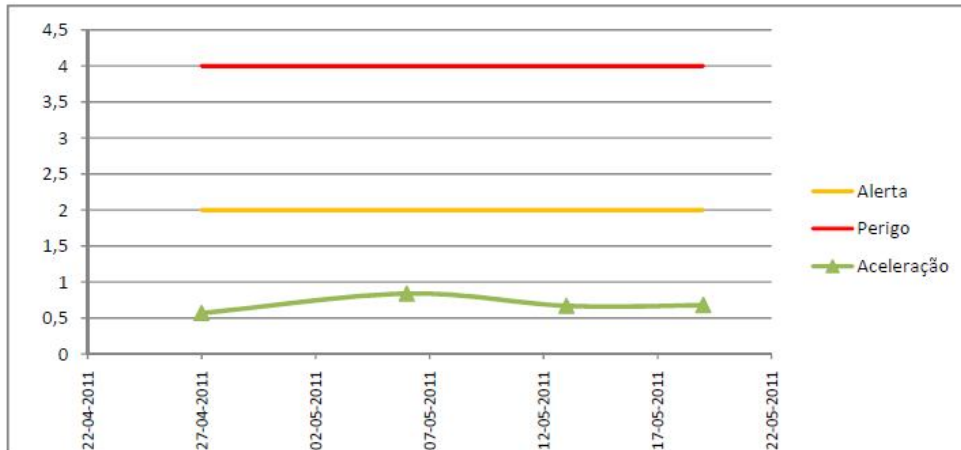
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

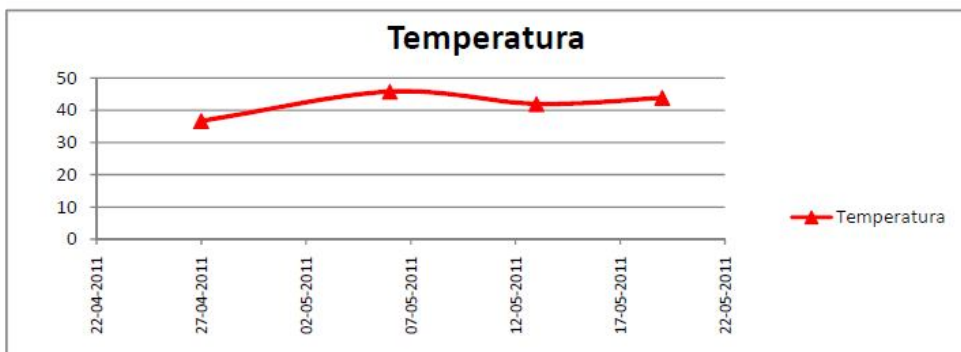


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



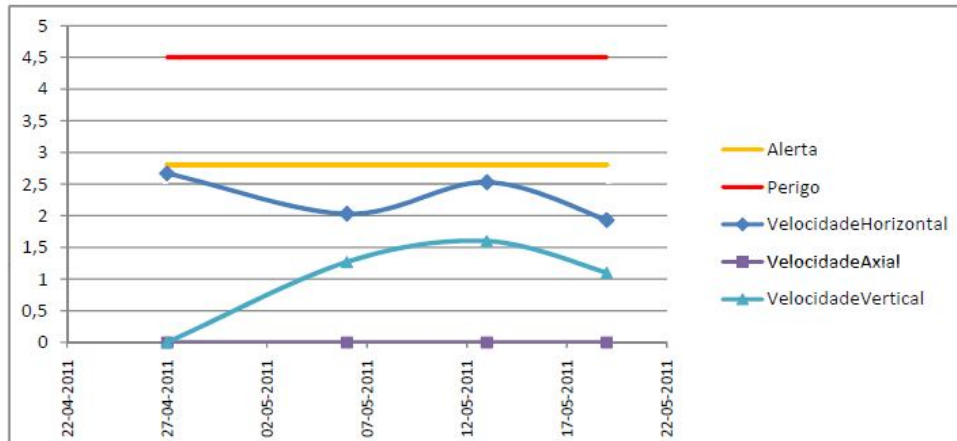
1. Análise de Vibrações

Célula:
 Linha:
 N° Equipamento:

Nome:

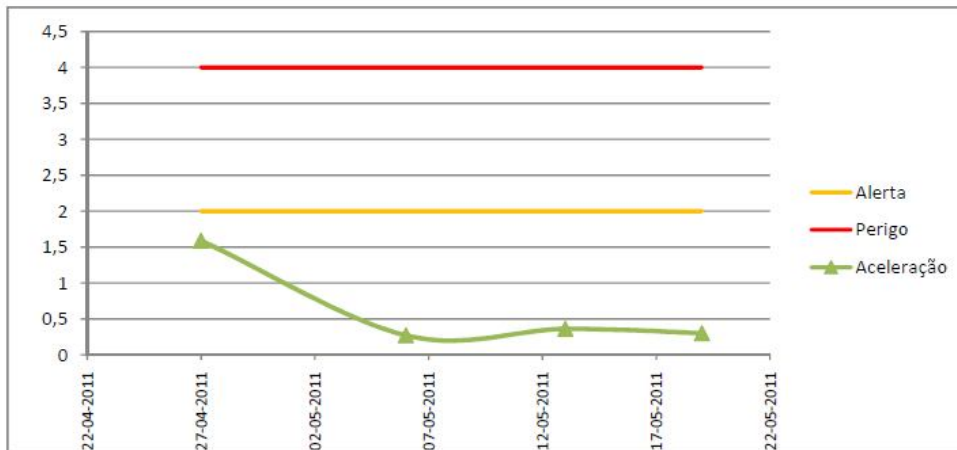
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

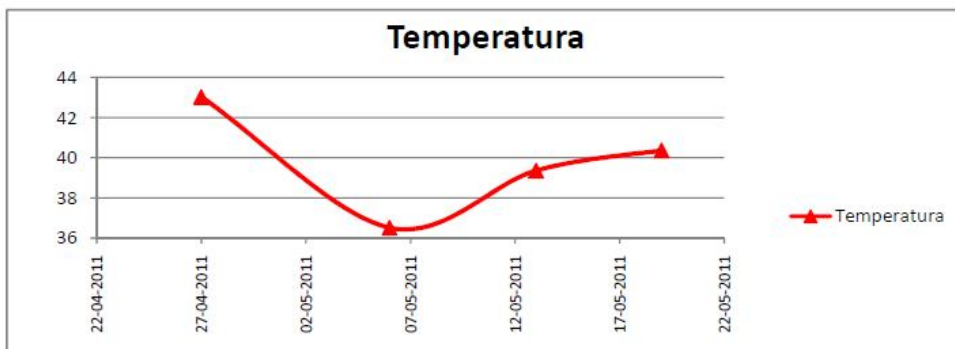


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



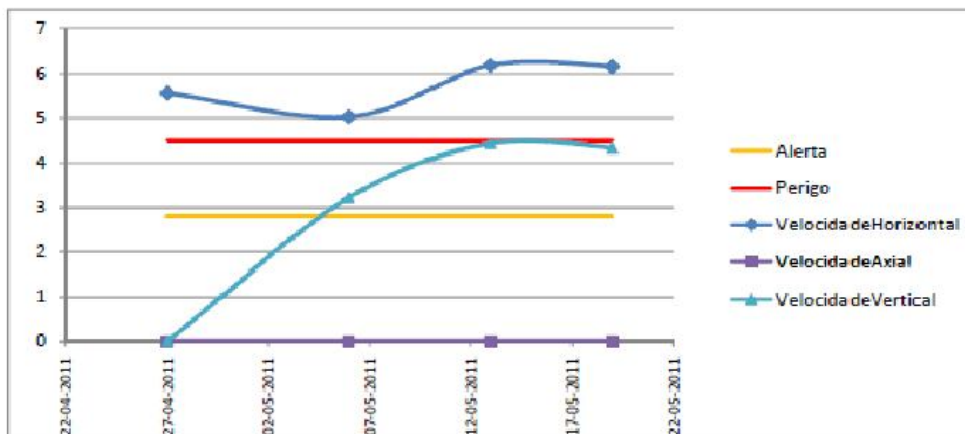
1. Análise de Vibrações

Célula: AER5
 Linha: L39
 Nº Equipamento: 93002302

Nome: MOTOR ELÉCTRICO

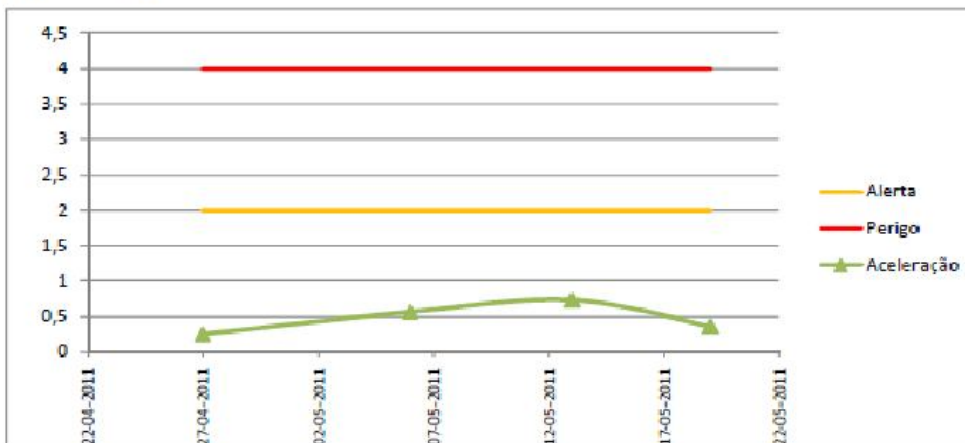
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: mm/s ISO 10816-3: G1&3R

