



Manutenção na produção de cabos elétricos: Caracterização e implementação de melhorias

RUI MANUEL ALMEIDA PINTO

Outubro de 2015

Rui Manuel Almeida Pinto

Dissertação de Mestrado

Manutenção na produção de cabos elétricos:
Caracterização e implementação de melhorias

Orientador: Professor Doutor Paulo António Da Silva Avila
Coorientador Professor João Augusto De Sousa Bastos



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Departamento de Engenharia Mecânica
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Candidato: Rui Manuel Almeida Pinto, N° 1130252, 1130252@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Doutor Paulo António Da Silva Avila,
psa@isep.ipp.pt

Empresa: Cabelte, SA



Mestrado em Engenharia mecânica e Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

19 de outubro de 2015

Agradecimentos

O meu primeiro agradecimento não poderia deixar de ser para a Cabelte S.A. por me ter dado a oportunidade de assumir a responsabilidade de chefiar o setor de manutenção de uma das suas unidades e de fazer parte dos seus quadros de pessoal. Um agradecimento especial a todos os meus colaboradores pela ajuda, dedicação e empenho em acrescentar valor na organização e contribuir para melhorar os resultados do setor da manutenção. Em particular, quero agradecer ao Eng.º Paulo Ribeiro pela confiança, pelos conhecimentos transmitidos, pelos ensinamentos e por toda a responsabilidade que me confiou na unidade de Ribeirão da Cabelte S.A..

Este trabalho não poderia ter sido realizado sem o apoio do meu orientador no ISEP, Professor Doutor Paulo Avila, ao qual agradeço todo o incentivo e apoio, e por todos os contributos no desenvolvimento da tese e escrita da mesma.

Quero ainda agradecer a toda a minha família pelo tempo que lhes “roubei” e à qual dedico também este trabalho.

Resumo

O Grupo Cabelte S.A. tem 3 unidades de produção na fábrica de Ribeirão produzindo fios e cabos elétricos de cobre e alumínio com características distintas que são exportados para diferentes continentes. A fábrica tem um ciclo de trabalho de 7 dias/semana e 24 horas/dia. Neste contexto, a manutenção desempenha um papel fulcral no atingimento dos objetivos de produção e no sucesso da empresa. O objetivo principal desta dissertação foi avaliar o estado do parque de equipamentos existentes na Cabelte S.A. e implementar diversas melhorias técnicas que consistiram i) na otimização do armazém de peças de reserva; ii) na instalação de novo elevador de carga na fundição; iii) na instalação de novos queimadores nos fornos de espera da fundição; iv) na instalação de sistema de aspiração na fundição; v) na reconversão de uma trefiladora multifilar; vi) na alteração do enrolador de fio máquina; vii) na aplicação de um carro carregador a uma cableadora planetária.

O decréscimo do índice semanal de horas de equipamentos em avaria tem vindo a diminuir, no entanto, a uma velocidade inferior à pretendida. A introdução de novas máquinas e a reformulação de outras tem consumido recursos humanos, o que tem condicionado a capacidade de resposta da equipa de manutenção. Pretende-se evoluir para um sistema de manutenção preditivo, equilibrado e otimizado face aos recursos e às necessidades, que garanta o correto funcionamento de todos os sistemas e equipamentos. Planeia-se a aplicação de algumas das técnicas mais usadas, em particular, a medição de vibrações, a termografia e a análise aos óleos de lubrificação.

Palavras-Chave

Produção de cabos elétricos; Manutenção; Trefiladoras; Fornos de fundição; Elevador de cargas.

Abstract

The Cabelte S.A. Group has three production facilities in the factory of Ribeirão, Familiarão (Portugal), producing electrical wire and cable in copper and aluminum with different characteristics. These products are exported to different continents. The plant has a working cycle of 7 days / week and 24 hours / day. In this context, maintenance plays a crucial role in the achievement of the production goals and in the success of the company.

The main aim of this thesis was to evaluate the conditions of the existing equipments in Cabelte S.A. and implement various technical improvements which consisted in i) the optimization of the warehouse of spare parts; ii) the installation of a new freight elevator in foundry; iii) the installation of new burners in the furnaces foundry; iv) vacuum system installation in foundry; v) the conversion of a multiwire drawing machines; vi) changes in the wire winding machine; vii) application of a car charger to the bunching machines.

The decrease in the weekly rate of hours of equipment malfunction has been declining, however, at a lower speed than desired. The introduction of new machinery and the reformulation of others have consumed human resources, which has conditioned the response capacity of the maintenance team. It is intended to develop into a predictive maintenance system, balanced and optimized given the resources and needs, ensuring the correct operation of all systems and equipments. It is also intended to apply some of the main applied techniques, such as the measurement of vibration, thermography and analysis of the lubrication oils.

Keywords

Production of electric cables; Maintenance; Wire drawing machines; Foundry Furnaces; freight elevator.

Índice

<i>Agradecimentos</i>	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice	iv
Índice de tabelas	iv
Índice de figuras	vii
1 Introdução	1
1.2 Contexto	2
1.3 Objetivo	2
1.4 Estrutura de relatório	2
2 Apresentação empresa e caracterização do problema	3
2.1 Política da qualidade	4
2.2 Política ambiental	5
2.3 Política de higiene e segurança no trabalho	5
2.5 Jornada laboral da empresa	6
2.6 Mercados	6
2.7 Caracterização da produção e meios envolvidos	6
Implantação – de processo	13
Fluxo de materiais – contínuo	133
Relação com os clientes – fabrico por encomenda	144
Quantidades produzidas – grandes séries	144
Tipologia dos produtos – convergente	144
Variabilidade dos produtos – semelhantes	14
Gama operatória – semelhantes	15
Natureza dos produtos – processo	15
Caracterização da procura – variável	15
3 Revisão bibliográfica dos modelos/técnicas de manutenção	16
3.1 A gestão da manutenção e sua evolução	16
3.2 A função da Manutenção na indústria	18
3.3 Objetivos gerais da manutenção	18
3.4 Tipos de manutenção	19
3.4.1 Manutenção corretiva	20
3.4.2 Manutenção preventiva	20
3.4.2.1 Manutenção preditiva	21
3.4.2.2 Vantagens Competitivas da Manutenção Preditiva	24
3.5 Novos modelos organizacionais da manutenção	26
3.5.1 Objetivos do TPM	26
3.5.2 As regras básicas do TPM	27

3.5.3 Os pilares do TPM.....	27
4 Caracterização do problema	30
4 1. Avaliação	30
5. Projetos executados	35
5.1 Projeto 1 - otimização do armazém de peças de reserva	35
5.2 Projeto 2 - instalação de novo elevador de carga no upr fundição	36
5.3 Projeto 3 - instalação de novos queimadores nos fornos de espera na fundição	37
5.4 Projeto 4- instalação de sistema de aspiração na upr fundição	37
5.5 Projeto 5 – reconversão de uma trefiladora multifilar	38
5.6 Projeto 6 – alteração do enrolador de fio máquina.	40
5.7 Projeto 7 – aplicação de um carro carregador de uma cableadora planetária.	41
Propostas para trabalho futuro	42
Bibliografia	45

Índice de tabelas

Tabela 1. Tipologia do sistema produtivo da Cabelte S.A.	13
Tabela 2 – Dados de avaliação da atuação da manutenção na resolução de avarias	30
Tabela 3 – Recomendação da duração de número de horas em condições de trabalho	44

Índice de Figuras

Figura 1 - Máquina trefiladora unifilar	7
Figura 2 - Máquina trefiladora multifilar NIEHOFF	7
Figura 3 - Máquina cableadora NIEHOFF	8
Figura 4 - Fotografia representativa da matéria – prima da UPR cobre	8
Figura 5 - Forno de fusão vertical	9
Figura 6 - Fornos de estágio	10
Figura 7 – Laminador	10
Figura 8- Elevador Monta-cargas	11
Figura 9 - Fotografia representativa da matéria-prima UPR fundição	11
Figura 10 - Fotografia representativa da matéria-prima da UPR alumínio	12
Figura 11 - Classificação dos tipos de manutenção. Fonte: Norma NP EN 13306 de 2007	20
Figura 12- Vantagens da aplicação da manutenção preditiva	25
Figura 13 - Parâmetros que influenciam OEE	29
Figura 14 – Armazém antes da intervenção	31
Figura 15 - Queimadores dos fornos unidade de fundição	32
Figura 16 - Avaria na caixa de engrenagens de uma trefiladora unifilar	33
Figura 17 -Avaria num redutor FLENDER	34
Figura 18 – Reorganização do armazém de peças de reserva	35
Figura 19 - Novo elevador de carga implementado unidade de fundição	36
Figura 20- Novos queimadores montados na unidade de fundição	37
Figura 21 - Chaminés com extração forçada das hotes dos fornos de espera	38
Figura 22 - Veios da trefiladora Multifilar apresentado alto desgaste	39
Figura 23- Remodelação de uma trefiladora multifilar	40
Figura 24 – Enrolador de fio máquina	41
Figura 25 – Projeto de carro para carga e descarga de uma cableadora	42

1 Introdução

O trabalho correspondente a esta dissertação de conclusão do Mestrado em Gestão Industrial de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto foi realizado no Departamento de Manutenção da unidade do grupo Cabelte S.A. em Ribeirão, Vila Nova de Famalicão. A manutenção corresponde a uma das três funções técnicas vitais das indústrias e deve estar em cooperação permanente com a Produção.