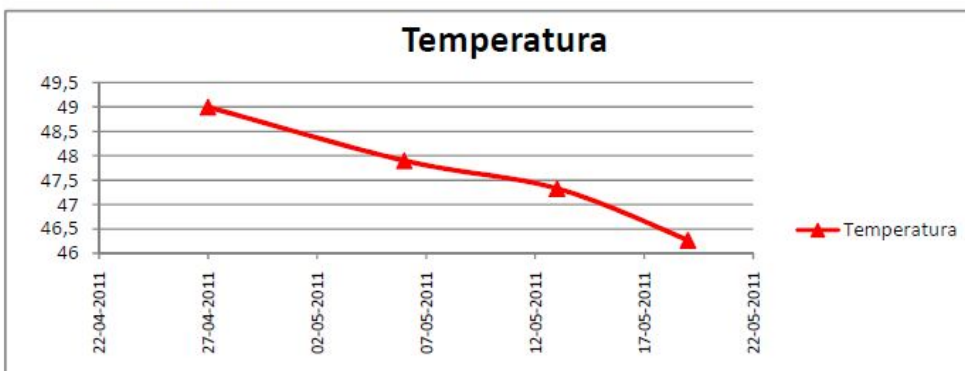


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class: CL2



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

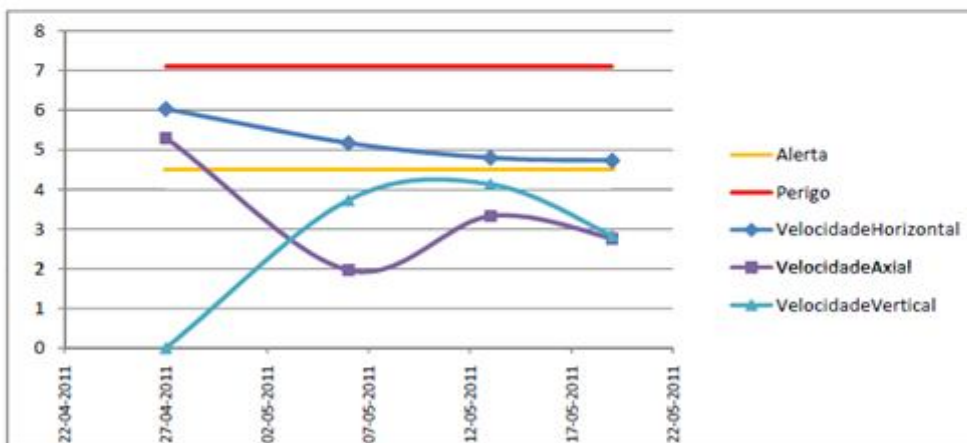
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

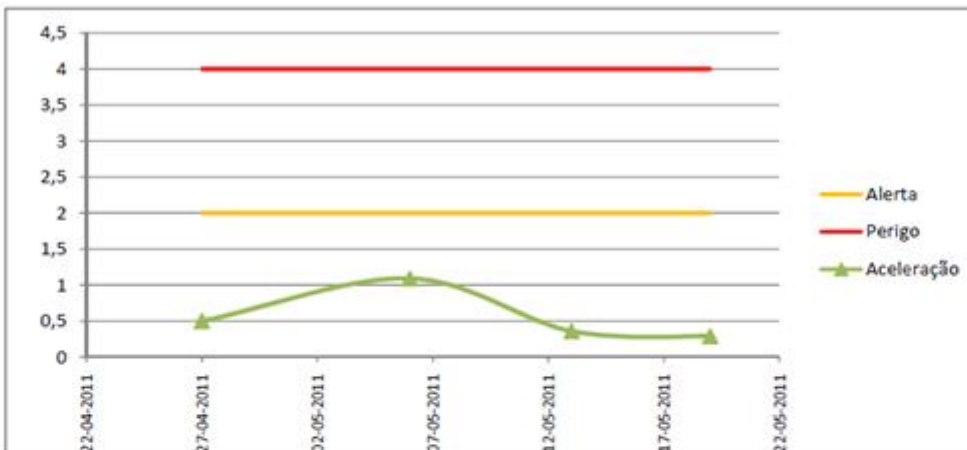
1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

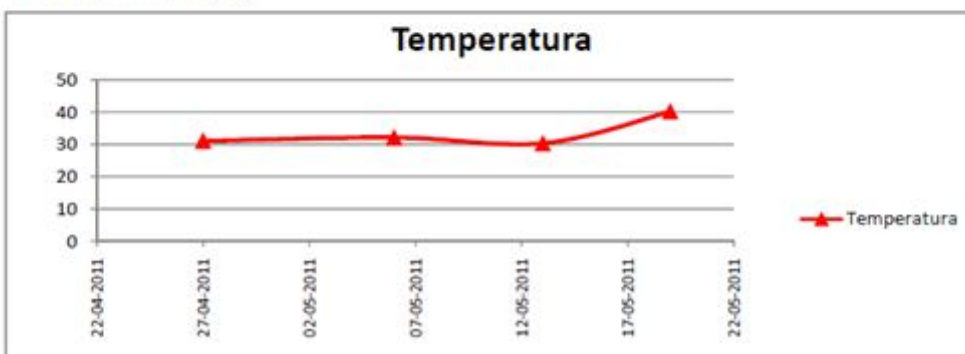


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



1. Análise de Vibrações

Célula:

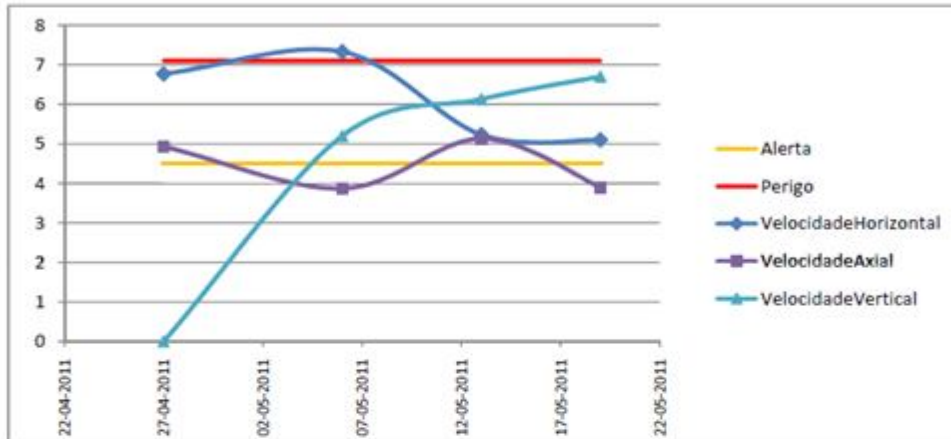
Linha:

Nº Equipamento:

Nome:

1.1 Medições de Velocidade

System Unit: ISO 10816-3:

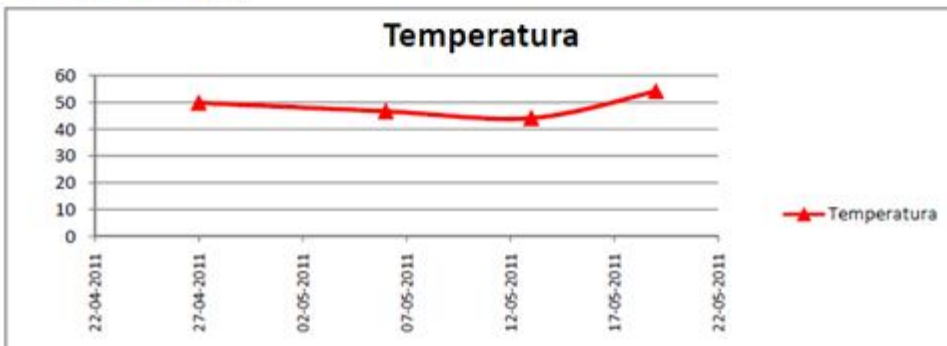


1.2 Medições de Aceleração (Envelope de Aceleração)

Class:



1.3 Temperatura (°C)



Anexo D – Medições de termografia

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

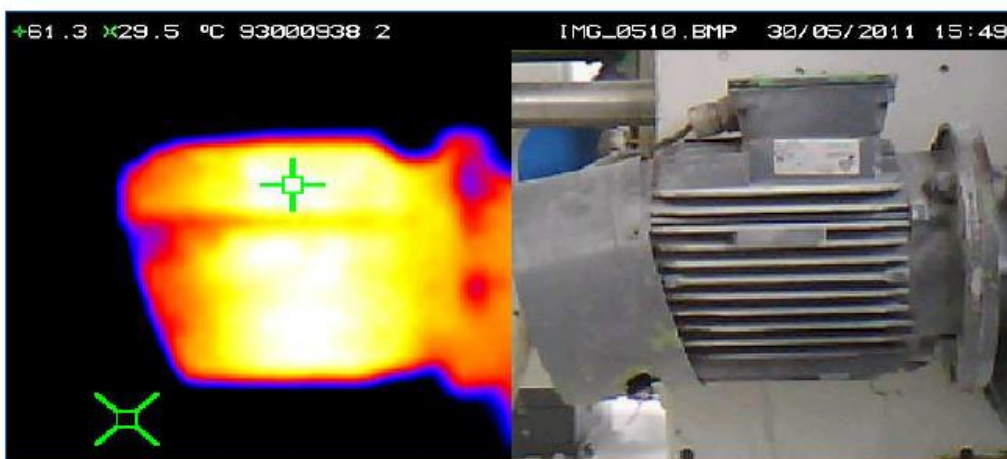
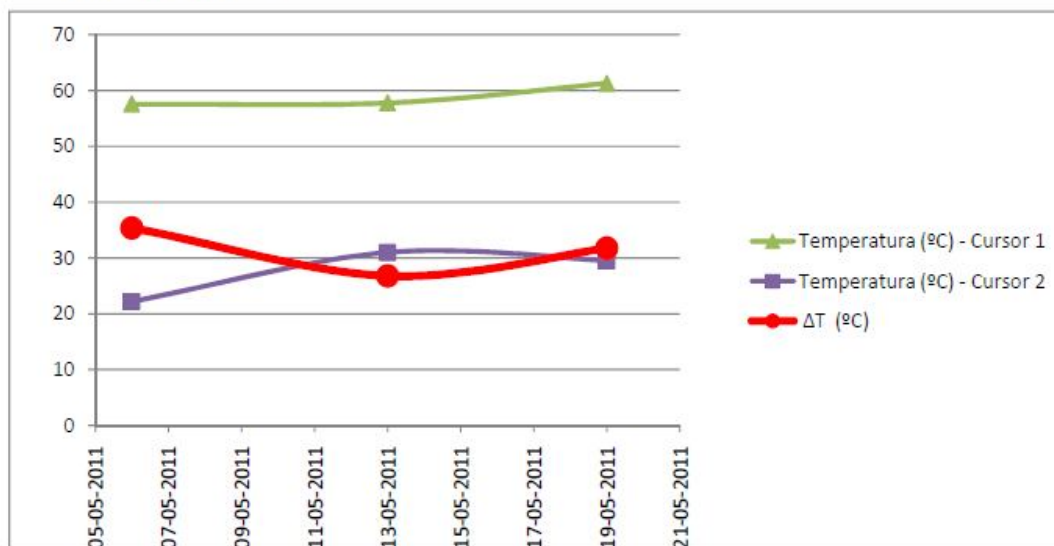