O período de queda acentuada da economia mundial, e sobretudo da Portuguesa que afetou drasticamente particulares e empresas, reduziu o investimento afetando negativamente o desempenho de algumas setores. Com o surgimento de sinais de alguma vitalidade económica, e acreditando que o crescimento económico vai manter-se durante alguns anos, as organizações tentam agora recomporem-se e crescer de forma gradual e sustentada as suas áreas de negócio. Nas organizações onde a atividade é a transformação de matéria-prima em produtos de consumo, como é o caso da Cabelte S.A., torna-se premente otimizar as diferentes áreas de contribuição de valor acrescentado ao negócio de forma a minimizar os custos, minimizar stocks e maximizar os lucros. As organizações, além do objetivo principal de maximização do lucro, são obrigadas a aplicar e cumprir a legislação, quer nacional quer Europeia, no âmbito do Ambiente, Higiene e Segurança no trabalho. A manutenção participa ativamente em todas estas áreas contribuindo decisivamente para o desempenho global da organização. Acresce ainda que os parques industriais e os seus sistemas são cada vez mais avançados tecnologicamente, complexos e onerosos requerendo cada vez mais mão-de-obra altamente especializada.

1.2 Contexto

A Cabelte S.A. trabalha em contínuo 24 h por dia com uma cadência de produção elevada. Neste contexto, a manutenção desempenha um papel fulcral no atingimento dos objetivos de produção. No entanto, a manutenção, pela quantidade alargada de equipamentos da qual é responsável e pelo reduzido tamanho da equipa, precisa claramente de um novo modelo operacional.

1.3 Objetivo

O objetivo desta dissertação foi avaliar o estado do parque de equipamentos existentes na Cabelte S.A. e implementar diversas melhorias técnicas. Consistiu ainda como objetivo definir linhas de orientação com vista a melhorar significativamente a manutenção, e implementar um sistema de manutenção preditiva, equilibrado e otimizado face aos recursos e às necessidades, que garanta o correto funcionamento de todos os sistemas e equipamentos.

1.4 Estrutura de relatório

No capítulo 1 é feita uma breve introdução e contextualização do trabalho, definindo-se também o objetivo do trabalho. No capítulo 2 é feita a apresentação da empresa onde foi efetuado o estudo. No capítulo 3 apresentam-se os modelos e técnicas de manutenção e caracterizam-se as várias visões da manutenção terminando este capítulo com uma abordagem superficial à metodologia Manutenção Produtiva Total (TPM). No capítulo 4 é caracterizado o problema alvo desta dissertação. No capítulo 5 apresentam-se os vários projetos implementados e as melhorias introduzidas no sistema produtivo. Finalmente, apresentam-se propostas para trabalho futuro.

2 Apresentação empresa e caracterização do problema

Destacadamente líder nacional e um dos mais importantes a nível Europeu, o Grupo Cabelte posiciona-se, hoje em dia, no desenvolvimento e conceção de sistemas e soluções nas áreas de energia e telecomunicações, focalizando a sua atividade na produção de cabos de energia de baixa, média e alta tensão, cabos de telecomunicações de fibra ótica e de cobre, e fios automóveis. Com cerca de 680 colaboradores, contando com 3 pólos industriais no espaço ibérico e várias subsidiárias na Europa, África e América do Sul, o Grupo Cabelte continua o seu esforço sustentado de investimento e internacionalização, melhoria da rentabilidade interna e capacidade de resposta às exigências dos mercados nacional e internacional. Disponibilizar produtos de alta qualidade, desenvolver soluções específicas e sistemas de cablagem integrados, são alguns dos aspetos chave responsáveis pela sua história de sucesso.

A casa mãe Cabelte S.A. - Produção de cabos elétricos e fios telefónicos foi constituída em Maio de 1970. Tendo sido a fundadora do grupo Cabelte S.A.

O grupo Cabelte S.A. tem um capital Social de 13.945.000, emprega 680 pessoas e exporta 80% de uma faturação da ordem dos 250 milhões de euros.

O Grupo Cabelte S.A. está dividido em 5 Empresas:

- ✓ CABELTE – Produção de cabos de alta e média tensão;
- ✓ CABELTE BT – Produção de cabos de baixa tensão;
- ✓ CABELTE METALS – Fundição de Alumínio e Reciclagem;
- ✓ CABELAUTO – Produção de cabos para Indústria Automóvel;
- ✓ INCASA – Empresa situada em Espanha que produz condutores elétricos de alumínio de baixa e média tensão, para uso aéreo e subterrâneo.

O grupo de empresas dedica-se à produção dos seguintes produtos:

- Cabos elétricos, Flexíveis para uso Doméstico e Industrial;
- Cabos de telecomunicações
- Cabos para aplicações especiais
- Fibra ótica
- Fabrico de Condutores elétricos para a Indústria Automóvel;

2.1 Política da Qualidade

▪ 2.1.1 Visão

O Grupo Cabelte S.A. persegue o ideal de ser o melhor fornecedor na respectiva área de trabalho.

Os valores básicos que são defendidos no dia-a-dia:

- ✓ Primado do cliente;
- ✓ Excelência na atividade;
- ✓ Aposta nas pessoas.

▪ 2.1.2 Missão

A missão do grupo CABELTE S.A.

- ✓ Produzir e fornecer condutores elétricos melhor e mais rapidamente do que a nossa concorrência, consolidando um regime de parceria com os clientes, por forma a garantir a sua satisfação;
- ✓ Empenhar-se na melhoria contínua dos seus processos, produtos e serviços para garantir a competitividade, garantindo a sustentabilidade do negócio;
- ✓ Obter resultados compensadores para os acionistas, e que assegurem a independência da empresa e financiem o seu desenvolvimento.
- ✓ Promover a comunicação interna entre todos os colaboradores, mobilizando competências e talentos para o desenvolvimento de uma equipa coesa, flexível, aberta à mudança e à inovação;

- ✓ Desenvolver as atividades, produtos e serviços com uma preocupação contínua no Ambiente de Trabalho, na preservação do Meio Ambiente, na Prevenção da Poluição e no cumprimento dos Requisitos Legais e Regulamentares.

2.2 Política Ambiental

▪ 2.2.1 Visão Ambiental

O ideal perseguido é preservar o ambiente e a prevenção da poluição dentro da nossa área de atividade;

▪ 2.2.2 Missão Ambiental

- ✓ Desenvolver as atividades, produtos e serviços garantindo o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis e de outros requisitos subscritos relativos aos aspetos ambientais;
- ✓ Promover a utilização racional dos recursos naturais através da melhoria da rentabilidade dos processos, da redução dos consumos, e da segregação, reciclagem e reutilização dos desperdícios;
- ✓ Incentivar a formação, comunicação e sensibilização de todos os colaboradores na área ambiental de forma a motivar a participação generalizada na melhoria contínua dos processos, produtos e serviços e no cumprimento dos objetivos e metas ambientais estabelecidos;
- ✓ Utilizar processos, produtos e serviços menos agressivos para o ambiente e para a saúde humana.

Incentivar o desenvolvimento de melhores práticas ambientais junto dos fornecedores, clientes e outras partes interessadas.

2.3 Política de higiene e segurança no trabalho

Promover e fortalecer o sistema de gestão da segurança, consistente com outros sistemas e políticas de gestão da organização, estabelecendo a estrutura organizacional, as responsabilidades e os recursos necessários à sua

implementação, tomando como estratégia a gestão por objetivos e como meta o cumprimento dos requisitos da norma OHSAS 18001.

- Conhecer e cumprir os requisitos da norma, legais e regulamentares e outros requisitos que a organização subscreva, em matéria de segurança e saúde do trabalho.
- Buscar a melhoria contínua da eficácia do sistema de Gestão da Segurança, promovendo a aplicação das melhores práticas disponíveis na identificação e avaliação dos riscos para as pessoas decorrentes das atividades e dos processos produtivos;
- Assegurar o envolvimento e melhoria de satisfação de todos os colaboradores da empresa, comprometendo-os, responsabilizando-os e empenhando-os na obtenção de padrões de excelência na segurança e saúde no trabalho, estimulando a capacidade de iniciativa e de trabalho em equipa, através de adequada comunicação, formação profissional e competência técnica.
- Adotar e promover uma atitude de abertura à comunicação e divulgação da política de segurança a todas as partes interessadas.

2.5 Jornada laboral da empresa

A empresa trabalha 24 horas/dia, 7 dias/semana, que se dividem em 3 turnos diários (6:00 às 14:00 horas; 14:00 às 22:00 horas; 22:00 às 6:00 horas) durante os dias úteis e em dois turnos ao fim de semana (6:00 às 18:00 horas; 18:00 às 6:00 horas).

2.6 Mercados

A Cabelte S.A. fabrica produtos que se destinam aos mercados das telecomunicações, energia, transportes, edifícios e infraestruturas, indústria automóvel, gás petrolífera e petroquímica.

2.7 Caracterização da produção e meios envolvidos

A UPR Cobre dispõe de um vasto parque de máquinas, nomeadamente, máquinas trefiladoras unifilares (figura 1) e multifilares (figura 2), máquinas

cableadoras (figura 3), Linhas de extrusão de fio auto, Linhas de extrusão de fio flexível e Grupos de medição.



Figura 1 - Máquina trefiladora unifilar.



Figura 2 - Máquina trefiladora multifilar NIEHOFF

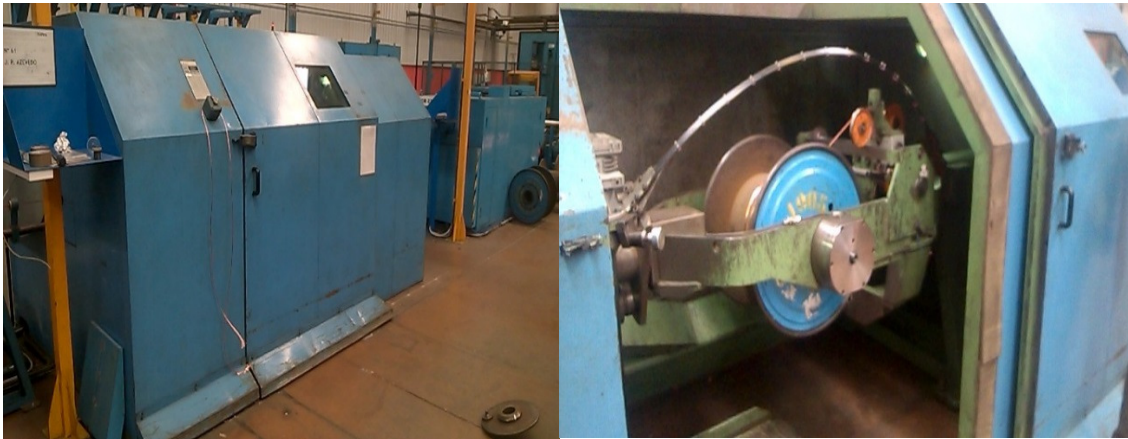


Figura 3 - Máquina cableadora NIEHOFF

Esta unidade dedica-se à produção de cabos e fios para automóveis e fios flexíveis. A UPR-cobre recebe como matéria-prima o fio de cobre no diâmetro de 8 mm como se ilustra na figura 4.



Figura 4 - Fotografia representativa da matéria – prima da UPR cobre.

A primeira etapa do processo de transformação consiste na trefilagem unifilar, isto é o fio passa por uma sequência de feiras onde, pelo processo de deformação mecânica, vai sofrendo alongamentos obtendo-se um fio mais fino com diâmetro pré-definido. Estes fios mais finos são depois agrupados em

determinadas quantidades e são novamente sujeitos a nova trefilagem onde se obtêm fios com diâmetros muito mais finos (trefilagem multifilar). As bobines de fio entram no sector do cableamento. Este processo consiste em entrelaçar os vários fios nas configurações que os clientes necessitam. O processo de fabrico do fio termina com o seu isolamento que consiste na cobertura do cobre com um polímero. Este polímero é obtido numa linha de extrusão, constituída por desenroladores, tensor do fio, diversas extrusoras, por um sistema de arrefecimento com água, secagem por ar comprimido, ventilação forçada e por um enrolador de bobines.

A UPR fundição dispõe de um vasto parque de máquinas, nomeadamente, Forno vertical de fusão (figura 5) e fornos de estágio (figura 6), laminador (figura 7), elevador de cargas a alimentar o forno vertical (figura 8), encestador e enroladores de bobines.



Figura 5 - Forno de fusão vertical



Figura 6 - Fornos de estágio



Figura 7 - Laminador



Figura 8 - Elevador Monta-cargas.

Esta unidade dedica-se a fundição de lingotes de alumínio (Figura 9) e transforma-os em fio de 9 mm para os abastecer as outras unidades, nomeadamente à UPR alumínio e à fábrica de Incasa em Pamplona (Espanha). A UPR fundição recebe lingotes de alumínio que pelo processo de fundição, seguido de laminagem produz fio de alumínio na espessura de 9 mm. A sua capacidade de produção é de aproximadamente 100 toneladas por dia.



Figura 9 - Fotografia representativa da matéria-prima UPR fundição.

A UPR alumínio dedica-se à produção de cabos para baixa tensão e usa como matéria-prima o alumínio. Em relação ao alumínio, a UPR alumínio recebe da UPR fundição varão de 9 mm de alumínio como se pode verificar na (figura 10) e trefila-o para os diâmetros mais finos que, por sua vez, vão ser entrançados com um conjunto de fios para originar fios de secções mais altas.



Figura 10 - Fotografia representativa da matéria-prima da UPR alumínio.

▪ 2.7.1 Classificação do sistema de produção

Um sistema produtivo é classificado, regra geral, tendo em conta os seguintes parâmetros: a implantação dos recursos produtivos; os fluxos dos materiais; a relação com o cliente; as quantidades fabricadas dum mesmo produto; a tipologia da estrutura dos produtos; a variabilidade dos produtos produzidos; a gama operatória; a natureza dos produtos; as condições de mercado; a sua organização; e a produção no espaço. Na tabela 1 é feita a análise dos processos e sua classificação para a empresa em estudo.

Tabela 2. Tipologia do sistema produtivo da Cabelte S.A.

IMPLANTAÇÃO	Implantação de processo
FLUXO DE MATERIAIS	Contínuo
RELAÇÃO COM O CLIENTE	Fabrico por encomenda
QUANTIDADES PRODUZIDAS	Grandes séries
TIPOLOGIA DOS PRODUTOS	Convergente
VARIABILIDADE DOS PRODUTOS	Semelhante
GAMA OPERATÓRIA	Semelhante
NATUREZA DOS PRODUTOS	Processo
CARACTERIZAÇÃO DA PROCURA	Procura variável
ORGANIZAÇÃO	Rígida
PRODUÇÃO NO ESPAÇO	Concentrada

Implantação – de processo

Caracteriza-se por processos dispostos sequencialmente de acordo com o processo de fabrico sendo estes processos praticamente ligados fisicamente.

Fluxo de materiais – Contínuo

Caracteriza-se por ter uma sequência de operações bem definida. Os processos apresentam operações de precedência e subsequentes, de tal maneira que acompanham uma sequência linear. Contínuo, pois as operações são processadas de tal forma que uma não atrasa a outra.

Relação com os clientes – Fabrico por encomenda

A empresa em estudo opta por utilizar um método de produção por encomenda, ou seja o processo de fabrico apenas é iniciado após o pedido do cliente, e no entanto existem alguns clientes em que a empresa tem que garantir uma entrega imediata o que implica produzir para stock mesmo que seja em pequena quantidade.

Quantidades produzidas – Grandes séries

Baixa diversidade de produtos produzidos e volumes elevados, geram alguns armazenamentos porque alguns meios de produção são utilizados no fabrico de outros produtos o que provoca esperas e geram também armazenamentos intermédios.

Tipologia dos produtos – Convergente

O produto final aparece numa sequência de matérias-primas que vão sendo acrescentadas, que inicia com o fio de cobre e termina no seu revestimento com um polímero podendo ser acrescentado outros subprodutos consoante as encomendas dos clientes.

Variabilidade dos produtos – Semelhantes

Os produtos apresentam um elevado grau de uniformidade, podendo por isso ser classificados como semelhantes. As especificações que mais divergem são os diâmetros internos e externos dos fios, bem como os materiais e tratamentos utilizados nos seus acabamentos.

Gama operatória – Semelhantes

Em relação a gama operatória, as várias operações de fabrico são maioritariamente idênticas em toda a diversidade de produtos fabricados.