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	61,3
Cursor 2 (°C):	29,5
Diferencial (°C):	31,8

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

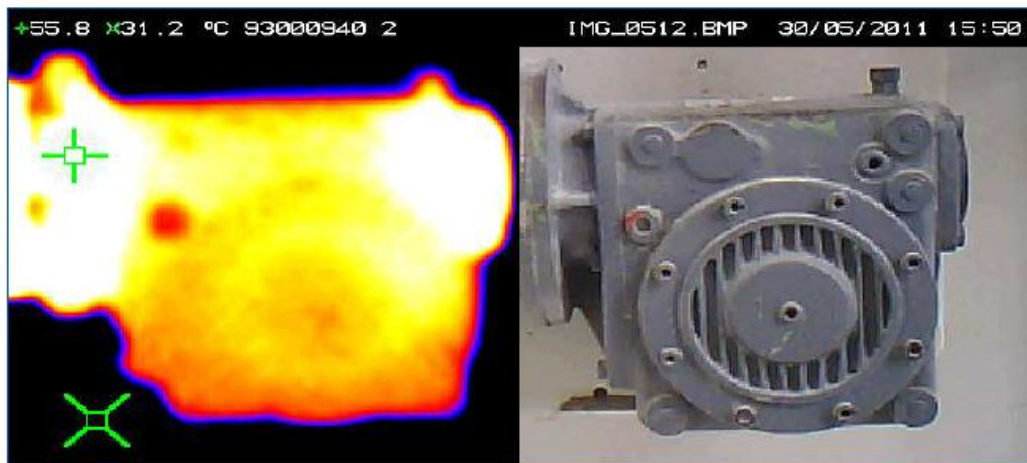
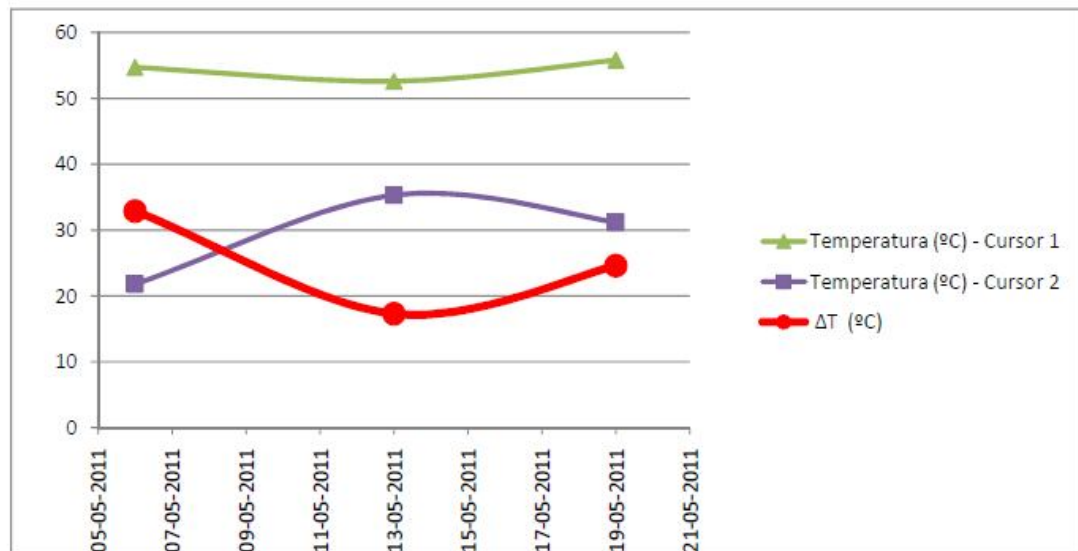


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	55,8
Cursor 2 (°C):	31,2
Diferencial (°C):	24,6

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

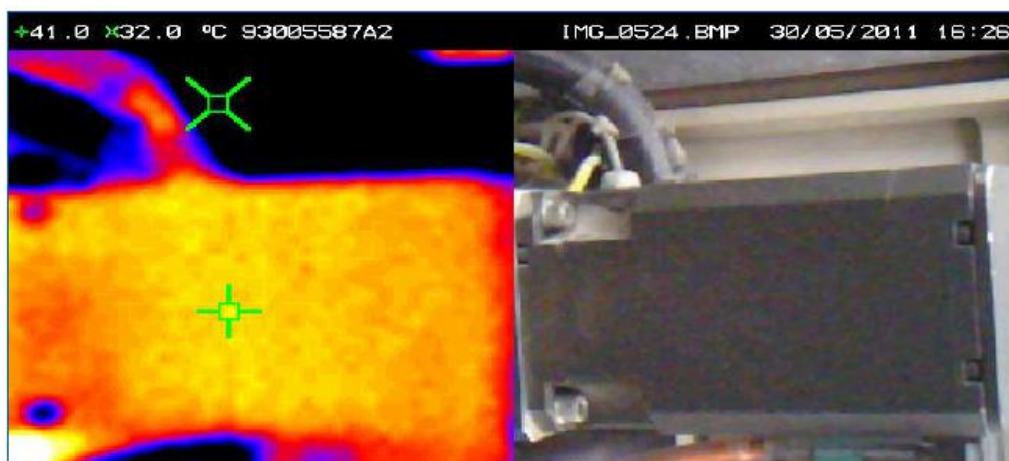
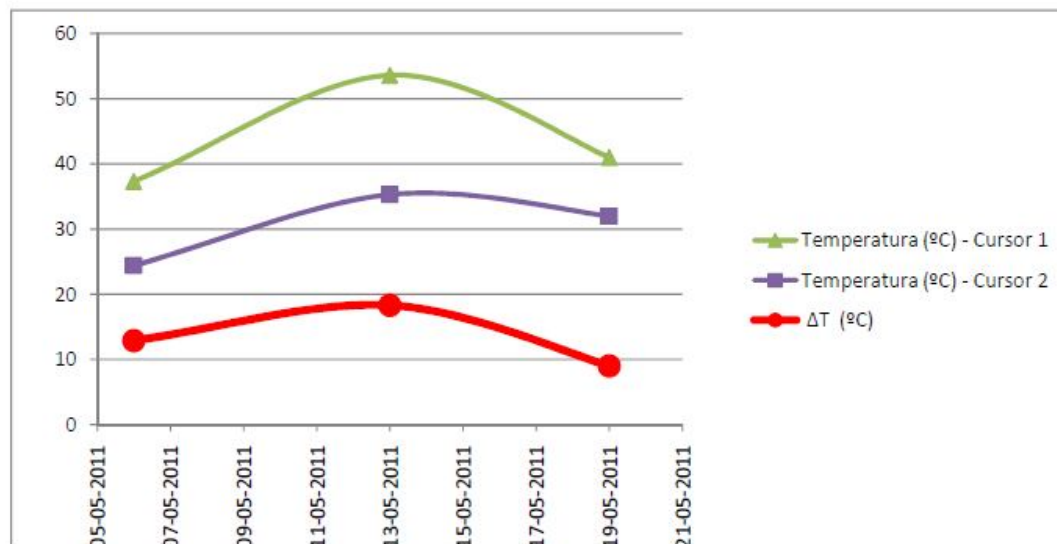


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	41
Cursor 2 (°C):	32
Diferencial (°C):	9

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

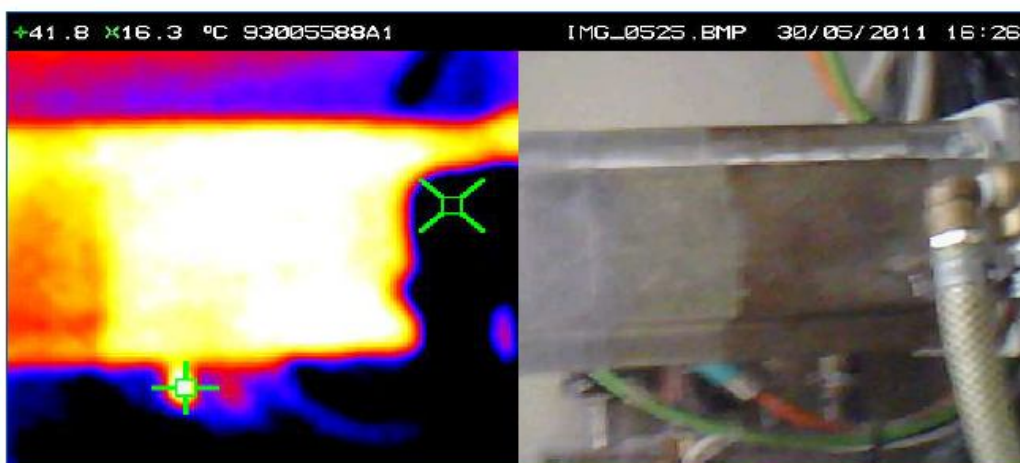
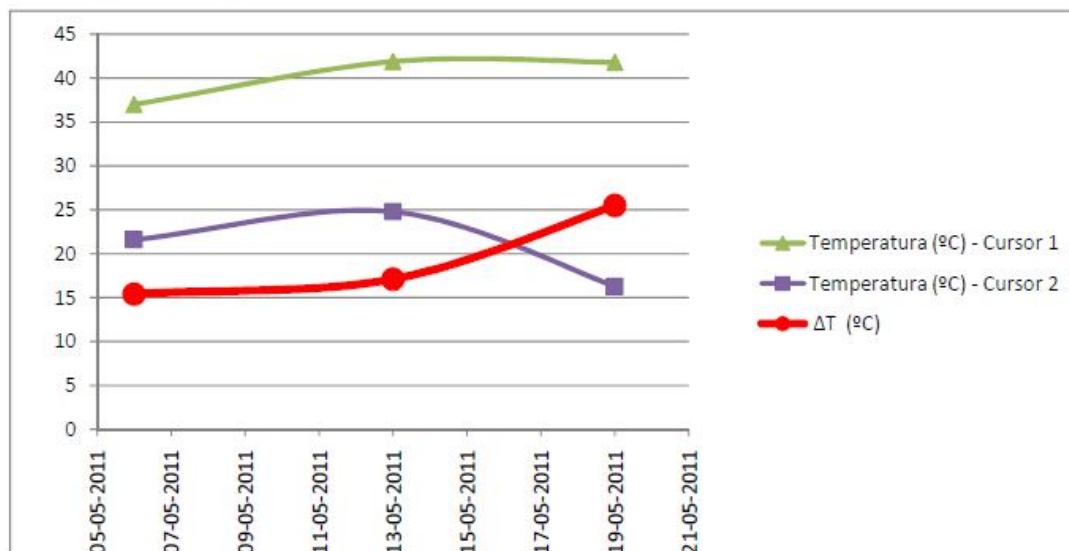


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	41,8
Cursor 2 (°C):	16,3
Diferencial (°C):	25,5

2. Análise Termográfica

Célula:	AER1
Linha:	L12
Nº Equipamento:	93008529
Nome Equipamento:	CHUMACEIRA DO VEIO DO MOTOREDUTOR 93008529

2.1 Termografia

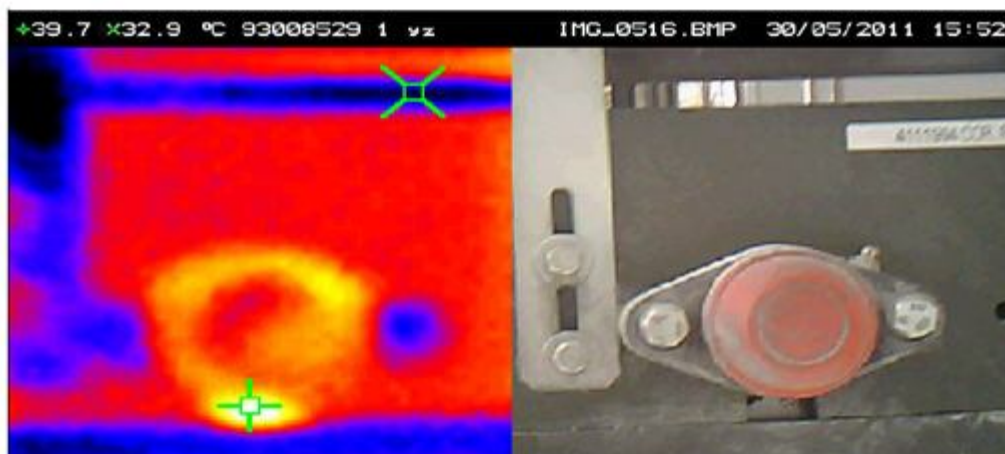
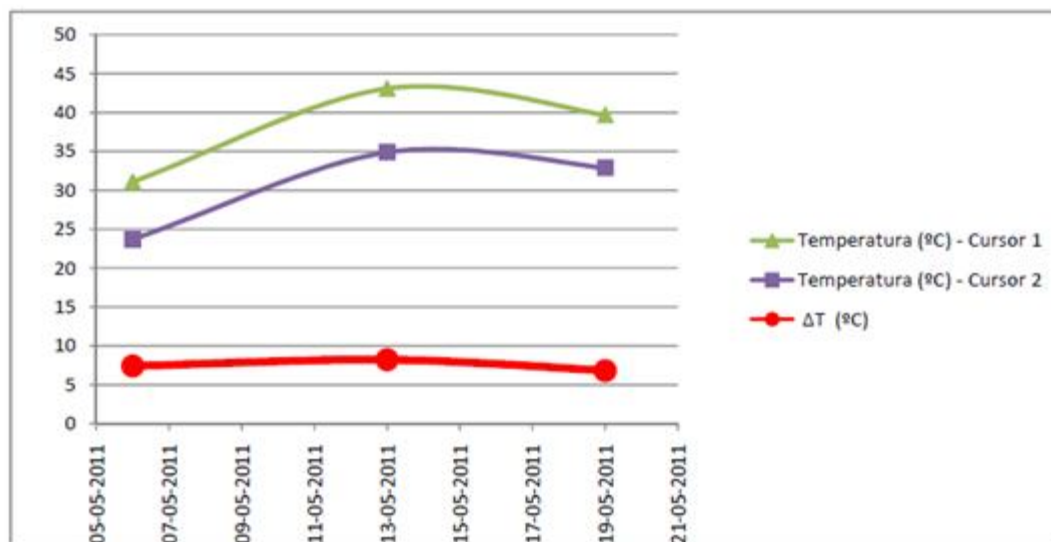


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	39,7
Cursor 2 (°C):	32,9
Diferencial (°C):	6,8

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

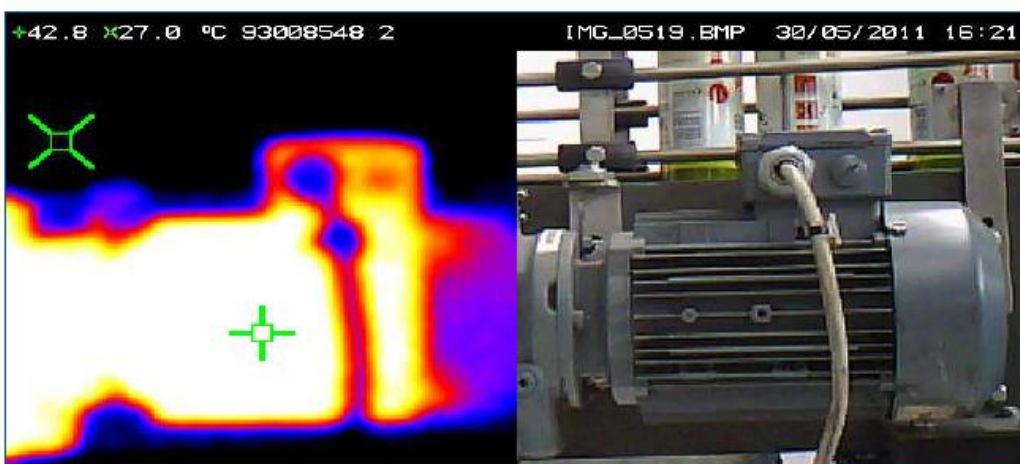
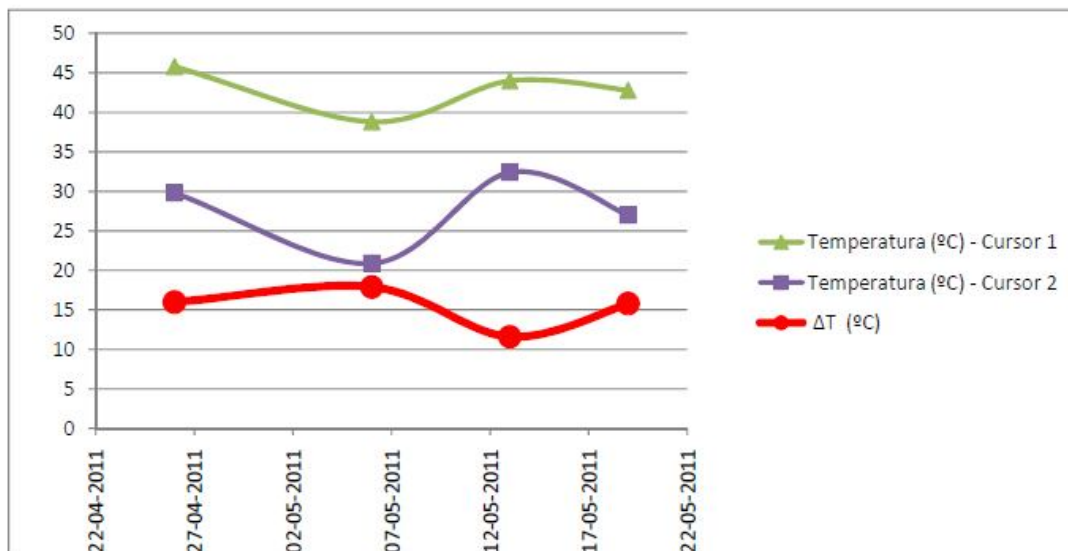