Natureza dos produtos – Processo

Em relação a natureza dos produtos é classificada como produção de processo porque não existe separação das unidades do produto.

Caracterização da procura – Variável

Em relação à caracterização da procura esta é variável porque depende das necessidades dos clientes.

3 Revisão bibliográfica dos modelos/técnicas de manutenção

Manutenção é o conjunto de ações técnicas e administrativas destinadas a manter em condições aceitáveis as instalações e os equipamentos industriais de forma a assegurar o funcionamento, a qualidade e a segurança na produção com o mínimo de custos. Manutenção pode ainda ser definida como a combinação das ações de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens, para a otimização dos seus ciclos de vida (segundo proposta de NP- Norma Portuguesa). As normas habitualmente aplicadas são as seguintes:

- Norma AFNOR FDX 60-000:2002 – Maintenance Industrielle - Fonction Maintenance •
- Norma NP EN 13306:2007 – Terminologia da Manutenção;
- Norma NP EN 13269:2007 – Manutenção - Instruções para a Preparação de Contratos de Manutenção;
- Norma NP EN 13460:2009 - Manutenção – Documentação para a Manutenção;
- Norma NP EN 15341:2009 – Manutenção - Indicadores de Desempenho (KPI)

3.1 A gestão da manutenção e sua evolução

A manutenção segundo alguns autores (Cristiano Bertulucci Silveira) teve uma evolução histórica que pode ser dividida em três gerações:

- 1ª Geração até aos anos 50:

Concerto após avaria.

- 2ª Geração de 1950 até 1980:

Revisões gerais planeadas; Sistema de planeamento e controlo de trabalho; Computadores grandes e lentos.

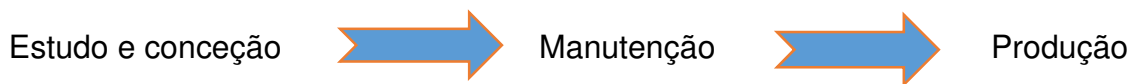
-3ª Geração de 1980 até 2010

Monitorização das condições; Projeto visando a confiabilidade e a facilidade de manutenção; Estudos sobre riscos; Computadores pequenos e rápidos; Sistemas especializados; Versatilidade e trabalho em equipa; Modos de falha e análise dos efeitos.

Nos últimos anos a manutenção e a gestão de equipamentos tornaram-se tão importantes quanto qualquer outra disciplina da área da gestão. O forte crescimento dos volumes de produção nas indústrias foi impulsionado pelo desenvolvimento tecnológico das empresas que cada vez vendem mais produtos e geram mais lucro. Tornou-se de fundamental importância para a sobrevivência dos negócios manter a confiabilidade operacional dos equipamentos. Cada paragem de um equipamento tem como consequência uma perda de lucro da empresa, apelidado de lucro cessante. Além deste fator, existe ainda o custo de manutenção que é, nos nossos dias, um dos maiores ou senão mesmo o maior custo operacional das empresas. Todos estes fatores despoletaram no ambiente industrial uma explosão de novos conceitos e técnicas de manutenção com o objetivo de maximizar a confiabilidade operacional. Surge assim um novo desafio na manutenção com os conceitos de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) "*Reliability-Centred Maintenance*" que segundo John Moubray se define como "um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus utilizadores querem que ele faça no seu contexto operacional presente". A monitorização e registo sistemático de falhas possibilitam criar um histórico dos equipamentos que, utilizando as ferramentas informáticas adequadas, permitem aos decisores de área da manutenção identificar o melhor momento para intervir nos equipamentos, sem provocar grandes perdas na cadeia de produção.

3.2 A função da Manutenção na indústria

A indústria está dividida em três grandes funções técnicas:



É imprescindível a existência e um equilíbrio constante entre a Produção e a Manutenção porque existe, cada vez mais, uma série de tarefas e meios que estão constantemente a se sobrepor entre estas duas áreas. Estas duas áreas têm em comum os mesmos objetivos (produtividade, qualidade total, etc.) e convergência de meios. Existem tarefas de preparação/ arranque do equipamento para produção que ligam as duas áreas de produção e manutenção, uns dizem que estas tarefas pertencem à produção, outros dizem que pertencem à manutenção. É importante a existência de uma “cumplicidade” entre estas duas áreas da indústria para que uma seja o complemento da outra e que em conjunto permitam melhorar e otimizar o resultado que é produzir mais ao menor custo e no menor tempo.

3.3 Objetivos gerais da manutenção

É essencial definir o conceito de avaria que, segundo a norma EN NP 13306 de 2007, é “cessação da aptidão de um bem para cumprir a função requerida”. Para Cabral (2006), a importância de uma avaria não é tanto determinada pelas suas características próprias, mas fundamentalmente pelas suas consequências no contexto onde o equipamento ou sistema se insere na máquina da produção.

Os principais objetivos de um departamento de manutenção são:

- Inspecionar periodicamente os equipamentos, para detetar oportunamente qualquer desgaste ou falha;
- Arquivar os dados históricos para facilitar no futuro a deteção de possíveis avarias;
- Conservar todos os equipamentos e instalações evitando assim os tempos de paragem;
- Reduzir tempos de intervenção através de uma boa preparação do trabalho;
- Reduzir emergências e número de avarias;
- Aumentar o tempo de vida das máquinas;
- Monitorizar os órgãos vitais das máquinas para prever as futuras paragens das máquinas;
- Aumentar a fiabilidade das máquinas;
- Relacionar os custos da manutenção com o uso correto e eficiente do tempo, materiais, recursos humanos e serviços.

3.4 Tipos de manutenção

A manutenção segue duas estratégias, nomeadamente, a corretiva (manutenção corretiva) e a preventiva (manutenção preventiva) (figura 11). A manutenção corretiva ocorre sempre depois da avaria. A manutenção preventiva é realizada a intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento do bem.

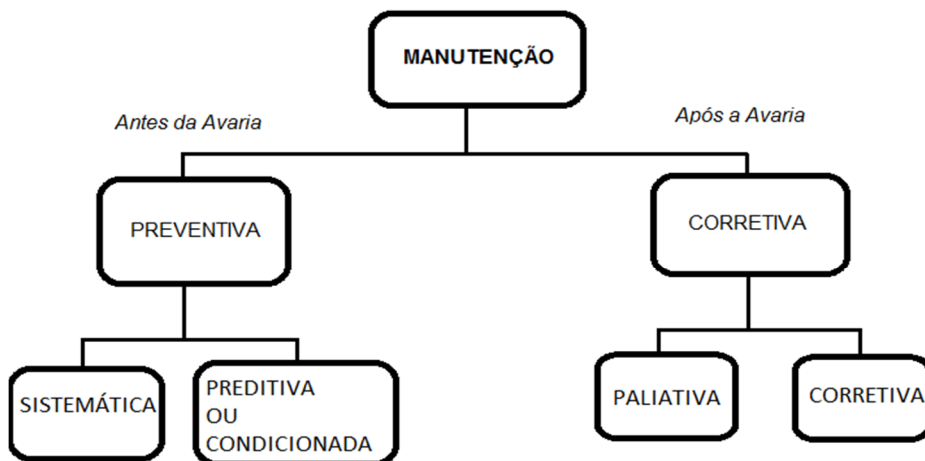


Figura 11 - Classificação dos tipos de manutenção. (NP EN 13306 de 2007)

3.4.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva ocorre sempre de forma não prevista ou planeada, gerando grandes perdas de produção e esforços da equipa de manutenção. Destacam-se os seguintes pontos negativos deste conceito: necessita de uma equipa de manutenção sobredimensionada e não tem controlo sobre a disponibilidade dos equipamentos de produção.

3.4.2 Manutenção preventiva

O objetivo da manutenção preventiva é atuar, evitando que a avaria surja. A manutenção preventiva é aplicada de acordo com uma programação pré-estabelecida, normalmente em função da estatística da vida útil média dos componentes dos equipamentos. Os principais pontos negativos desta abordagem são a substituição prematura de componentes, com alto impacto nos custos da manutenção e não leva em conta a real evolução da vida útil dos

equipamentos, e um elevado impacto na disponibilidade dos equipamentos de produção. A manutenção preventiva é, sob o ponto de vista da gestão, o objetivo da política de manutenção.

No âmbito da manutenção preventiva são considerados dois tipos básicos: a sistemática e a condicionada ou preditiva. No primeiro tipo, a manutenção é efetuada em intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número de horas de utilização sem levar em conta o estado ou condição do equipamento. Como exemplo deste tipo de manutenção, enquadram-se os veículos usados para as nossas deslocações. Segundo Cabral (2006), na manutenção preditiva, a decisão de intervenção preventiva é tomada no momento em que existe a evidência de ocorrência de uma avaria iminente ou quando há a aproximação de um patamar de degradação determinado.