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	42,8
Cursor 2 (°C):	27
Diferencial (°C):	15,8

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

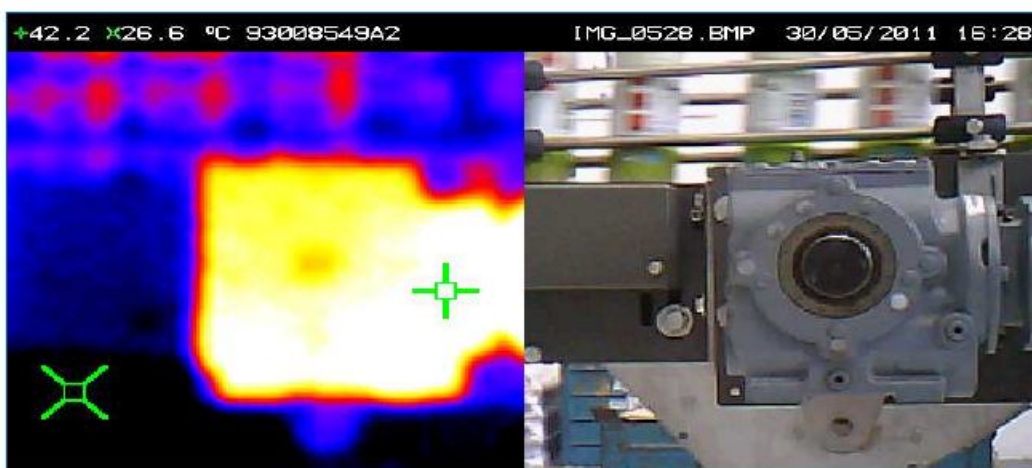
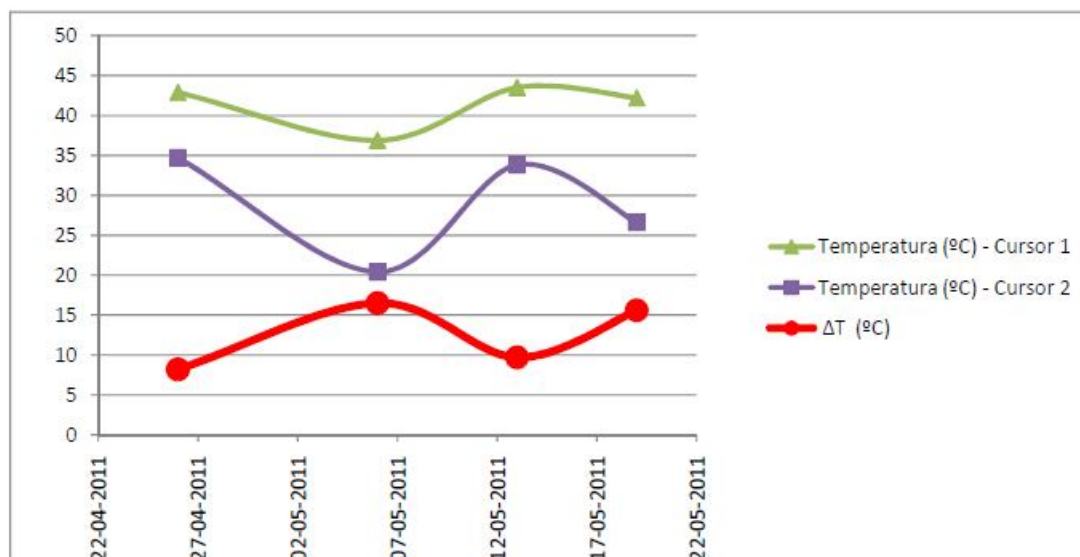


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	42,2
Cursor 2 (°C):	26,6
Diferencial (°C):	15,6

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

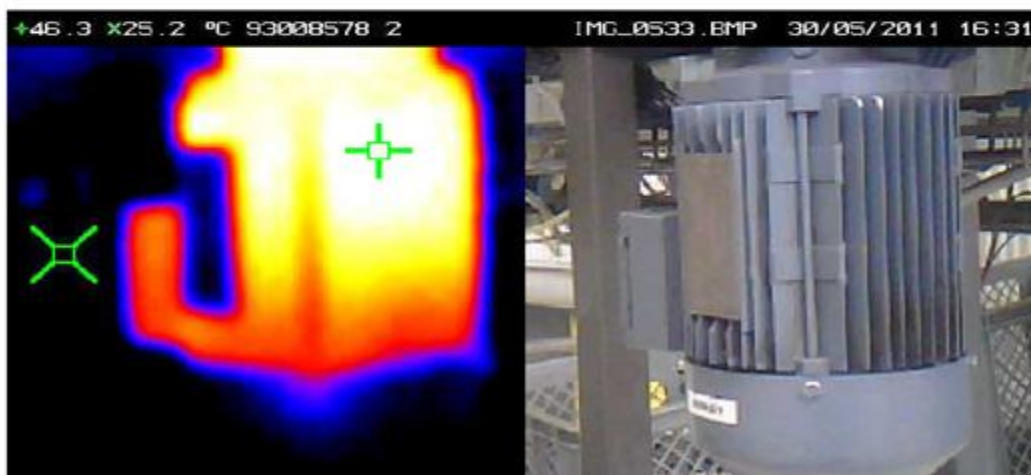
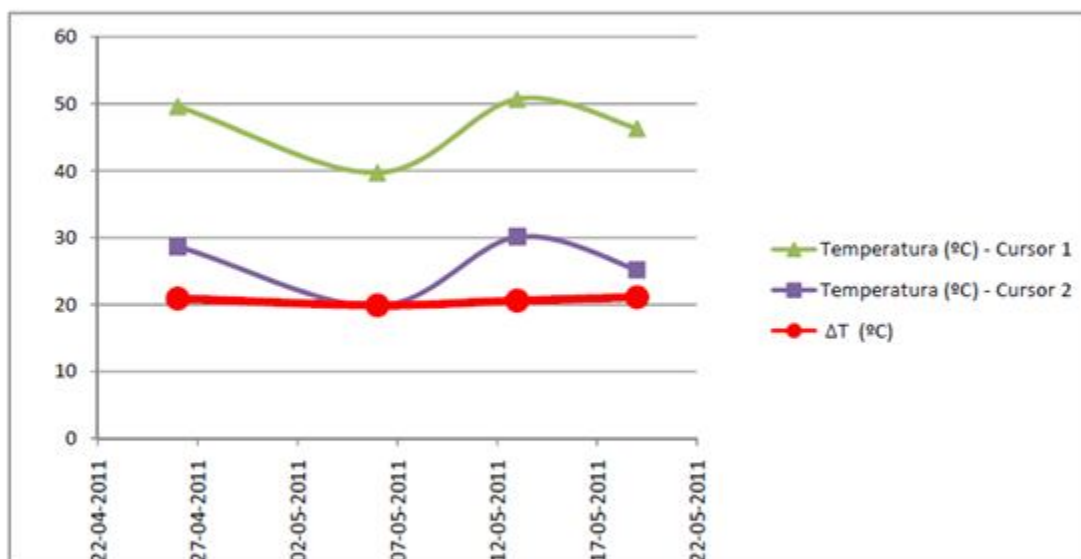


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visual (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	46,3
Cursor 2 (°C):	25,2
Diferencial (°C):	21,1

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

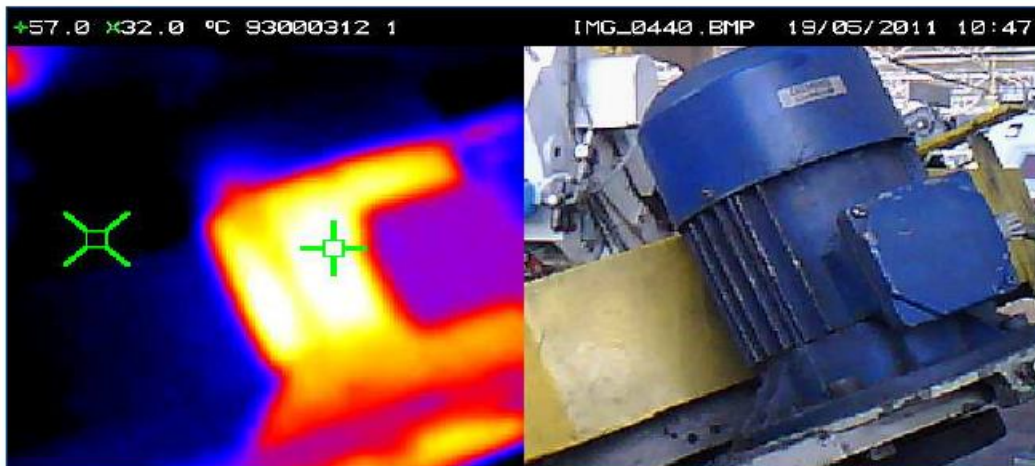
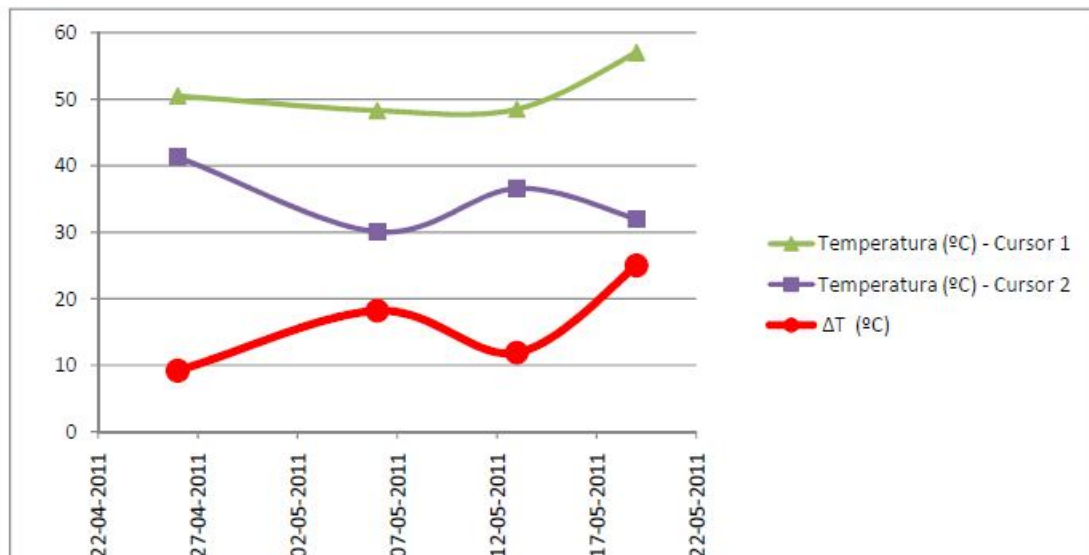


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	57
Cursor 2 (°C):	32
Diferencial (°C):	25

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

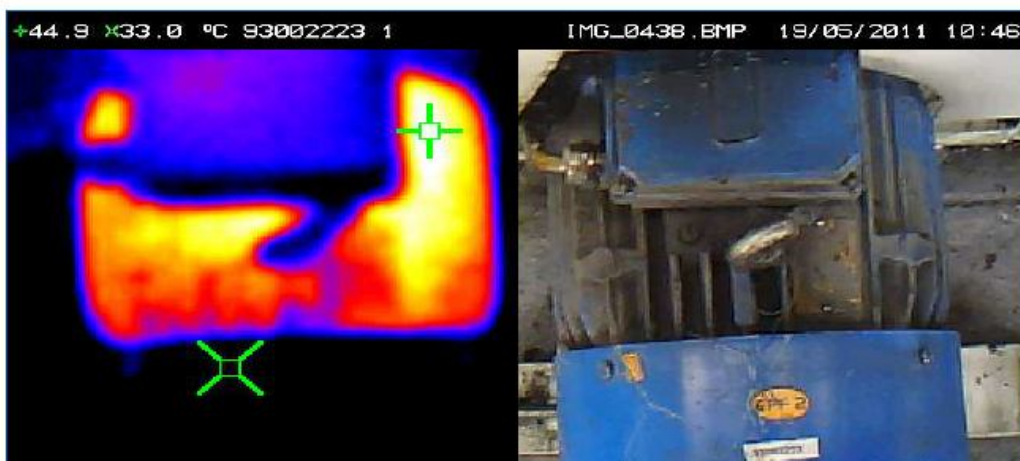
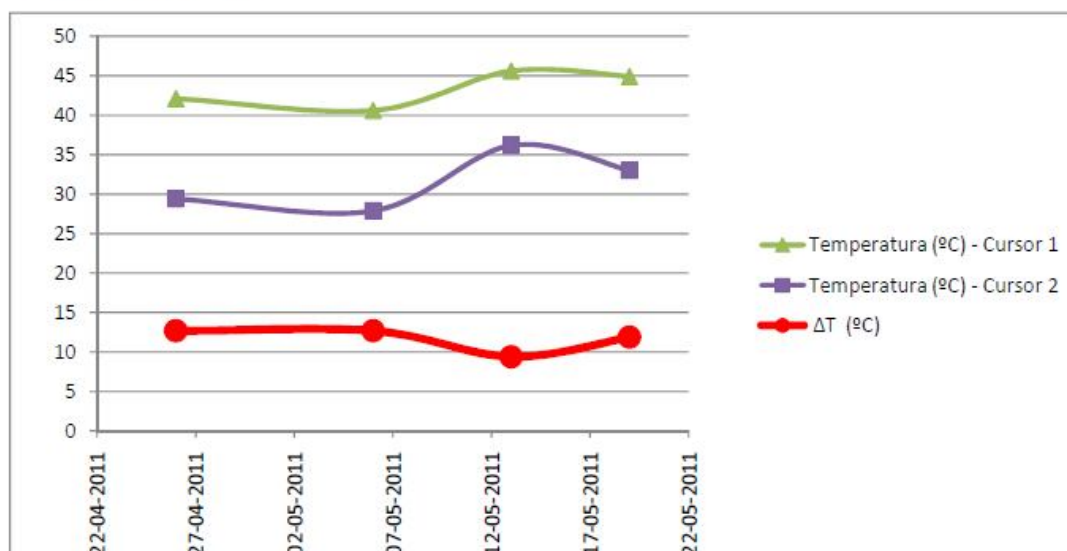


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	44,9
Cursor 2 (°C):	33
Diferencial (°C):	11,9

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

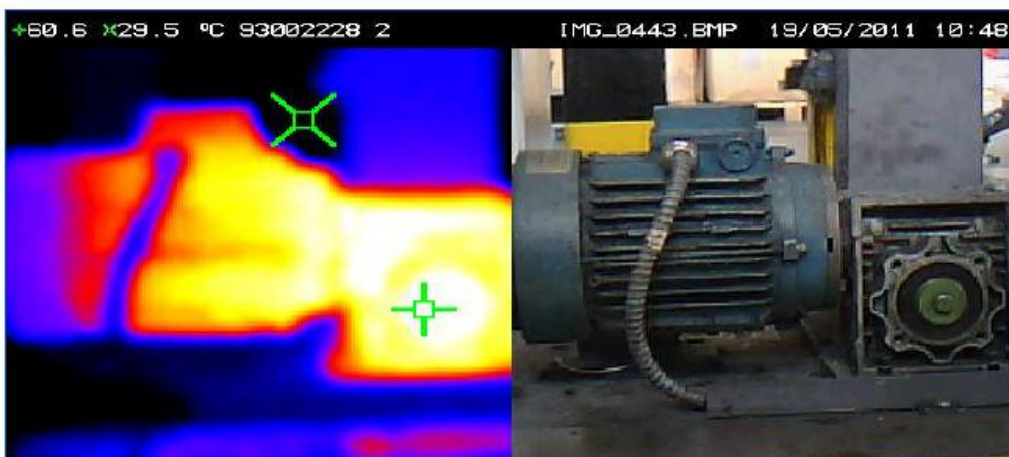
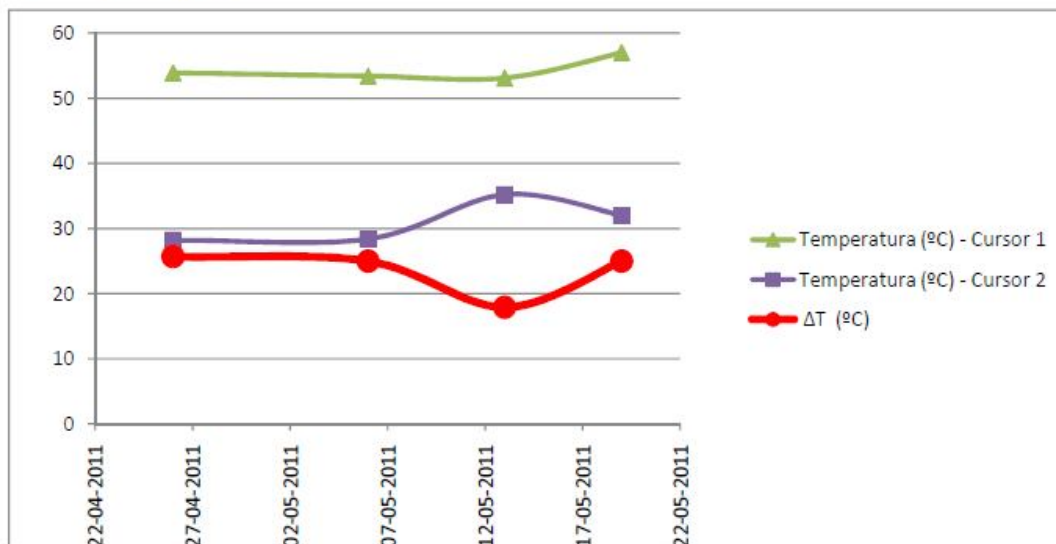


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	57
Cursor 2 (°C):	32
Diferencial (°C):	25