3.4.2.1 Manutenção preditiva

A norma NP EN 13306 de 2007 define como manutenção preditiva “a manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem”. Portanto, a manutenção preditiva faz depender a intervenção no equipamento do conhecimento do estado de condição do mesmo, sendo necessário definir um conjunto de parâmetros significativos do seu funcionamento e proceder ao seu seguimento, correlacionando os valores com limites de degradação previamente estabelecidos. Este tipo de manutenção baseia-se em métodos de previsão que estudam o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática porque inicia-se com o acompanhamento e registo das condições dos equipamentos de forma a se poder efetuar estudos de previsão das condições de utilização e de degradação dos componentes.

Os objetivos da manutenção preditiva são os seguintes:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

Pela leitura destes objetivos, deduz-se que a manutenção preditiva tem como finalidade a redução de custos de manutenção e aumento da produtividade. Quando se pretende implementar a manutenção preditiva, as empresas têm de se apetrechar com os aparelhos adequados, capazes de registrar os parâmetros mais relevantes, nomeadamente, as vibrações das máquinas, pressão, temperatura, desempenho, aceleração, etc. Com o estudo e análise da tipologia de cada fenómeno que ocorre em determinada máquina ou equipamento, torna-se possível prevenir, com antecedência, os possíveis defeitos ou falhas.

Neste tipo de manutenção, após a análise dos fenómenos, adota-se dois procedimentos para abordar os problemas detetados: i) estabelece-se um diagnóstico, e ii) efetua-se uma análise de tendências. Após detetada a irregularidade, o responsável terá de estabelecer, um diagnóstico sobre a causa e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de ser programada a reparação. A análise da tendência da falha consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de monitorização com aparelhos apropriados para a o registo de dados que permitam analisar a necessidade de se efetuar ou não uma reparação. Geralmente, adotam-se vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Os métodos mais utilizados são:

i) Estudo das vibrações

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, produzem desgaste. O registo das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes numa máquina em trabalho. É possível detetar, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas: rolamentos deteriorados, engrenagens defeituosas, acoplamentos desalinhados, rotores desequilibrados, vínculos desajustados, eixos deformados, lubrificação deficiente, folga excessiva em buchas, faltas de rigidez, problemas aerodinâmicos, problemas hidráulicos e cavitação.

ii) Análise dos óleos

Os objetivos da utilização deste método consistem em economizar lubrificantes e consertar os defeitos. As análises ao óleo permitem determinar o momento mais adequado para ser feita a sua substituição, quer ao nível dos óleos lubrificantes, quer ao nível dos óleos hidráulicos. A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas, geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato, que ficam misturadas com os óleos. As principais propriedades dos óleos a avaliar são o índice de viscosidade, índice de acidez, índice de alcalinidade, ponto de fulgor e ponto de congelamento. Relativamente à contaminação dos óleos, interessa saber a quantidade existente de resíduos de carbono, partículas metálicas e água. Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva.

iii) Análise do estado das superfícies

Ao analisar as superfícies das peças, sujeitas ao desgaste provocado pelo atrito, é possível controlar o grau de desgaste de alguns componentes das máquinas e equipamentos. A análise superficial abrange, além do simples exame visual, com ou sem lupa, várias técnicas analíticas: endoscopia, holografia, estroboscopia, molde e impressão.

iv) Análise estrutural

É por meio da análise estrutural que se deteta, por exemplo, a existência de fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância. As técnicas utilizadas na análise estrutural são a interferometria holográfica, ultrassonografia, radiografia (raios X), gamagrafia (raios gama) e ecografia. As informações recolhidas são registadas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências adequadas. A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores:

- Número de máquinas a serem controladas;
- Número de pontos de medição estabelecidos;
- Duração da utilização da instalação;
- Caráter estratégico das máquinas instaladas;
- Meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

3.4.2.2 Vantagens Competitivas da Manutenção Preditiva

A adoção da manutenção preditiva proporciona o acompanhamento de pontos específicos, como o controle e manutenção da qualidade do produto final que é produzido naquele equipamento ou instalação, reduções significativas dos resíduos lançados no ambiente, por exemplo quando se adota micro-filtragem de óleo. Logo, a correta adoção da manutenção preditiva alinha-se com as metodologias estudadas e implementadas em manutenção e produção, onde pode-se destacar o papel da manutenção preditiva como modalidade de manutenção fundamental como diferencial de produtividade. A adoção dessa modalidade de manutenção provoca:

- Aumento de confiabilidade;
- Controle dos materiais (peças, componentes, partes, etc.);
- Aumento da vida útil de componentes, equipamentos e instalações;
- Melhoria da qualidade;
- Redução dos custos de manutenção;

- Melhoria da produtividade da empresa;
- Credibilidade do serviço oferecido;
- Motivação da equipa de manutenção;
- Melhoria da segurança de processos, equipamentos, instalações e pessoas;
- Ganhos expressivos ao meio ambiente.

Uma manutenção preditiva devidamente aplicada proporciona às empresas um ganho de competitividade como se exemplifica na figura 12.

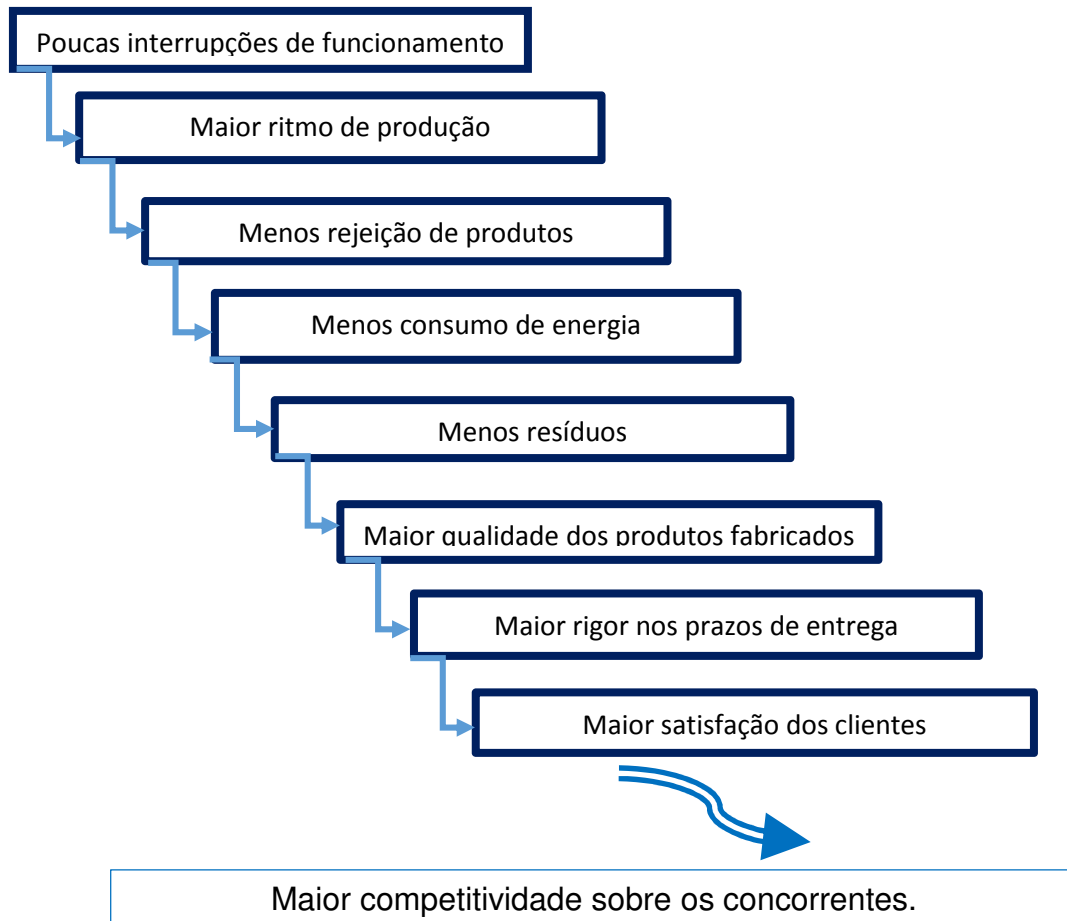


Figura 12 - Vantagens da aplicação da manutenção preditiva.

3.5 Novos modelos organizacionais da manutenção

Com o objetivo de fabricar produtos de melhor qualidade e com preço mais reduzido de forma a conseguirem vantagem competitiva face aos concorrentes, as organizações industriais procuram novos métodos e melhores processos para aumentarem a qualidade e a produtividade em simultâneo com a redução dos custos de produção. A forma mais comum que as organizações utilizam para alcançar os objetivos mencionados atrás é designada “MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL” (OU TPM). Alguns autores classificam o TPM como uma forma de pensar a manutenção que traduz um novo conceito de como manter uma instalação ou um equipamento.

A TPM é um modelo de gestão que procura a **máxima eficiência** do sistema produtivo através da eliminação de perdas e do desenvolvimento do homem e sua relação com a máquina.

A TPM surgiu no Japão, no século passado, no início da década de 70.

O TPM visa o aumento da eficiência global dos equipamentos

A eficiência Global dos Equipamentos é medida por um indicador de desempenho que mede a produtividade dos equipamentos e processos OEE

3.5.1 Objetivos do TPM

Os objetivos do TPM resumem-se nos seguintes 5 pontos:

- Zero defeitos
- Zero acidentes
- Zero quebras/falhas
- Inexistência de Retrabalho ou ajustes
- Ambiente de trabalho com segurança e conforto

O objetivo global da TPM é a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.)

e em termos humanos (aumento das aptidões pessoais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes). A meta ser alcançada é o rendimento operacional global.

3.5.2 As regras básicas do TPM

- 1- Todos os trabalhos devem ser detalhados de forma a não deixar qualquer dúvida em termos de conteúdo, sequência, tempo e resultado esperado.
- 2- Todas as interfaces cliente-fornecedor devem ser diretas e simplificadas de maneira que a resposta seja “sim ou não” a não deixar margem a dupla interpretação.
- 3- Todos os fluxos de produção devem ser simples e diretos.
- 4- Todas as melhorias devem ser feitas de acordo com o método científico, sob a orientação e no nível hierárquico mais baixo possível dentro da organização.

3.5.3 Os pilares do TPM

O desenvolvimento da filosofia TPM é suportado por atividades que podem ser representadas pelos seguintes 8 pilares de sustentação:

- Formação e treino.
- Manutenção autônoma.
- Manutenção planejada.
- Melhorias especiais.
- Segurança higiene e meio ambiente.
- Manutenção da qualidade.
- Meio ambiente.
- Gestão administrativa.

Concluindo pode-se afirmar que o TPM começa no chão da fábrica enaltece o trabalhador, implementa-se pelas atividades subsequentes de pequenos grupos de trabalho com uma capacidade extraordinária e consistente de produção e propaga-se pelo exemplo.

Com a implementação de uma filosofia TPM bem-sucedido os resultados podem traduzir-se num aumento de produtividade, numa redução de falhas imprevistas, na diminuição dos custos de produção, na diminuição dos produtos em stock, na eliminação das paragens por acidente e na redução drástica da poluição.

O TPM visa o aumentar a eficiência global dos equipamentos

A eficiência Global dos Equipamentos é medida por um indicador de desempenho que mede a produtividade dos equipamentos e processos

OEE – EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO *(OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY)*

A produtividade de um equipamento depende

- Tempo de operação efetiva.
- Utilização da sua capacidade máxima.
- Qualidade da produção.

O OEE é calculado pela seguinte expressão:

OEE (%) = DISPONIBILIDADE × DESEMPENHO × QUALIDADE

- **DISPONIBILIDADE (%)**
- **DESEMPENHO (%)**
- **QUALIDADE (%)**

Na figura 13 demonstra-se quais os parâmetros que influenciam a Eficiência Global do Equipamento. Compreendemos facilmente pela visualização da figura que a aplicação da metodologia TPM contribui para a melhoria significativa da eficiência global das organizações, isto é, melhoria do OEE.

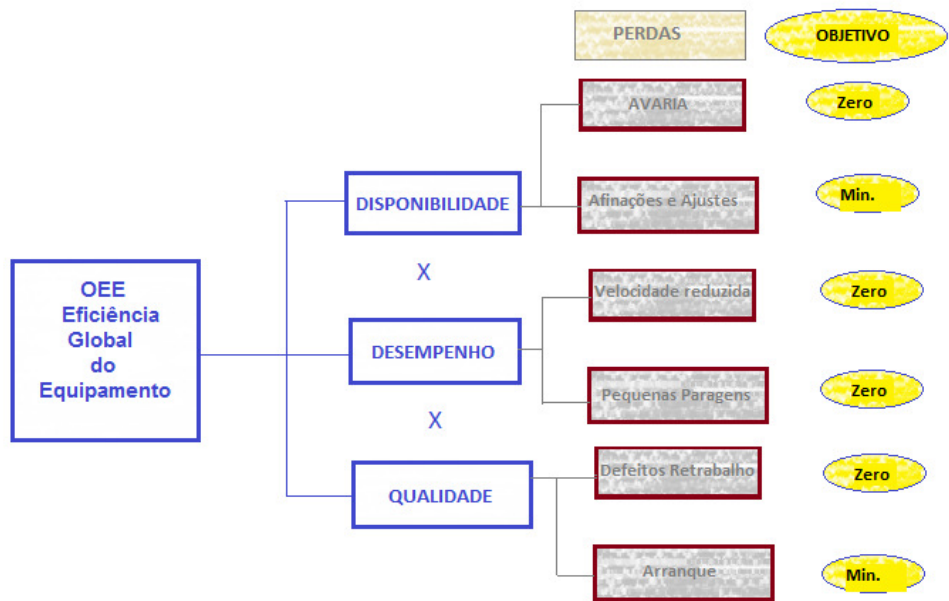


Figura 13 - Parâmetros que influenciam OEE (SOBRAL JOSÉ ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Secção de Engenharia Industrial e Manutenção).

4 Caracterização do problema

O sector da manutenção é avaliado pela relação entre o número de horas que uma máquina está avariada a dividir pelo número de horas possíveis de trabalho. A tabela 2 apresenta os indicadores atuais nos sectores da trefilagem e do cableamento. Na trefilagem verifica-se uma diminuição das avarias (em número e em horas); este valor é impulsionado pelo melhor desempenho das trefiladoras unifilares. Este indicador alerta ainda para a necessidade de aumentar os indicadores das trefiladoras multifilares. Por sua vez, os dados de avaliação relativos ao setor do cableamento não mostram nenhuma melhoria mantendo-se estabilizados em 6,2% durante o período de 2014-2015. Este resultado justifica-se pela introdução de mais duas cableadoras que aumentam a possibilidade da quantidade de avarias.

Tabela 2 – Dados de avaliação da atuação da manutenção na resolução de avarias

	Janeiro-dezembro 2014				Janeiro-junho 2015			
	Horas trabalho	Horas Avaria	Nº de avarias	%	Horas trabalho	Horas Avaria	Nº de avarias	%
Trefilagem unifilar	12423	1244	266	10.0%	5501	268	71	4.9%
Trefilagem multifilar	44359	2747	619	6.2%	17416	1084	257	6.2%
Cableamento	130695	8136	1057	6.2%	70401	4380	560	6.2%

4 1. Avaliação

Neste subponto é analisado o estado da manutenção da unidade do Grupo Cabelte S.A. situada em Ribeirão, Vila Nova de Famalicão. Esta unidade é constituída por 3 unidades de fabrico, Unidade de Produção (UPR) -cobre, UPR-fundição e UPR-Alumínio.

O departamento de manutenção apoia as três unidades de produção 24 horas do dia recorrendo a 3 turnos de 8 horas, compostos por 3 elementos cada;

durante o fim-de-semana existem 2 turnos de 12 horas formados por uma pessoa em cada um. O tipo de manutenção aplicado na unidade de Ribeirão (UPR cobre, UPR Alumínio e UPR fundição) é a manutenção após avaria nas suas duas vertentes, paliativa e corretiva. A avaria acontece e executa-se a reparação para colocar o equipamento a funcionar novamente. Na globalidade, o parque de máquinas existente no polo de ribeirão apresenta uma idade média avançada e o grau de deterioração é bastante grande. Existe como apoio um armazém de peças de reserva (APR) com 1 funcionário; que apoia a gestão das ferramentas de produção e apoia o grupo da manutenção. Um armazém de peças de reserva bem dimensionado, com um nível de stock apropriado, em particular com as peças suplentes mais críticas, isto é, peças cujo tempo de entrega seja de vários dias, é crucial para um bom desempenho da manutenção. Um dos problemas encontrados foi o armazém não estar devidamente organizado como se pode verificar na figura 14 e não ter um stock apropriado. Para além disso, o APR envolve muitas tarefas de secretariado que consomem muito tempo, o que dificulta apenas com 1 funcionário, efetuar um trabalho de gestão de stocks adequado a uma resposta rápida e eficaz da manutenção.



Figura 14 – Armazém antes da intervenção.