2. Análise Termográfica

Célula:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

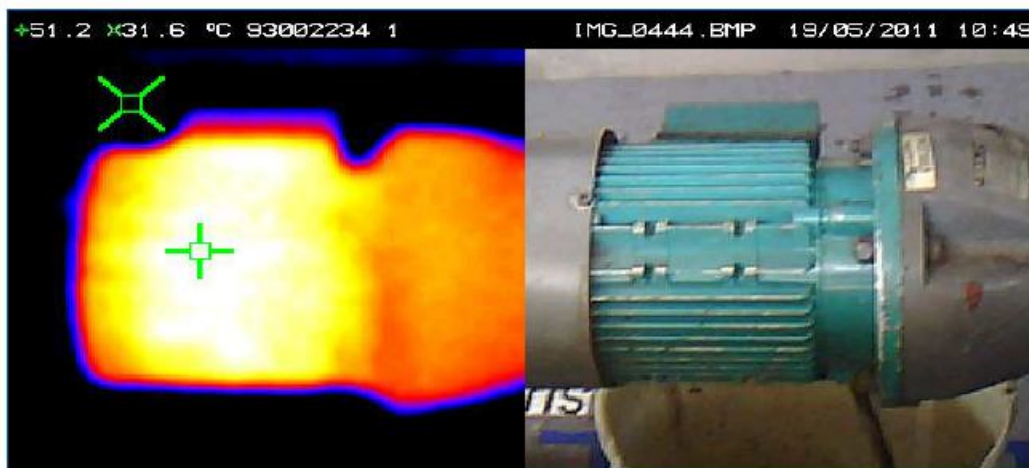
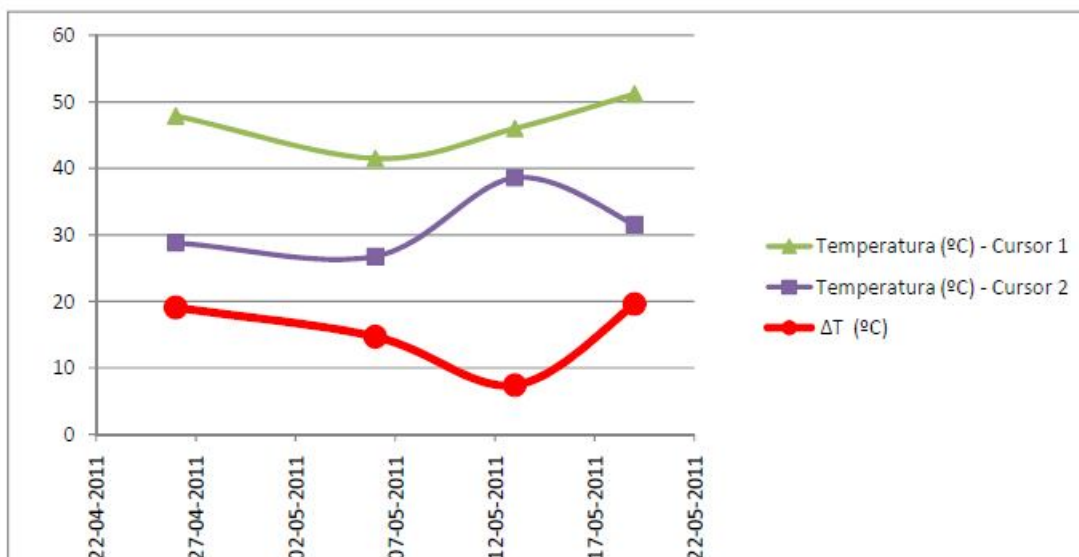


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	51,2
Cursor 2 (°C):	31,6
Diferencial (°C):	19,6

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

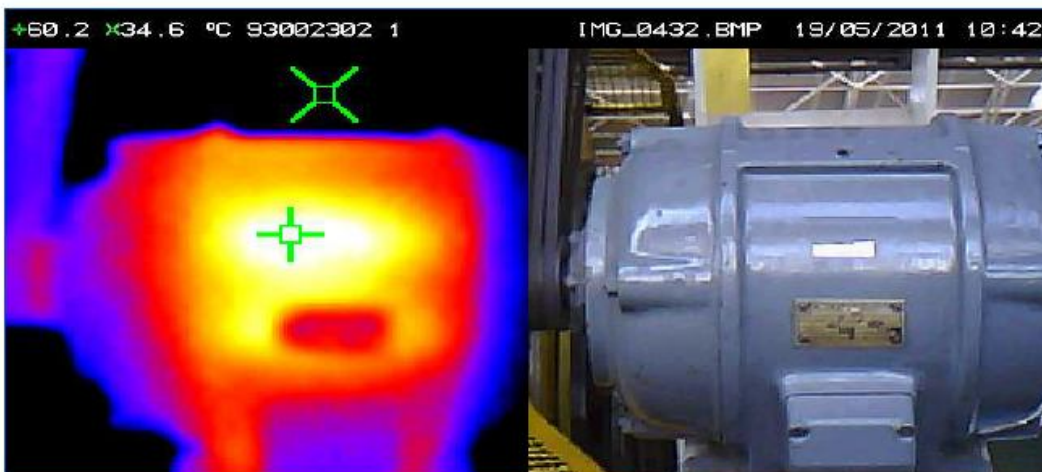
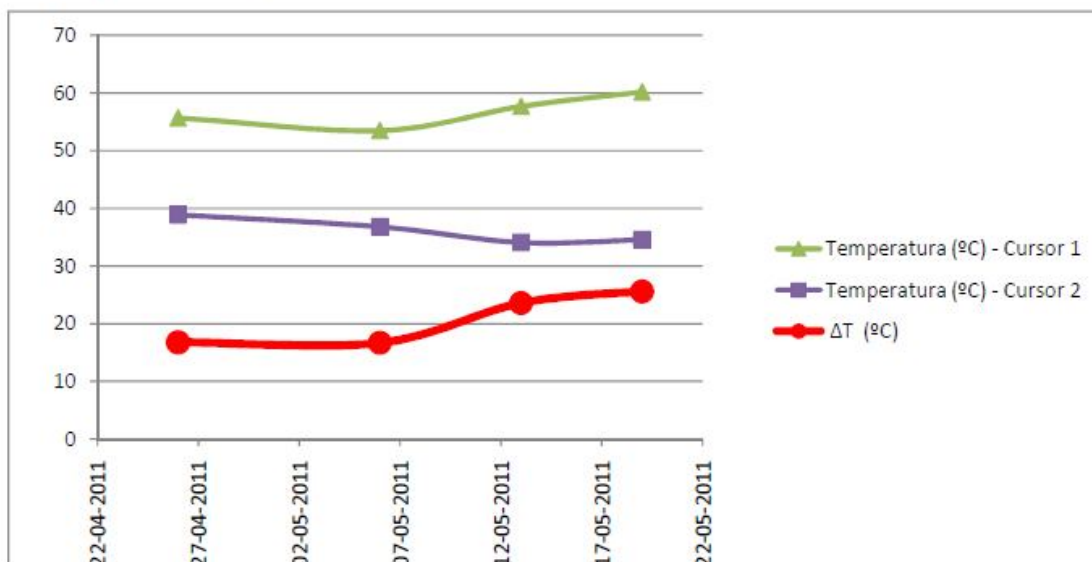


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	60,2
Cursor 2 (°C):	34,6
Diferencial (°C):	25,6

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

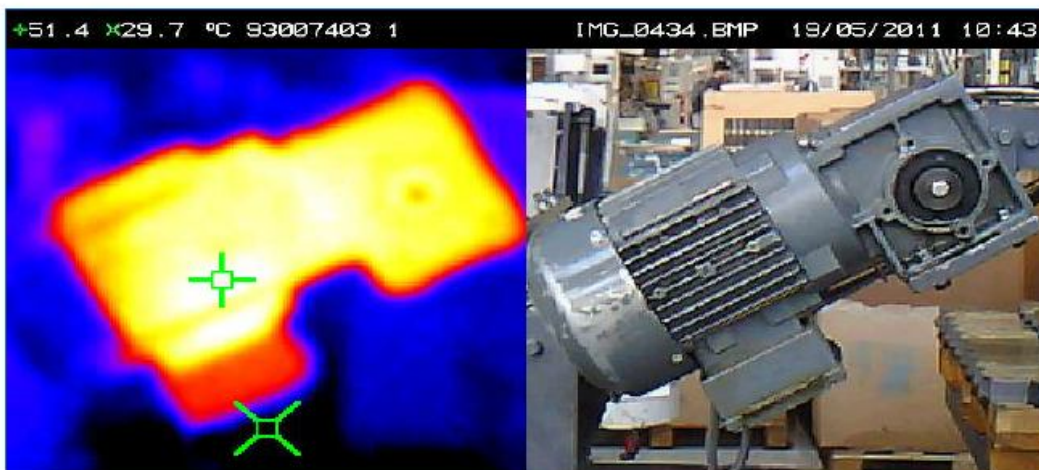
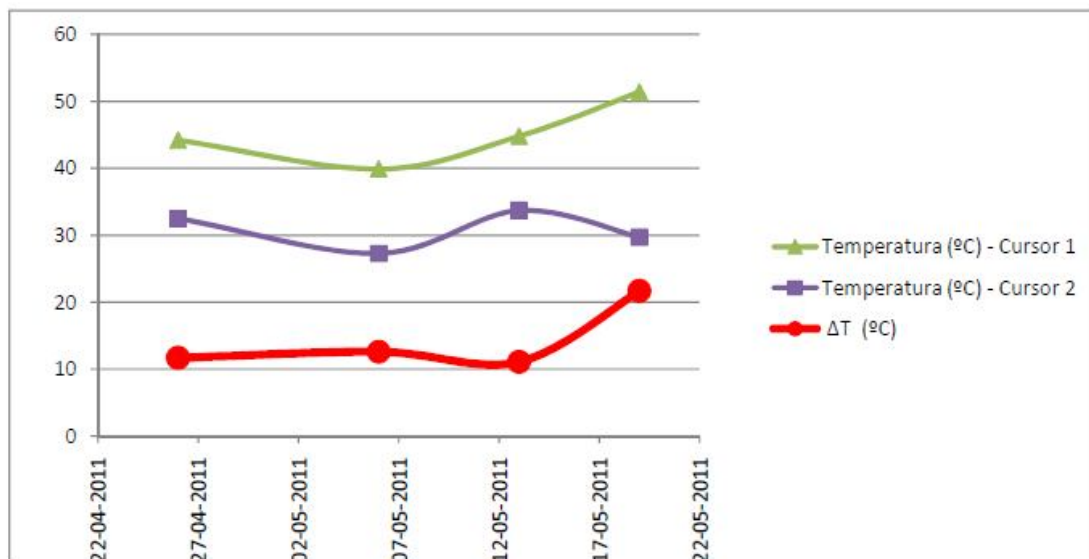


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	51,4
Cursor 2 (°C):	29,7
Diferencial (°C):	21,7

2. Análise Termográfica

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:

2.1 Termografia

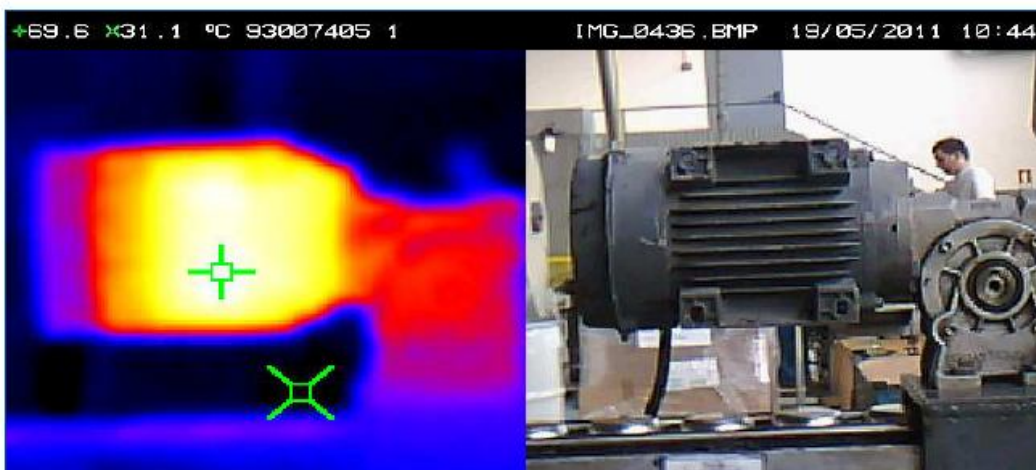
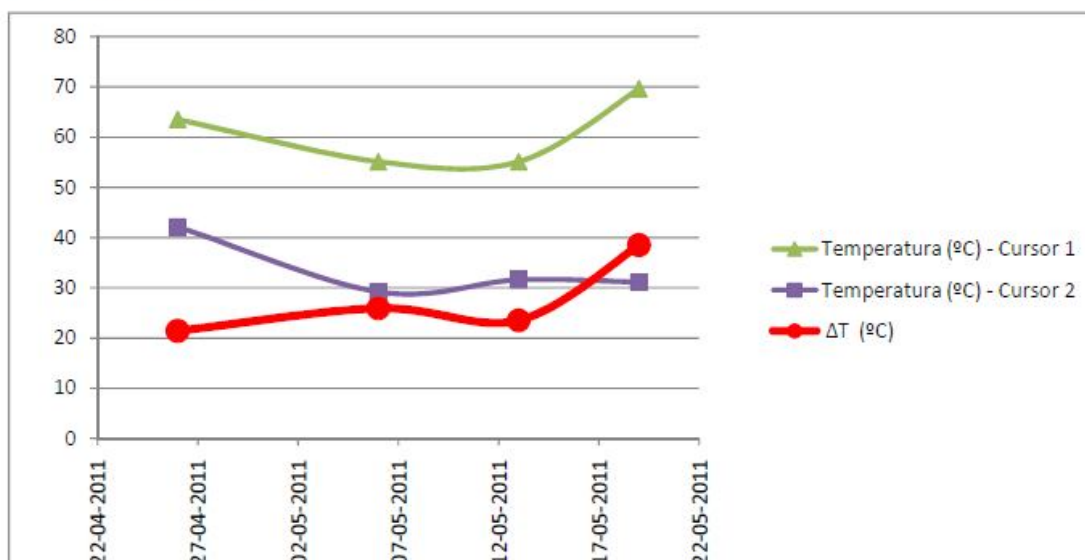


Figura 1 - Imagem Termográfica (Esquerda), Imagem Visível (Direita)

2.2 Temperatura (°C)



Medição de Temperatura

Cursor 1 (°C):	69,6
Cursor 2 (°C):	31,1
Diferencial (°C):	38,5

Anexo E – Medições de tensão nas correias e alinhamento de polias

3. Análise Tensões

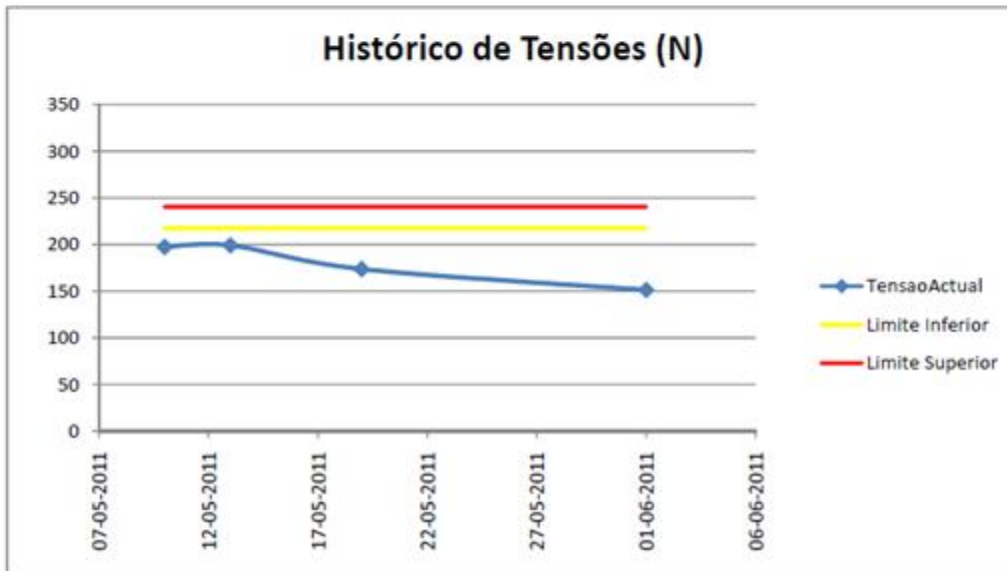
Célula:	AER5
Linha:	L39
Nº Equipamento:	21000349
Nome Equipamento:	PRENSA AUTOMÁTICA 1º Transmissão

Máquina Motora	
Potência (cv):	7
rpm da polia motora:	945
Diâmetro da polia motora (mm):	80

Máquina Movida	
Diâmetro da polia movida (mm):	160

3.1 Medições de Tensão

Correia:	V-Belts	Tipo de Correia:	SK - SPZ
Nº de Correias:	4	Distância entre eixos (mm):	485



3. Análise Tensões

Célula:	AER5
Linha:	L39
Nº Equipamento:	21000349
Nome Equipamento:	PRENSA AUTOMÁTICA 2ª Transmissão

Máquina Motora

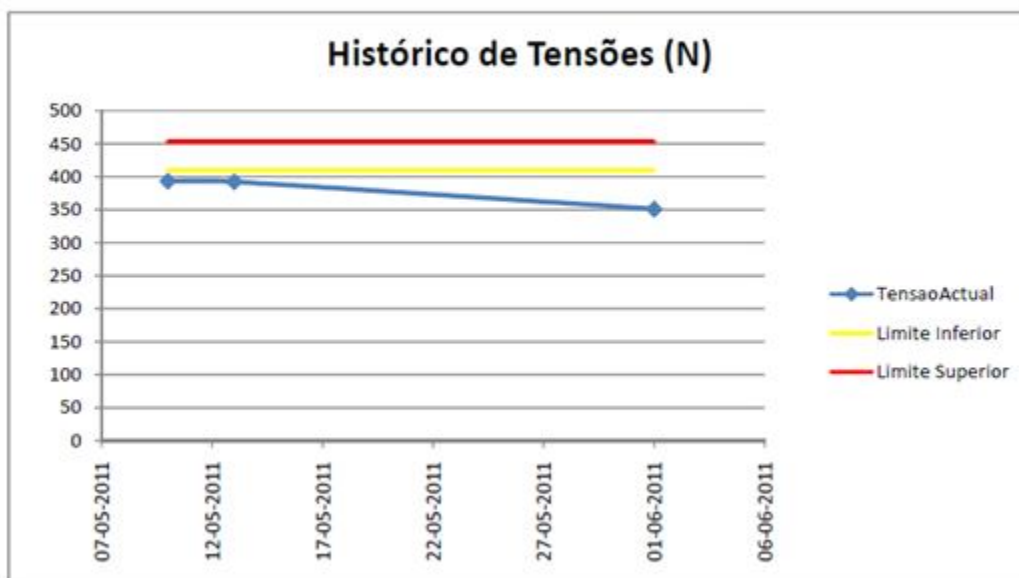
Potência (cv):	7
rpm da polia motora:	520
Diâmetro da polia motora (mm):	80

Máquina Movera

Diâmetro da polia movera (mm):	800
--------------------------------	-----

3.1 Medições de Tensão

Correia:	V-Belts	Tipo de Correia:	SK - SPZ
Nº de Correias:	4	Distância entre eixos (mm):	650



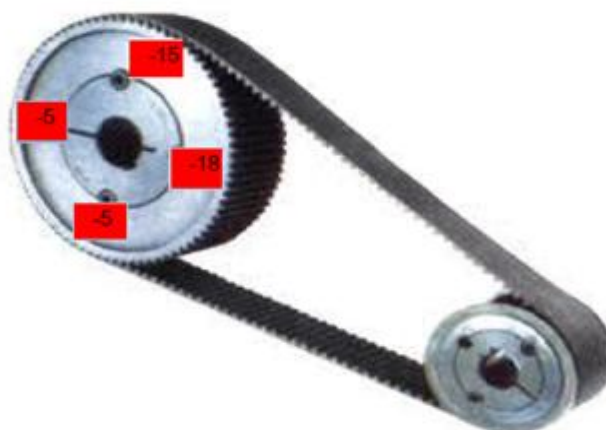
4. Alinhamento de Polias

Célula:

Linha:

Nº Equipamento:

Nome Equipamento:



4.1 Histórico Alinhamento