A unidade de fundição sendo o produtor de matéria-prima para as unidades de alumínio e de Pamplona tem em funcionamento dois equipamentos críticos que consomem recursos, e tem custos de reparação elevados para além de

provocarem a interrupção da produção durante várias horas. Os equipamentos críticos desta unidade são o monta-cargas e os queimadores dos fornos de espera.

A máquina de elevação de carga tem uma construção que não cumpre as diretiva máquina nem os requisitos europeus de construção. Este equipamento é constituído por duas correntes acionadas por um moto-reductor. As avarias que ocorrem neste equipamento são provocadas pelas correntes que transmitem movimento ao balde de carga que partem, e o balde de carga cai.

Em relação aos queimadores, apresentados na figura 15 o sistema de mistura do ar gás é feito manualmente estando frequentemente desregulado o que não permite ter uma chama adequada. Este equipamento avaria com frequência, e tal como o anterior, consome várias horas de trabalho até se conseguir regular a chama. Sendo estes dois equipamentos fundamentais à produção de fio de alumínio, a manutenção aloca prioritariamente recursos para a resolução destas avarias deixando, por vezes, as outras áreas desfalcadas ou mesmo sem apoio.



Figura 15 - Queimadores dos fornos da unidade de fundição.

Relativamente às máquinas trefiladoras multifilar, estas, na sua maioria, operam a uma velocidade máxima inferior aos 20 m/s e, por vezes, sofrem várias paragens que levam mais do que um turno a corrigir. Nesses casos, a produção vê os seus objetivos muito afetados, e, obviamente, o indicador % de horas em

avaria sobe o que se reflete negativamente na avaliação do sector da manutenção.

Além dos equipamentos mencionados anteriormente, a trefiladora unifilar apresentada na figura 16, também tem sofrido avarias graves, em particular na caixa de engrenagens. Nesta figura verifica-se uma avaria por falha no sistema de lubrificação, que provocou danos no rolamento, no veio e partiu os dentes em várias rodas dentadas. Esta avaria imobilizou a máquina aproximadamente 960 horas. A reparação consistiu na desmontagem integral da máquina no fabrico de alguns veios e de várias rodas dentadas novas. Nesta reparação substituiu-se todos os rolamentos e vedantes e reparou-se os respetivos motores elétricos.



Figura 16 - Avaria na caixa de engrenagens de uma trefiladora unifilar.

Avaria num redutor de acionamento principal de uma máquina apresentada na figura 17, sofreu uma avaria grave, em particular nas rodas dentadas e veios. Nesta figura verifica-se uma avaria por falha num rolamento, está avaria ocorreu

por excesso de horas de trabalho dos rolamentos. A falha neste rolamento provocou a gripagem dos veios intermédios e o partir das rodas dentadas interiores do redutor planetário que por sua vez partiram os dentes da cremalheira exterior. Esta avaria imobilizou a máquina aproximadamente 500 horas. A reparação consistiu na desmontagem do redutor e no fabrico de novos veios e de várias rodas dentadas. Nesta reparação substitui-se todos os rolamentos e vedantes.



Figura 17 - Avaria num redutor FLENDER.

Pontos críticos a rever:

- Elevador de carga de alimentação do forno de fusão;
- Queimadores dos fornos de espera;
- Armazém de peças de reserva;
- Análise dos sistemas de lubrificação das máquinas (troca de óleos);
- Análise das horas de trabalho dos órgãos críticos (exemplo rolamentos).

5. Projetos executados

O departamento de manutenção além de ter a missão de reparar as avarias dos equipamentos para a produção o mais rapidamente possível dedica-se, em simultâneo, à atualização das máquinas (principalmente das mais antigas) e à implementação de novas máquinas, têm também sob a sua responsabilidade o estado de conservação dos meios de movimentação (empilhadores) e a conservação das instalações.

5.1 Projeto 1 - Otimização do armazém de peças de reserva

Os trabalhos de otimização da área da manutenção iniciaram-se com uma reorganização do armazém de peças de reserva que está a ser efetuada em 4 etapas, nomeadamente, procura de novos fornecedores, arrumação e aplicação de novas estantes, loteamento e organização do sistema informático (existe um armazém no sistema para cada unidade de produção), e inventário na figura 18 tenta-se demonstrar uma das alterações executadas no APR. Após o término destas 4 fases, irá ser aplicada uma gestão de stocks de reposição de revisão periódica.



Figura 18 – Reorganização do armazém de peças de reserva.

Os resultados que se esperam obter com esta remodelação do APR são:

- Melhorar a qualidade das peças em stock (em relação a sua classificação que depende do grau de criticidade)

Grau de criticidade classificação que depende da imobilização da máquina e do tempo de entrega.

- Diminuir o valor do stock em cerca de 20 a 25 %.
- Responder às solicitações em menor tempo.
- Obter um nível de serviço acima de 95%.
- Negociar com fornecedores stocks à consignação.
- A nível informático concentrar todas as peças num só armazém.

5.2 Projeto 2 - Instalação de novo elevador de carga no UPR fundição

Na unidade de fundição, as condições operacionais da produção foram melhoradas com a aplicação de um novo equipamento de elevação de carga para alimentar o forno (Figura 19). Este é movido por cilindros hidráulicos e cumpre as normas de segurança exigidas ao contrário do anterior.



Figura 19 - Novo elevador de carga implementado na unidade de fundição.

Este projeto teve um investimento de, aproximadamente, 30 mil euros e espera-se retorno em menos de um ano

Objetivos do projeto.

- Aumento da capacidade de produção em cerca de 20 a 30 %.
- Diminuição do número de avarias e, conseqüentemente, do número de horas em avaria.

- Diminuição dos custos de manutenção em cerca de 90%.

5.3 Projeto 3 - Instalação de novos queimadores nos fornos de espera na UPR fundição

Na unidade de fundição, as condições de produção foram melhoradas com a aplicação de novos queimadores - Eclipse - nos dois fornos de estágio de fundição (Figura 20). Os novos equipamentos possuem controlo e regulação automatizada gerida por uma central independente para cada um.



Figura 20 - Novos queimadores montados na unidade de fundição.

Este projeto teve um investimento de aproximadamente 45 mil euros e espera-se retorno em menos de um ano

Objetivos do projeto.

- Aumento da capacidade de produção em cerca de 20 a 30 %.
- Diminuição do nº de avarias e conseqüentemente do nº de horas em avaria aproximadamente 90%.
- Diminuição dos custos de manutenção em cerca de 70%.

5.4 Projeto 4- Instalação de sistema de aspiração na UPR fundição

Na unidade de fundição, as condições de higiene e segurança no trabalho foram significativamente otimizadas com a aplicação de um novo sistema de aspiração

de fumos nas hotes dos fornos de espera (Figura 21) bem como com a aplicação de uma nova chaminé no forno de fusão. O sistema de aspiração instalado nos fornos de estágio consiste na aplicação de uma chaminé ligada em V invertido às respetivas hotes, com um ponto de ventilação forçada para melhorar a sucção.



Figura 21 - Chaminés com extração forçada das hotes dos fornos de espera.

Este projeto teve um investimento de aproximadamente 20 mil euros

Objetivos do projeto.

- Melhorar o ambiente de trabalho através da melhor aspiração dos fumos.

5.5 Projeto 5 – Reversão de uma trefiladora multifilar

Como caso prático apresenta-se uma das trefiladoras multifilar, cujo acionamento era feito por motores de corrente contínua. Este tipo de motores exige uma manutenção mais dispendiosa e têm, regra geral, um maior consumo de energia. Este equipamento apresentava um elevado ruído indicando sinais evidentes de desgaste nos vários veios (figura 21) e o óleo apresentava-se envelhecido e contaminado.

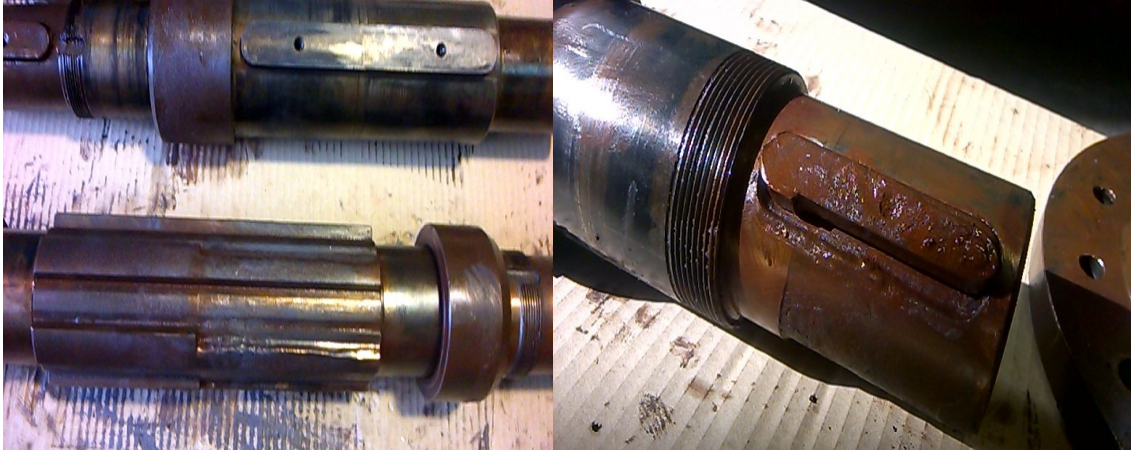


Figura 22- Veios da trefiladora Multifilar apresentando alto desgaste.

Foi efetuada uma revisão geral à máquina, que consistiu na desmontagem integral da máquina; o sistema de veios, carretos, rolamentos e vedantes foram substituídos. Os motores de corrente contínua foram trocados por motores de corrente alternada, tendo também sido substituídos os respectivos quadros elétricos. Como a máquina apresentava também várias fugas, quer de óleo lubrificante quer de óleo de emulsão, aplicou-se uma tubagem de maior diâmetro e com maior inclinação para facilitar o escoamento da emulsão de trefilagem (Mistura de óleo e água para lubrificar o fio durante o processo de trefilagem). Com a reformulação desta máquina (figura 23), pretendeu-se reduzir o número de horas dos equipamentos parados e ainda aumentar a velocidade de operação, ou seja aumentar a capacidade produtiva em cerca de 60%.

A substituição dos motores de corrente contínua para motores de corrente alternada proporciona as seguintes vantagens: i) diminuição do consumo de energia; ii) Redução dos custos de manutenção (Os motores de corrente contínua tem um custo de manutenção muito alto, porque os seus contatos são feitos através de escovas, o que obriga a uma manutenção periódica para a troca das mesmas); iii) a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada.



Figura 23 - Remodelação de uma trefiladora multifilar

Este projeto teve um investimento de aproximadamente 80 mil euros e espera-se retorno em menos de um ano

Objetivos do projeto.

- Aumento da capacidade de produção em cerca de 30 a 40 %.
- Diminuição do nº de avarias e conseqüentemente do nº de horas em avaria aproximadamente.
- Diminuição dos custos de manutenção em cerca de 35%.
- Diminuição do consumo de energia.

5.6 Projeto 6 – Alteração do enrolador de fio máquina

Na unidade de fundição, estuda-se/projeta-se a alteração nos enroladores de fio máquina (Figura 24),



Figura 24 – Enrolador de fio máquina.

Este novo equipamento deve iniciar o funcionamento muito em breve. Com a introdução deste novo equipamento, pretende-se aumentar a velocidade de enrolamento, o que implica aumentar a capacidade produtiva e melhorar o alinhamento das espiras dos respetivos rolos.

5.7 Projeto 7 – Aplicação de um carro carregador a uma cableadora planetária.

Para a UPR alumínio projetamos um carro para automatizar a carga/descarga dos corpos de uma das cableadoras planetárias. Este novo equipamento encontra-se em construção e deve entrar em funcionamento brevemente.

Pretendemos com a introdução deste equipamento diminuir o tempo de carga e descarga em aproximadamente 50% das cerca de 2 horas que são necessárias atualmente.

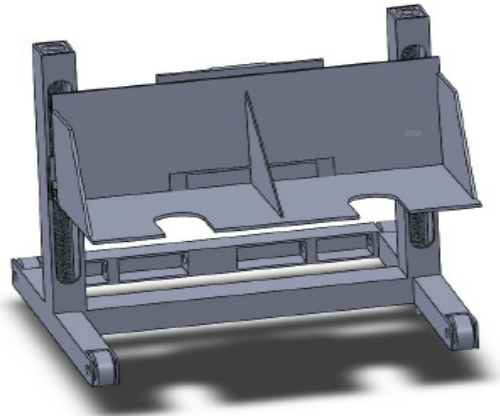


Figura 25 – Projeto de carro para carga e descarga de uma cableadora.

Propostas para trabalho futuro

O decréscimo do índice semanal de horas de equipamentos em avaria tem vindo a diminuir (tabela 2), no entanto, a uma velocidade inferior à pretendida. A introdução de novas máquinas e a reformulação de outras tem consumido recursos humanos, o que tem condicionado a capacidade de resposta da equipa de manutenção. Pretende-se evoluir para uma manutenção preditiva - baseada no conhecimento da condição das máquinas - planeando a aplicação de algumas das técnicas mais usadas, em particular, a medição de vibrações, termografia e a análise aos óleos (de lubrificação).

Com a análise ao estado dos óleos, é possível monitorizar o estado em que a máquina se encontra, isto é, detetar atempadamente a avaria, assim como o estado químico em que o óleo se encontra (contaminação e número de partículas existentes), otimizando a sua durabilidade entre as respetivas trocas. Esta monitorização será feita regularmente após 1500 horas de trabalho recorrendo a serviços especializados da área da Ciência e tecnologia do atrito, lubrificação e desgaste.

Com este tipo de análises é possível caracterizar:

- O desgaste da máquina;
- O tipo de desgaste;
- O(s) componente(s) mais afetado(s).
- A condição/contaminação do lubrificante.

Pretende-se com a aplicação desta metodologia evitar as manutenções não planeadas, e conseqüentes perdas de produção inerentes à paragem dos equipamentos, o que diretamente implica a diminuição de custos e o aumento do rendimento da produção.

Outra metodologia que está a ser implementada corresponde à caracterização do histórico da durabilidade dos componentes principais de cada equipamento. Analisar o ciclo de vida de alguns componentes, em diferentes condições de trabalho, é crucial para minimizar as probabilidades de avaria nos equipamentos mais críticos. Este tipo de trabalho é uma tarefa da manutenção preditiva, pois a leitura de vibrações e a análise termográfica a uma chumaceira ou alojamento de rolamentos só transmite uma alteração quando já existe dano. Assim, a aplicação destas metodologias complementares permite traçar a tendência do estado dos componentes que podem causar avarias críticas nas máquinas. Na tabela 3, e a título exemplificativo, apresentam-se uma série de recomendações da durabilidade para rolamentos de esferas e rolamentos de rolos. Esta tabela será apenas usada como referência pois a durabilidade de um rolamento em funcionamento depende do tipo de aplicação e das várias possibilidades de montagem. Como primeira abordagem, vão ser aplicados tempos de 4000 a 20000 horas.

Tabela 3 – Recomendação da duração de número de horas em condições de trabalho.

Aplicação em	Duração de vida (hora)	
	Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos
	gama	gama
Laminadores	500-14000	500-20000
Redutores de laminação	14000-32000	20000-50000
Caminhos de rolos acionados	7800-21000	10000-35000
Máquinas de fundição centrifuga	21000-46000	35000-75000
Redutores universais	4000-14000	5000-20000
Moto redutores	4000-14000	5000-20000
Grandes redutores estacionários	14000-46000	20000-75000

Bibliografia

AFNOR FDX 60-000:2002 – Maintenance Industrielle - Fonction Maintenance.

ÁVILA, PAULO; CAVACO, ISMAEL (2008): *Planeamento, Programação e Controlo da Produção com MRP: Capítulo II*.

ÁVILA, PAULO; CAVACO, ISMAEL (2008): *A Gestão da Produção em Ambiente Just-in-Time*.

Cabral José Paulo Saraiva, (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lidel - Edições Técnicas, Lda, Lisboa.

Ferreira, Luís Andrade -*Uma Introdução à Manutenção*, Publindústria, Edições Técnicas.

Moubray John (1998) *Reliability-Centred Maintenance*, ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY.

NP EN 13306:2007 – Terminologia da Manutenção.

NP EN 13269:2007 – Manutenção - Instruções para a Preparação de Contratos de Manutenção.

NP EN 13460:2009 - Manutenção – Documentação para a Manutenção.

NP EN 15341:2009 – Manutenção - Indicadores de Desempenho (KPI).

Silva, A. Lopes, (2007), *Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva*.

Silveira, Cristiano Bertulucci, (2014), <https://qualidadeonline.wordpress.com/2014/08/31/a-confiabilidade-e-a-manutencao-dos-ativos-industriais/>; acesso 7/06/2015.

SOBRAL JOSÉ (2011), *ISEL – MANUTENÇÃO E GESTÃO LEAN*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Secção de Engenharia Industrial e Manutenção.

<https://qualidadeonline.wordpress.com/2010/03/08/manutencao-preditiva-acompanhando-as-condicoes-dos-equipamentos/> acesso 7/06/2015.